Avanços em Saneamento e Recursos Hídricos

Andrea Sartori Jabur
Simone de Lima Bazana
(Organizadoras)

Bookerfield

Avanços em Saneamento e Recursos Hídricos

Andrea Sartori Jabur
Simone de Lima Bazana
(Organizadoras)

Bookerfield

Editora Chefe
Marcia A. A. Marques
Coordenadora Editorial
Isabela Arantes Ferreira
Bibliotecária
Cibele Maria Dias
Diagramação
Marcos Antonio Ribeiro Pereira
Capa
Bookerfield
Capista
Matheus do P. Lacerra
Revisão
O autor

O conteúdo deste livro está licenciado sob uma licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).



2021 by Bookerfield Editora
Copyright © Bookerfield Editora
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Bookerfield Editora
Os autores cedem à Bookerfield Editora os direitos para esta edição

Esta obra é de natureza digital (e-book). Versões impressas são permitidas, não tendo a Bookerfield Editora qualquer responsabilidade pela confecção e distribuição de exemplares físicos deste conteúdo.

Todos os manuscritos da obra passaram por rigorosa avaliação cega pelos pares, baseadas em critérios científicos e imparciais, recebendo a aprovação após atender os critérios técnicos estabelecidos pelo Conselho Editorial.

Todo o conteúdo do livro e de artigos individuais é de responsabilidade exclusiva de seus respectivos autores, não sendo a Bookerfield Editora responsável por quaisquer eventuais irregularidades.

Situações como plágio, má conduta ética/científica ou dados e resultados fraudulentos são de responsabilidade do autor, comprometendo-se a Bookerfield Editora em investigá-las rigorosamente e tomar as ações cabíveis.

O download, compartilhamento e referenciação da obra são permitidos mediante atribuição de crédito aos autores e à Editora. A comercialização desta obra é expressamente proibida.

CONSELHO EDITORIAL

Adailton Pereira de Melo
Afrânio Silva Madeiro
Alberto Carlos de Souza
Aline De Souza Lima Barbaroto
Alirya Magda Santos do Vale Gomes
Ana Luiza Trovo Marques de Souza
Andrea Borges Gaia
Andrea Sartori Jabur
Andréia Monique Lermen
Breno Henrique Ferreira Cypriano
Bruno Cezar Silva
Camila de Vasconcelos Tabares
Camila Gemin R. Locatelli
Camila Nathalia Padula de Godoy
Cláudia Hitomi Watanabe Rezende
Dalvani Fernandes
Daniela Kunkel
Dayane Cristina Guarnieri
Edfram Rodrigues Pereira
Elaine Patricia Arantes
Elisângela Rodrigues Carrijo
Elson Barbosa da Silva Junior
Érika Alves Tavares Marques
Evandro Preuss
Fabio José Antonio da Silva
Fabíola Aliaga de Lima
Fernanda Imada de Lima
Fernando Cesar Mendes Barbosa
Fernando Oliveira de Andrade
Greicielle Pereira Arruda
Guilherme Camara Meireles
Guilherme Emanuel de Queiros Souza
Heiriane Martins Sousa
Hermam Vargas Silva
Horácio Monteschio
Isabel das Merces Costa
Isidro Ihadua
Israel Henrique Ribeiro Rios
Ivonete Alves Sampaio
Jaime Andres Castaneda Barbosa
João César Abreu de Oliveira Filho
Joelma Leão Buchir
José Aderval Aragão
José Edson Barros Correia
José Robertto Zaffalon Júnior
Juliane Campos Inácio
Jussara Gonçalves Fonseca
Kilvia Paula Soares Macedo
Luciane Cristina Arantes Arantes
Luiz Eduardo da Silva Gomes
Marcelo de Oliveira Pinto
Marcelo Henrique da Silva
Márcia Donizete Leite-Oliveira
Marco Aurelio de Jesus Mendes
Marcos Pereira dos Santos
Marcus Vinicius Zamorim da Costa
Marden Manuel Rodrigues Marques
Miguel Rodrigues Netto
Monyck Jeane dos Santos Lopes
Morgana do Nascimento Xavier
Nara Michelle Moura Soares
Nathália Sayuri Yamamoto
Oscar Yecid Bello Bello
Patricia Köster e Silva
Rafael Gonçalves Mafra
Rafael Mesquita Stoque
Rebecca Bianca de Melo Magalhães
Renato Luís Veiga Oliveira Júnior
Renato Obikawa Kyosen
Rodolfo Lucas Bortoluzzi
Silvio Santiago-Vieira
Solange Kileber
Suzana Silva Lira
Taíza Fernanda Ramalhais
Thiago Averaldo Bimestre
Thiago Luciano Rodrigues da Silva
Vagner Marques de Moura
Valdecir Alves dos Santos Júnior
Vanessa Paiva Costa Vale
Vânia Maria Carvalho de Sousa
Veronica Gabriela Ribeiro da Silva
Vinícius Dantas Silveira
Vivian Victoria Vivanco Valenzuela

Avanços em Saneamento e Recursos Hídricos

Editora Chefe	Marcia A. A. Marques
Coordenadora Editorial	Isabela Arantes Ferreira
Bibliotecária	Cibele Maria Dias
Diagramação	Marcos Antonio Ribeiro Pereira
Revisão	Os autores
Organizadoras	Andrea Sartori Jabur
	Simone de Lima Bazana

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Avanços em saneamento e recursos hídricos [livro eletrônico] / [organização Andrea Sartori Jabur, Simone de Lima Bazana ; coordenação Isabela Arantes Ferreira]. -- São Paulo : Bookerfield, 2021.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-89929-07-9

1. Água - Qualidade 2. Água - Tratamento 3. Hidrografia - Brasil 4. Recursos hídricos - Brasil 5. Recursos hídricos - Conservação 6. Recursos hídricos - Planejamento 7. Saneamento I. Jabur, Andrea Sartori. II. Bazana, Simone de Lima. III. Ferreira, Isabela Arantes.

21-68785 CDD-333.910981

Índices para catálogo sistemático:

1. Brasil : Recursos hídricos : Gestão 333.910981

Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427

DOI 10.53268/BKF21060700

Bookerfield Editora
São Paulo – Brasil
Telefone: +55 (11) 99841-4444
www.bookerfield.com
contato@bookerfield.com



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores da presente obra declaram não haver qualquer interesse comercial ou irregularidade que comprometa a integridade dos artigos científicos nesta obra publicados; declaram que participaram da elaboração, revisão e/ou organização de seus respectivos artigos, os quais atestam estar completamente livres de dados e resultados fraudulentos, bem como de plágio acadêmico; declaram que a publicação de seu artigo científico nesta obra não fere qualquer outro contrato por eles firmado; declaram ter atendido às exigências de outras partes, como instituições financiadoras, para a publicação nesta obra.

Bookerfield

APRESENTAÇÃO

Avanços em Saneamento e Recursos Hídricos

Os avanços em Saneamento e Recursos Hídricos são fundamentais no desenvolvimento de sociedades, na saúde e qualidade de vida da população, na gestão adequada de recursos naturais e, também, no estudo e manutenção da qualidade ambiental de áreas atingidas por processos antrópicos.

De caráter multidisciplinar, o livro “Avanços em Saneamento e Recursos Hídricos" permitiu a junção de estudos científicos aprofundados e inovadores de diferentes áreas do conhecimento, pertinentes ao tema central do livro, desenvolvidos e aplicados em diversas áreas do Brasil.

Este livro é constituído por quatro grandes temas, que compreendem treze capítulos. O primeiro tema, Qualidade e Tratamento da Água, inclui cinco capítulos, intitulados: “Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea da região de Feira de Santana e municípios limítrofes”; “Estudo preliminar do uso da casca de tamarindo como coagulante”; “Monitoramento e avaliação do Plano Municipal de Saneamento Básico de Vitória com ênfase nos seus programas de abastecimento de água tratada e esgotamento sanitário: proposição de indicadores e métricas”; “Uso de carvão ativado vegetal para remoção de zinco de água para consumo humano” e “Uso de Cyanobacteria como bioindicadoras da qualidade da água para abastecimento público no Eixo Lesta do Projeto de Integração do Rio São Francisco”.

O segundo tema, Tratamento de efluentes, é composto por dois capítulos, intitulados: “Avaliação do potencial de reuso na agricultura do permeado produzido em um biorreator a membrana aplicado ao tratamento de efluentes sanitários” e “Utilização de fungos no tratamento de efluentes têxteis: uma revisão narrativa”.

A terceira temática se trata dos Resíduos Sólidos, sendo composta por cinco capítulos: “Análise temporal do impacto ambiental da construção do aterro sanitário de Marituba-PA”; “Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados em restaurantes no município de Umuarama-PR”; “Gestão de resíduos sólidos em município de pequeno porte: diagnóstico da situação atual e proposta de melhorias”; “O papel da educação ambiental na gestão dos resíduos sólidos urbanos” e “Resíduos sólidos urbanos em Machadinho d’Oeste-RO: proposta de gestão ambiental”.

O quarto e último tema diz respeito aos Recursos Hídricos, composto pelo capítulo “Avaliação da Participação Social em Programas e Projetos de Educação Ambiental para Gestão Integrada de Recursos Hídricos”.

Esperamos que a publicação desta obra contribua para a divulgação destes estudos na comunidade científica, incentivando pesquisadores a buscarem inovações e aplicações para a melhoria da gestão e da qualidade de nosso saneamento e recursos hídricos, garantindo a qualidade e o acesso a recursos essenciais para o desenvolvimento humano. Boa leitura!

Andrea Sartori Jabur
Simone de Lima Bazana

SUMÁRIO

SEÇÃO 1
QUALIDADE E TRATAMENTO DA ÁGUA

CAPÍTULO 1 ..... **12**
AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA REGIÃO DE FEIRA DE SANTANA E MUNICÍPIOS LIMÍTROFES
Israel Henrique Ribeiro Rios
Alexsandro Fiscina de Santana
DOI 10.53268/BKF21060701

CAPÍTULO 2 ..... **27**
ESTUDO PRELIMINAR DO USO DA CASCA DE TAMARINDO COMO COAGULANTE NO TRATAMENTO DA ÁGUA
Victória de Souza Alizon
Andrea Sartori Jabur
Maraísa Lopes de Menezes
DOI 10.53268/BKF21060702

CAPÍTULO 3 ..... **38**
MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DO PMSB DE VITÓRIA COM ÊNFASE NOS SEUS PROGRAMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO: PROPOSIÇÃO DE INDICADORES E MÉTRICAS
Cecília Montibeller Oliveira
Celso Romanel
Ernani de Souza Costa
DOI 10.53268/BKF21060703

CAPÍTULO 4 ..... **60**
USO DE CARVÃO ATIVADO VEGETAL PARA REMOÇÃO DE ZINCO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO
Simone de Lima Bazana
Flavia Sayuri Arakawa
Raquel Gutierres Gomes
Rosângela Bergamasco
DOI 10.53268/BKF21060704

CAPÍTULO 5 ..... **66**
USO DE CYANOBACTERIA NO EIXO LESTE DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COMO BIOINDICADORA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO
Ariane Silva Cardoso
Érika Alves Tavares Marques
Cláudia Ricardo de Oliveira
Maria do Carmo Sobral
Maristela Casé Costa Cunha
DOI 10.53268/BKF21060705

SEÇÃO 2
TRATAMENTO DE EFLUENTES

CAPÍTULO 6 ..... **78**
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO NA AGRICULTURA DO PERMEADO PRODUZIDO EM UM BIORREATOR A MEMBRANA APLICADO AO TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS
Rafael Santos da Gama
Yara Campos Miranda
Flávio Rubens Lapolli
André Aguiar Battistelli
DOI 10.53268/BKF21060706

CAPÍTULO 7 93
UTILIZAÇÃO DE FUNGOS O TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS: UMA REVISÃO NARRATIVA
Amanda Tayara Ribeiro da Silva
Patrícia Almeida Sacramento
André Aguiar Battistelli
DOI 10.53268/BKF21060707

SEÇÃO 3
RESÍDUOS SÓLIDOS

CAPÍTULO 8 109
ANÁLISE TEMPORAL DO IMPACTO AMBIENTAL DA CONSTRUÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE MARITUBA-PA
Marcus Vinicius Zamorim da Costa
Alexandre Santos Fernandes Filho
Amanda Pamplona Leal Barros
Matheus do Rosário Marques Craveiro
Patrick Rafael Silva Corrêa
Rayssa Soares da Silva
Salomão Silva da Cruz
Samuel Salin Gonçalves de Souza
DOI 10.53268/BKF21060708

CAPÍTULO 9 120
DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM RESTAURANTES NO MUNICÍPIO DE UMUARAMA – PARANÁ
Renata Tiemi Narimatsu
Patricia Almeida Sacramento
DOI 10.53268/BKF21060709

CAPÍTULO 10 135
GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL E PROPOSTA DE MELHORIAS
Guilherme Emanuel de Queiros Souza
Carole Silveira
DOI 10.53268/BKF21060710

CAPÍTULO 11 149
O PAPEL DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
Leticia Framesche
Juliana Biluca
Leilane Talita Fatoreto Schwind
DOI 10.53268/BKF21060711

CAPÍTULO 12 165
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MACHADINHO D'OESTE-RO: PROPOSTA DE GESTÃO AMBIENTAL
Nathalia Gallizzi Miguel
Rodrigo Camilo
Yara Campos Miranda
DOI 10.53268/BKF21060712

SEÇÃO 4
RECURSOS HÍDRICOS

CAPÍTULO 13 181
AVALIAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO SOCIAL EM AÇÕES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS
Alessandra Chacon-Pereira
Elza Neffa
Luciene Pimentel da Silva
DOI 10.53268/BKF21060713

SEÇÃO 1

QUALIDADE E TRATAMENTO DA ÁGUA

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA REGIÃO DE FEIRA DE SANTANA E MUNICÍPIOS LIMÍTROFES

Israel Henrique Ribeiro Rios
http://lattes.cnpq.br/0617853690904233
UFBA, Salvador, Bahia

Alexsandro Fiscina de Santana
http://lattes.cnpq.br/3848961443981086
UFBA, Salvador, Bahia

RESUMO – A avaliação da qualidade das águas subterrâneas é uma das importantes etapas que subsidia o enquadramento dos corpos d'água e auxilia no processo de gestão dos recursos hídricos. Analisar as condições de qualidade das águas é um procedimento importante para o efetivo gerenciamento das bacias hidrográficas, na medida em que mostra a situação atual para nortear metas e ações para alcançar uma situação almejada. Essa análise se dá através de parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade. Alguns dos parâmetros mais importantes no âmbito de águas subterrâneas são cloreto, dureza, ferro, fluoreto, nitrato e sólidos dissolvidos totais. Este trabalho visa observar a qualidade da água dos aquíferos da região de Feira de Santana e municípios limítrofes no período de 2008 a 2018, através destes parâmetros citados acima. Para obtenção dos dados foi utilizada a plataforma SIAGAS -- Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do país. Foi observada uma porcentagem alta de pontos acima do limite da Portaria para os parâmetros dureza, cloreto e sólidos dissolvidos totais.

PALAVRAS-CHAVE: IQNAS; SIAGAS; qualidade de águas subterrâneas.

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas correspondem à parcela das águas que ficam armazenadas sob o solo, sendo recarregadas pela água das chuvas. Elas são menos vulneráveis à poluição se comparadas às águas superficiais, pois o solo funciona como um filtro limpando parte das impurezas. Ainda assim, a poluição dos mananciais subterrâneos ocorre, de forma mais lenta, principalmente devido a despejos de esgoto, chorume gerado pelas acumulações de lixo, vazamento de combustíveis e substâncias químicas de pesticidas e fertilizantes utilizados na agricultura.

De acordo com a CPRM (2018), aquífero é uma formação geológica que contém água e permite que quantidades significativas dessa água se movimentem no seu interior

em condições naturais. Formações permeáveis, tais como arenitos e areias, são exemplos de aquíferos. As águas acumuladas em aquíferos correm o risco de contaminação em consequência dos efeitos da poluição provocada pela urbanização desordenada e impactos provocados pelas atividades agrícolas, industriais e de exploração mineral (SANTOS e LORANDI *apud* FOSTER *et al.*, 2006).

A qualidade do recurso hídrico é condicionada as suas características físicas, químicas e biológicas. É um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Com isso, a qualidade da água é um fator importante a se considerar em quaisquer usos da água, consuntivos ou não, tendo relação direta com a saúde dos organismos vivos. Além disso, é uma das diretrizes gerais de ação para implementação da Política a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade.

Nesse contexto, a avaliação constante da qualidade dos aquíferos é imprescindível para a proteção dos recursos hídricos subterrâneos, na medida em que mostra a situação atual para subsidiar metas e ações de melhoria da qualidade. Para a CETESB (2019), o monitoramento da qualidade da água subterrânea é fundamental para o conhecimento da hidrogeoquímica e da condição de qualidade da água. A avaliação da qualidade se dá através da análise de parâmetros como nitrato, turbidez, fluoreto, dureza pH e sólidos dissolvidos totais (TDS). Ela pode ainda ser mensurada através de um único número ou condição de qualidade, através de índices de qualidade.

A plataforma que contém os dados de águas subterrâneas no Brasil é o SIAGAS, Sistema de Informação de Águas Subterrâneas. Os dados no âmbito desse trabalho são trabalhados espacialmente.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar a qualidade das águas subterrâneas da região de Feira de Santana e municípios limítrofes.

Os objetivos específicos são:

- Observar a qualidade das águas subterrâneas no que tange aos parâmetros físico-químicos;
- Comparar os valores de qualidade com os da portaria para consumo humano;
- Avaliar a influência dos valores de qualidade no consumo de água da localidade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água pode conter diversos componentes, advindos de processos

naturais ou introduzidos a partir de atividades humanas. Dentro destes componentes, temos parâmetros que mostram a situação da qualidade de um corpo hídrico subterrâneo, a fim de estabelecer uma comparação do valor atual com um padrão e avaliar se há ou não uma contaminação. A qualidade da água subterrânea é geralmente avaliada através de parâmetros como cloreto, nitrato, fluoreto, dureza, sulfato, ferro, pH, sólidos dissolvidos e cor. No Brasil, os dados de qualidade de água subterrânea estão sob gerenciamento do Serviço Geológico do Brasil, na plataforma SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas). No contexto desse trabalho, foram analisados os parâmetros cloreto, dureza, fluoreto, nitrato, pH e sólidos dissolvidos totais, devido ao número de dados disponíveis.

Com relação aos aquíferos, para Giampá e Gonçales (2006), o termo rocha sedimentar designa o depósito sedimentar consolidado, tal como arenitos, siltitos e folhelhos. Já o termo rocha cristalino designa, de maneira genérica, as rochas compactas de origem magmática ou vulcânica, tais como granitos, basaltos, diabásios, e metamórficas em geral, tais como gnaisses, quartzitos, micaxistos, mármores calcários e dolomitos e filitos.

Para CPRM (2005), as formações superficiais cenozoicas são constituídas por pacotes de rochas sedimentares de naturezas diversas, que recobrem as rochas mais antigas. Em termos hidrogeológicos, têm um comportamento de “aquífero granular”, caracterizado por possuir uma porosidade primária, e nos terrenos arenosos uma elevada permeabilidade, o que lhe confere, no geral, excelentes condições de armazenamento e fornecimento d’água.

Ainda para a CPRM (2005), os metassedimentos cristalinos têm comportamento de “aquífero fissural”. Como basicamente não existe uma porosidade primária nestes tipos de rochas, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas.

Feitosa e Diniz (2011) relatam que a região Nordeste tem o seu subsolo constituído em torno de 50% por rochas ígneas e metamórficas, pré-cambrianas, genericamente chamadas de cristalinas. Tem-se também que, no cristalino, a água subterrânea ocorre em sistemas interconectados de fendas, fraturas e descontinuidades da rocha, formando reservatórios descontínuos e com extensão limitada. Então, nessa região, a água, em função da falta de circulação, dos efeitos do clima semiárido e do tipo de rocha, é na maior parte das vezes salinizada.

Já com relação à qualidade das águas, para Scopel *et. al* (2005), as características químicas das águas subterrâneas refletem os meios pelos quais elas infiltram, guardando, assim, uma estreita relação com os tipos de

rochas drenadas e com os produtos das atividades humanas adquiridos ao longo de seu caminho.

Os cloretos, indicadores de salinidade da água, são abundantes na água do mar. Para CETESB (1978), a água que contém menos de 150 mg/L de cloretos é satisfatória para diversos fins, como por exemplo, para dessedentação humana. Já se ela contém mais de 350 mg/L, é contraindicada para maior parte das irrigações e usos industriais. Com 500 mg/L de cloreto, o sabor da água torna-se desagradável para o consumo humano, mas animais podem beber água com valores superiores a 3000 mg/L. Para Fernandes (2005), as águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100 mg/L. A portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que o VMP (valor máximo permitido) como padrão de aceitação de consumo de uma água para os íons cloreto é 250mg/L (BRASIL, 2005).

Já a dureza total é causada principalmente pela presença dos íons cálcio e magnésio, sendo determinada pela soma da dureza de carbonato e dureza de não carbonato, expressa em mg/L de carbonato de cálcio. A dureza não possui significado do ponto de vista sanitário, mas em elevadas concentrações confere um gosto amargo à água (VON SPERLING, 2005). Elevadas concentrações são indicação da passagem pelo solo, pois esse parâmetro é muitas vezes um reflexo do intemperismo das rochas e dos solos pela dissolução lenta do calcário e de outros minerais A Portaria nº 2914 estabelece limites altos de dureza de até 500 mg/L. Segundo Von Sperling (2005), águas de elevada dureza possuem efeitos laxativos e sabor desagradável.

Conforme a CETESB (1978), os fluoretos geralmente são encontrados na água subterrânea em pequenas concentrações; eles podem derivar da fluorita, principal fluoreto das rochas ígneas, ou de algum do considerável número de complexos minerais em que os fluoretos participam.

Já segundo Picanço *et al* (2002), o ferro é encontrado em praticamente todas as águas, entretanto, quando encontrado em teores superiores a 0,5 mg/L, a água tem sua cor, odor e sabor alterados. Além disso, teores de ferro dessa ordem tendem a reduzir a aceitação da água pelas pessoas, devido ao fato de causarem manchas em roupas e pisos, entre outros inconvenientes. Tem-se a questão ainda que a presença de ferro na água pode implicar na sua precipitação nos filtros ou nos pré-filtros de poços, reduzindo a eficiência destes.

Para Santiago e Silva (2009), dependendo da dose e do tempo de exposição ao flúor, pode-se ocasionar intoxicação crônica. A fluorose dentária é o efeito tóxico mais comum da intoxicação crônica pelo flúor – a legislação brasileira estabelece o limite máximo de fluoreto aceitável para consumo humano fixado pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, o valor 1,5 mg/L. Ainda para Santiago e Silva (2009), estudos tem demonstrado que

concentrações superiores a 1 mg/L de fluoretos nas águas podem causar fluorose dentária e acima de 4 mg/L podem causar lesões ósseas (fluorose óssea), que ocorrem quando ingerido dosagens com concentrações de fluoreto acima de 8 mg/L em um longo tempo de vida do ser humano (MARIMON, 2006).

Com relação ao nitrato, Braga *et. al* (2018) coloca que a deposição de matéria orgânica no solo, como acontece quando se utiliza fossas e sumidouros, aumenta drasticamente a quantidade de nitrogênio. Esse nitrogênio é biotransformado e, por fim, se transforma na substância inorgânica denominada nitrato que possui grande mobilidade no solo alcançando o manancial subterrâneo e ali se depositando. Águas com indicação de poluição por nitratos são uma indicação de poluição mais remota, por ser este o produto final de oxidação do nitrogênio. As principais fontes de poluição são decomposição, efluentes de indústrias metalúrgicas, infiltração e oxidação de esgotos, e canalizações defeituosas.

De acordo com Corcóvia e Celligoi *apud* Santos (1997), a concentração dos íons hidrogênio, expresso pelo pH das águas subterrâneas, varia geralmente entre 5,5 e 8,5. A Portaria nº 2914/11, legislação vigente da qualidade da água para consumo humano, estabelece limites de pH de 6,0 a 9,5.

Com relação a sólidos totais dissolvidos, CETESB (1978) reporta que a concentração dos minerais dissolvidos na água serve como índice geral da prestabilidade da água para muitos usos. De acordo com a Portaria n° 2914 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade da água para o consumo, o valor máximo de sólido totais dissolvidos (STD) é de 1000mg/l.

No país, tem-se a Portaria 2914/2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Essa lei define as concentrações limites para cada substância em águas para consumo humano, aplicando-se às águas provenientes de sistema e solução alternativa de abastecimento de água.

No contexto das águas subterrâneas, a resolução CONAMA 396/2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Assim, de acordo com esta resolução, águas de classe 1 são águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais. Para águas de classe 1, há valores de referência de qualidade (VRQ) para algumas substâncias tais como arsênio, ferro, chumbo, crômio, alguns pesticidas, óleos, nitrato, sólidos dissolvidos totais e coliformes termotolerantes.

A tabela abaixo mostra os padrões para os seis parâmetros envolvidos nesse trabalho que estão na Portaria 2914/11, para consumo humano, e também impostas para águas de classe 1 no caso de ferro, nitrato e sólidos dissolvidos totais.

Tabela 1 – Padrões

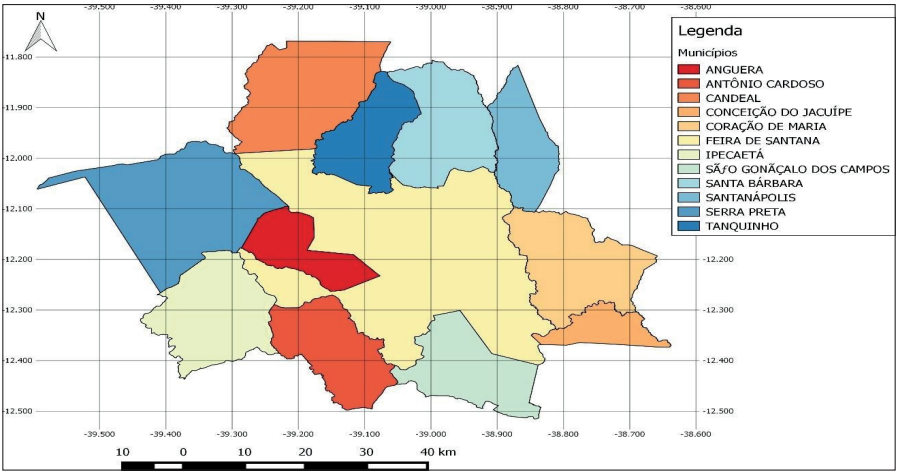
Parâmetro	Cloreto (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Ferro total (mg/L)	Fluoreto (mg/ L)	Nitratos (mg/L)	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)
Limite para consumo humano (Portaria 2914)	250	500	0,3	1,5	10	1000

Fonte: Bookerfield Editora, 2020

4. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1) abrange Feira de Santana, segunda maior cidade do estado da Bahia, e os municípios que fazem divisa com esta cidade.

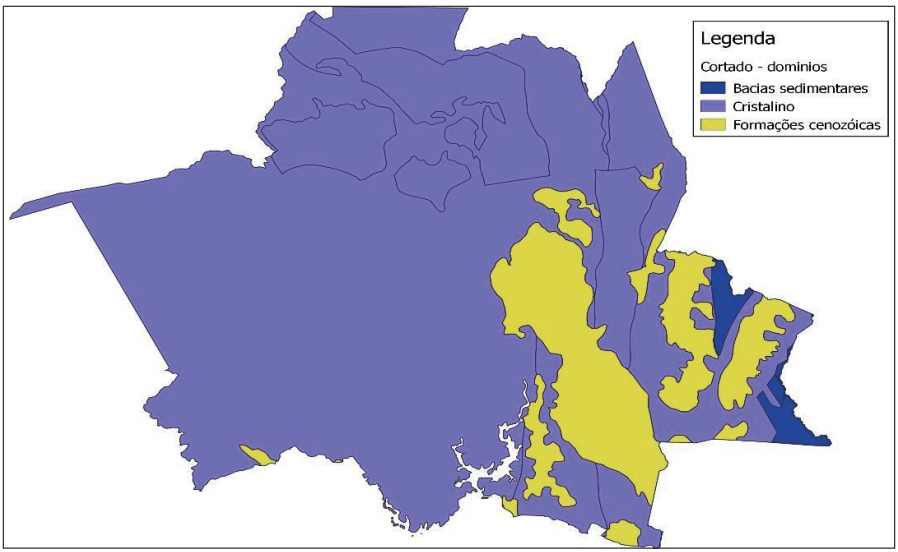
Figura 1 – Região de Estudo



Fonte: Bookerfield Editora, 2020

Na figura 2, tem-se o mapa hidrogeológico desta região, onde podemos perceber o predomínio do domínio cristalino.

Figura 2 – Mapa de domínios hidrogeológicos



Fonte: Bookerfield Editora, 2020

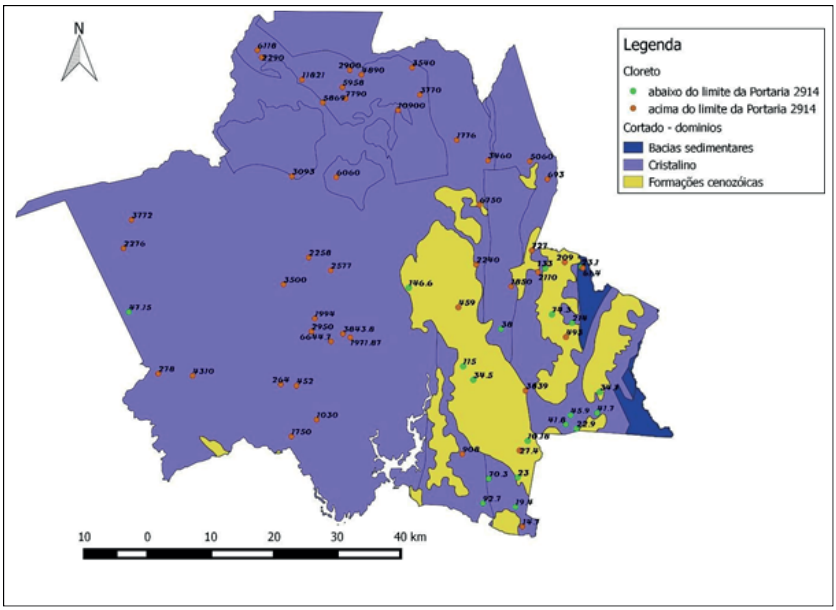
5. METODOLOGIA

Este trabalho foi executado a partir da obtenção de dados da plataforma SIAGAS, do Serviço Geológico do Brasil, e fontes de artigos, livros e dissertações. Os dados foram georreferenciados e processados nos softwares QGIS e Excel. A interpolação dos dados pelo modelo de regressão linear múltipla foi feita utilizando-se as ferramentas estatísticas da planilha Excel.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

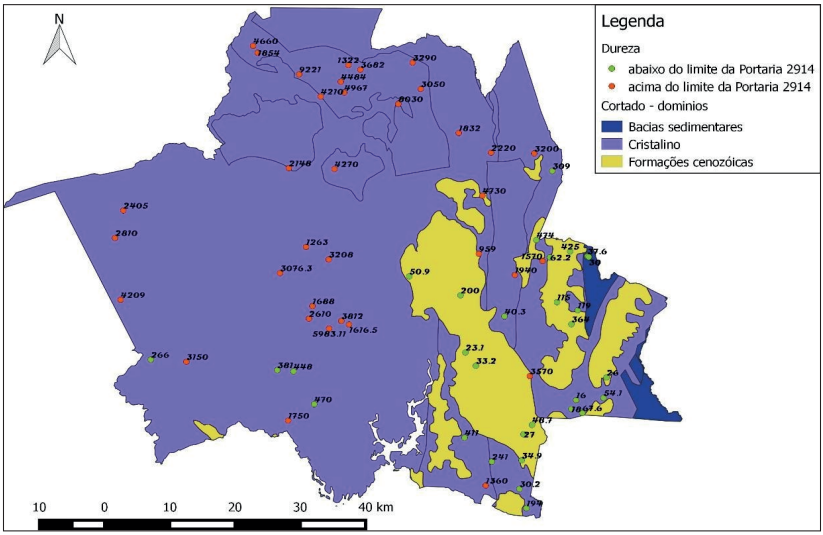
Como já dito, os seis parâmetros foram escolhidos devido à quantidade de dados. Nas figuras 3 a 8 são apresentados os dados espacializados dos parâmetros na área em questão, por domínio hidrogeológico.

Figura 3 – Concentrações de Cloreto



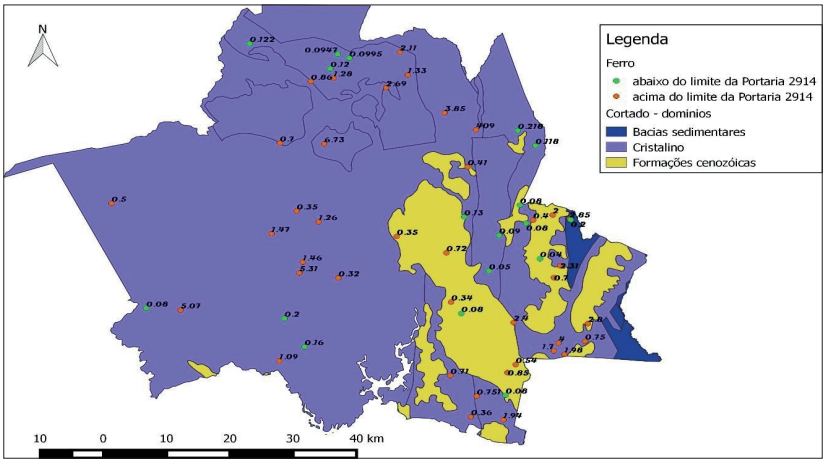
Fonte: Bookerfield Editora, 2020

Figura 4 – Concentrações de Dureza



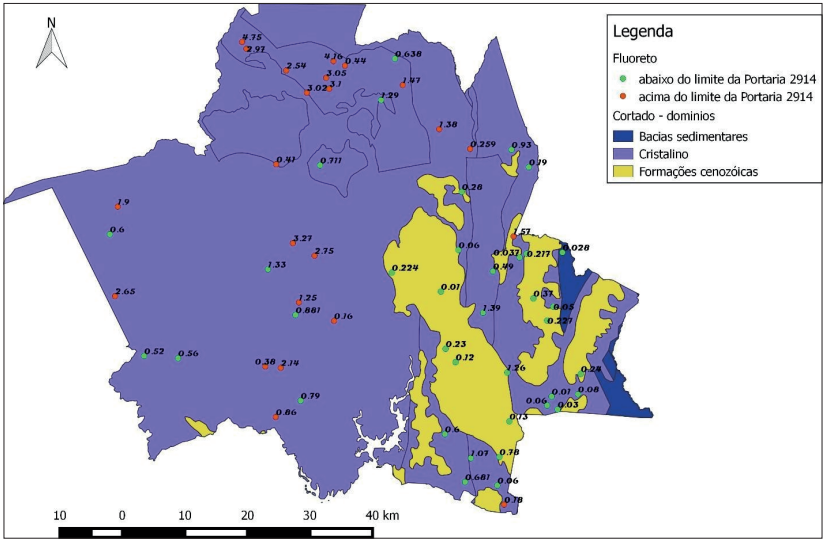
Fonte: Bookerfield Editora, 2020

Figura 5 – Concentrações de Ferro



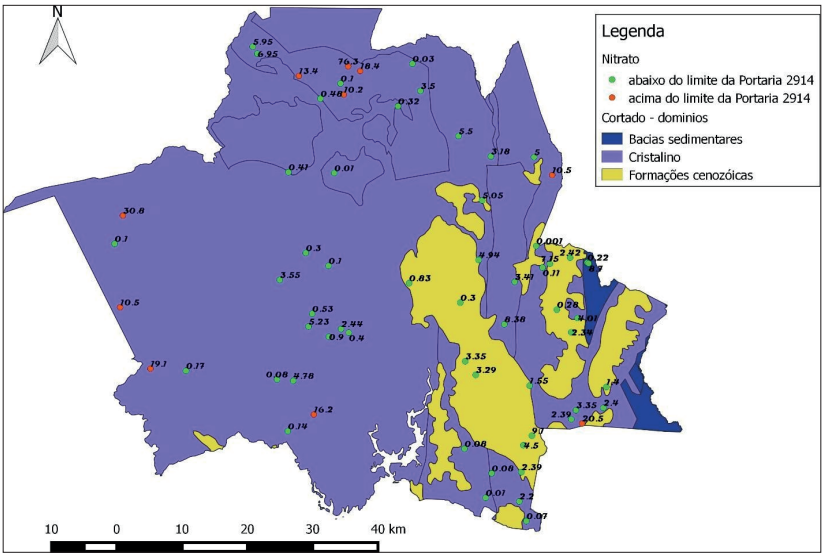
Fonte: Bookerfield Editora, 2020

Figura 6 – Concentrações de Fluoreto



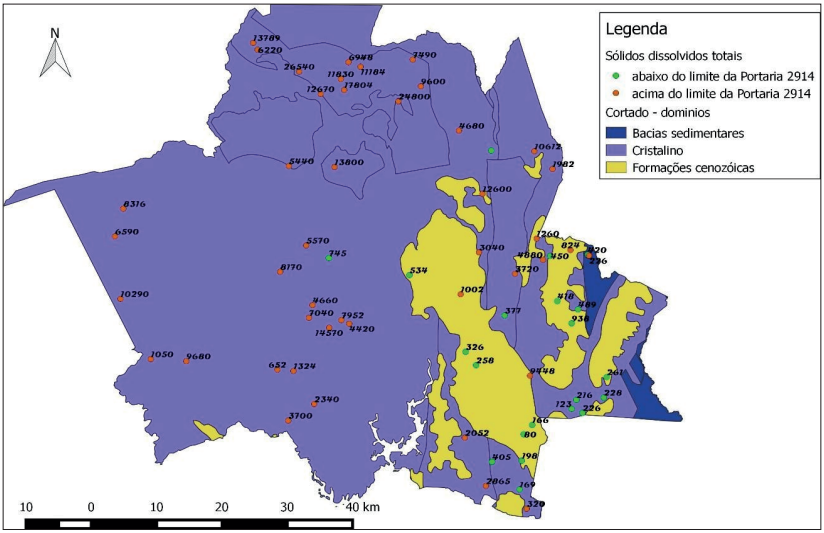
Fonte: Bookerfield Editora, 2020

Figura 7 – Concentrações de Nitrato



Fonte: Bookerfield Editora, 2020

Figura 8 – Concentrações de Sólidos Totais dissolvidos



Fonte: Bookerfield Editora, 2020

Entre os poços disponíveis pela plataforma na área de estudo,

apenas sessenta deles possuem dados amostrados para qualidade da água, caracterizando um número pequeno de amostras frente ao número de poços existentes na plataforma e ao intervalo de tempo de análise - 2008 a 2018. De acordo com Feitosa e Diniz (2011), não é consistente fazer regionalizações utilizando-se dados de poços em rochas cristalinas. Porém, para escalas pequenas (> =1:000.000) pode ser possível definir grandes áreas ou zonas que apresentem uma tendência em relação a um determinado parâmetro analisado. A escala em questão nesse trabalho é em torno de 1:500.000.

Através da análise dos mapas apresentados, observa-se que principalmente no que tange ao cloreto, dureza e sólidos totais dissolvidos, há uma área (centro-leste e norte) de domínio cristalino com grande predominância de valores acima da legislação para consumo humano. Isso provavelmente sendo um condicionante do clima semiárido e da hidrogeologia característica deste domínio.

Segundo Zoby (2011), a elevada salinidade das águas subterrâneas do cristalino semiárido nordestino está relacionada à baixa pluviometria, que faz com que os sais transportados pela chuva (aerossóis) e acumulados no solo e fraturas não sejam lixiviados. A alta evaporação favorece a concentração dos sais. Assim, as águas que infiltram acumulam-se nas fraturas e no solo e enriquecem em sais. A alta salinidade influencia também na alta concentração de sólidos dissolvidos totais. Essa água com salinidade elevada traz efeito desagradável no consumo dos usuários. O mesmo acontece com a dureza, que causa gosto amargo na água – provavelmente se encontra em altas concentrações devido ao intemperismo das rochas.

Em relação ao nitrato, indicador de poluição por efluentes, a região apresenta alguns pontos com concentração acima da permitida pela portaria, podendo ser um alerta para a captação de água em poços na proximidade desses pontos.

A região também apresenta pontos com concentração de fluoreto acima do limite definido pela portaria, principalmente em zonas de domínio cristalino, sendo necessário precaução pois em concentrações altas possui efeitos adversos no esmalte do dente de humanos.

Tem-se na tabela 2 a quantidade de dados recolhidos para cada parâmetro em questão, dados estatísticos envolvidos e a porcentagem do total que ultrapassa o limite da legislação.

Tabela 2 – Dados dos parâmetros

	Cloreto (mg/L)	Dureza total (mg/ L)	Ferro total (mg/L)	Fluoreto (mg/ L)	Nitratos (mg/L)	Sólidos dissolvidos totais(mg/L)
Número de amostras	65	65	57	60	65	64
Média	2258,1	1832,0	8,4*	1,03	5,5	5172
Desvio padrão	2693.0	2049.0	54.0	1.1	10.7	5972
Máximo	11821	9221	409*	4.75	76.3	26540
Mínimo	10.18	16	0.04	0.01	0.001	80
% acima do limite da Portaria	70.8	53.9	68.4	38.3	15.4	67.7
% abaixo do limite da Portaria	29.23	46.15	31.6	61.7	84.6	32.3

Fonte: Bookerfield Editora, 2020

É possível observar que os parâmetros cloreto e sólidos dissolvidos tem grande parte dos pontos acima do limite para o consumo humano, preconizado pela legislação. Além disso, a porcentagem de pontos onde a concentração de ferro está alta também é considerável (quase setenta por cento). O ferro confere cor e sabor à água, também podendo manchar roupas e utensílios sanitários – o ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água.

Como sugestão para um melhor monitoramento da qualidade das águas subterrâneas seria a realização das análises químicas de pesticidas, óleos e coliformes (preconizados pela CONAMA 396/08), além dos parâmetros rotineiros do SIAGAS.

Os dados do sistema no que diz respeito à qualidade da água são escassos, tendo 66 poços com análises de qualidade – o que limita a análise para melhor inferir sobre a qualidade as águas subterrâneas. Além disso, esses poços possuem falhas, apresentando análises de alguns parâmetros e não de outros – essas análises podem ser observadas no anexo do trabalho. Apenas em torno de vinte por cento dos poços escavados entre 2008 e 2018 possuem dados de análise química – e, destes muitos têm apenas a análise de sólidos totais, dureza e cloreto.

7. CONCLUSÃO

Esse trabalho analisou alguns parâmetros de qualidade da água da região de Feira de Santana e municípios vizinhos num período de dez anos, sendo uma importante ferramenta para averiguação da situação da qualidade dos aquíferos nessa região. O monitoramento e avaliação da qualidade das

águas subterrâneas é uma ferramenta importante, visto que embasa os processos de gestão de recursos hídricos no Brasil e auxilia na proteção dos aquíferos.

A qualidade da água na região de Feira de Santana nos pontos em análise tem quantidades acima da legislação em grande quantidade, principalmente no que se refere à cloreto, ferro e sólidos dissolvidos – o que serve de alerta no consumo da água subterrânea nesses pontos. Entretanto, é necessária uma frequência maior de análises físicas, químicas e biológicas para um melhor planejamento e proposição de metas de gestão – principalmente devido à grande importância às águas superficiais com relação às águas subterrâneas, observada na pequena quantidade de dados de qualidade destas últimas. A interpolação sob regressão linear múltipla não possui boa validação, visto que não se ajusta bem aos dados, sendo indicado a análise multivariada para melhor precisão de informações. O Sistema de Informações de Águas Subterrâneas necessita de maior riqueza de dados, visto que é um meio de transparência para a população, e embasa as análises de gestão e proteção dessas águas.

REFERÊNCIAS

ALVES, Maria da Glória *et al*. Qualidade das águas de poços rasos provenientes de áreas urbanas e rurais de Campos Dos Goytacazes (RJ). Águas subterrâneas, 2010.

BRAGA, Erika Sampaio *et al*. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. **Águas subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 17-24, 2018. 18

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Resolução CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

BRASIL. Resolução n° 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

CETESB. Água subterrânea e poços tubulares. São Paulo, 1978.

CORCÓVIA, Josilaine Amancio; CELLIGOI, André. Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiporã-PR. **REA – Revista de estudos ambientais** (Online) v. 14, n. 2esp, p. 39-48, 2012.

CPRM. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por água Subterrânea. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique///Projetos/Projeto-Cadastramento-de-Fontes-de-Abastecimento-por-Agua-Subterranea-3500.html.

CPRM. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Aquiferos- 1377.html. Acessado em: 1 ago. 2019.

FEITOSA, Fernando A. C.; DINIZ, João Alberto Oliveira. **Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira**. II Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, 2011.

FERNANDES, M. A. B.; SANTIAGO, M. M. F.; GOMES, D. F.; MENDES;FILHO, J.; FRISCKORN, H.; LIMA, J. O. G. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi - Ceará. **Águas Subterrâneas**, v. 19, n. 1, p. 25-34, 2005.

GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quaglia; GONÇALES, Valter Galdiano. **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos**. Signus Editora, 2006.

LIMA, Yuri Farias; COSTA, Vitor; MARTENDAL, Adriano; TEIXEIRA, Ana Cristina Franzoi. Análise de cloreto nas águas subterrâneas do Instituto Federal Catarinense - Campus Camboriú. 2015.

MARIMON, Maria Paula Casagrande. O flúor nas águas subterrâneas da formação Santa Maria, na Região de Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, RS, Brasil. Porto Alegre. 2006.

NETO, Manoel Lindolfo Queiroz *et al*. Análise da qualidade da água subterrânea utilizada no abastecimento urbano: um estudo de caso em poços tubulares no município de São Rafael/RN. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campina Grande, 2016.

NETTO, José Paulo Godoi Martins *et al*. Gênese, ocorrência e tecnologias de tratamento para o excesso de flúor na água subterrânea, com ênfase a Região Metropolitana de São Paulo. XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2016.

PICANÇO, F. E. L.; LOPES, E. C. S; SOUZA, E. L. de. Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002.

SANTIAGO, Mariana Ribeiro; SILVA, José Luiz Silvério da. Flúor em águas

subterrâneas: um problema social. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

SANTOS, Vanderley Severino dos; LORANDI, Reinaldo. Características hidrogeológicas e vulnerabilidade à contaminação das unidades a quíferas da bacia hidrográfica dos Córregos Amaral e Brilhante Jaciara (MT). **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 10, n. 05, 2017.

SCOPEL, Rejane Maria; TEIXEIRA, Elba Calesso; BINOTTO, Raquel Barros. Caracterização hidrogeoquímica de água subterrânea em área de influência de futuras instalações de usinas hidrelétricas – Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas/ RS, Brasil. **Quim. Nova**, Vol. 28, No. 3, 383-392, 2005.

SIAGAS. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/. Acessado em: 27 jun. 2019.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2005.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

PRELIMINARY EVALUATION OF THE QUALITY OF GROUNDWATER IN THE FAIR REGION OF SANTANA AND LIMITROPHIC MUNICIPALITIES

ABSTRACT – The assessment of groundwater quality is one of the important steps that supports the framing of water bodies and assists in the water resources management process. Analyzing water quality conditions is an important procedure for effective river basin management, as it shows the current situation to guide goals and actions to reach a desired situation. This analysis takes place through physical-chemical and biological parameters of quality. Some of the most important parameters in groundwater are chloride, hardness, iron, fluoride, nitrate and total dissolved solids. This work aims to observe the water quality of the aquifers of the Feira de Santana Region and neighboring municipalities from 2008 to 2018, through these parameters mentioned above. To obtain the data, the SIAGAS platform, the groundwater information system of the country, was used.

KEYWORDS: Water; Ground water; Water quality.

CAPÍTULO 2

ESTUDO PRELIMINAR DO USO DA CASCA DE TAMARINDO COMO COAGULANTE NO TRATAMENTO DA ÁGUA

Victória de Souza Alizon
http://lattes.cnpq.br/5474761649936353
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná

Andrea Sartori Jabur
http://lattes.cnpq.br/0460678668447420
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná

Maraísa Lopes de Menezes
http://lattes.cnpq.br/8654977477455163
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná

RESUMO – É notório que a água é um dos elementos essenciais para a vida. No entanto, algumas comunidades no mundo não têm acesso a água limpa e potável, o que torna necessário um tratamento eficaz e de fácil acesso. O processo do tratamento convencional de água apresenta o problema de efluentes, tendo como exemplo a formação de lodos nos decantadores das Estações de Tratamento de Água (ETA). O lodo gerado nos decantadores apresentam altos valores de alumínio, devido ao uso do coagulante sulfato de alumínio ou PAC (Policloreto de Alumínio). Nessa perspectiva, o objetivo desse artigo é contribuir para obtenção de um coagulante natural o qual se origina da casca do tamarindo a fim de avaliar a capacidade de clarificação. A capacidade de clarificação da água turva (amostra) pelo coagulante a base de casca de Tamarindo foi comparada em relação ao coagulante comercial Sulfato de Alumínio. Os resultados preliminares apresentaram que o coagulante de tamarindo reduziu entre 50% a 40% da água turva, em comparação ao sulfato de alumínio, onde reduziu até 99%. Esta diferença de resultados ocorre devido a qualidade do produto, e a vasta bibliografia voltado ao coagulante Sulfato de Alumínio, diferente do estudo com o coagulante a base de casca de tamarindo, a qual se desconhece ainda a relação da quantidade de coagulante em relação a turbidez da água. Outro fator observado é a dificuldade de inserir o coagulante em forma de pó no equipamento (*Jar Test*), que foi desenvolvido para determinar o ponto ótimo dos coagulantes líquidos.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Água, Coagulantes Naturais, Tamarindo.

1. INTRODUÇÃO

As águas naturais

apresentam inúmeras substâncias e microorganismos, alguns inofensivos, porém pouco desejáveis e outros extremamente prejudiciais à saúde humana. A maioria das doenças que se alastram pelos países em desenvolvimento provém da falta de saneamento básico. As águas indicadas para consumo humano precisam ser inodoras, incolor e insípida, logo torna-se necessário que ela passe por processos de tratamento e desinfecção, realizados nas ETAs (Estações de Tratamento de Água), antes da distribuição a população (RICHTER, 2009 e DI BERNARDO, 2002).

Os mananciais de águas superficiais sofrem modificações em suas características naturais devido a sua exposição ao ambiente e principalmente pela ação antrópica. O desmatamento da vegetação ciliar e o lançamento de efluentes domésticos e industriais são os principais responsáveis pela degradação e poluição dos recursos hídricos usados para o abastecimento público. Para manter a qualidade da água tratada, a Estação de Tratamento de Água (ETA) deve passar por mudanças na sua estrutura física como também nos produtos químicos utilizados. Um produto essencial a potabilização da água é o agente coagulante.

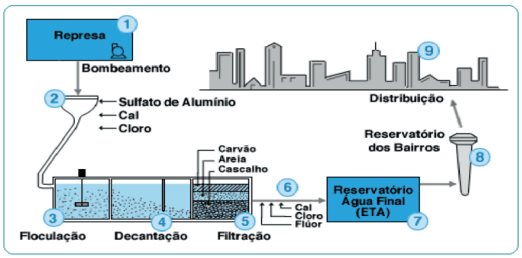
A escolha de um coagulante depende de alguns fatores como: características da água, oferta do produto no mercado, preço e eficiência no tratamento (CONSTANTINO; YAMAMURA, 2009). Atualmente, diferentes coagulantes de origem natural são utilizados para o tratamento de água, tendo como exemplos a babosa, o tanino e o quiabo, em contrapartida do uso de coagulantes químicos. Dessa forma, o estudo de novas substâncias que sejam capazes de promover ação efetiva no tratamento de águas, visando uma eficiência igualitária ou até mesmo superior àquela obtida pelo uso de coagulantes químicos torna-se importante, não apenas pelo valor econômico agregado a esta nova alternativa, mas também em relação à saúde da população e a conservação do meio ambiente (CORAL; BERGAMASCO; BASSETTI, 2009).

O processo de tratamento convencional da água ocorre através das seguintes etapas, apresentadas no CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) 357/2005: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação (Figura 1). Na etapa da coagulação, é adicionado sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$) na água não-tratada. Na etapa de coagulação ocorre a agitação, com alto gradiente de velocidade, de forma a ocorrer a mistura homogênea entre o coagulante e a água, sendo o tempo de mistura não superior a 5 segundos, conforme a NBR 12216. Na segunda etapa - a floculação - a água é conduzida a uma “agitação” de uma forma lenta (baixo gradiente de velocidade) para que haja a formação de grandes flocos entre as partículas de sujeira da água.

Na etapa da decantação, a água passa por tanques sedimentadores para separar os flocos que foram formados etapa anterior, de forma que estes sedimentem, e água clarificada, decante. A filtração, é a fase responsável por

reter os flocos de sujeira restantes na água do processo anterior, em que a água passa por grandes filtros aos quais retêm os flocos menores restantes na água. Na desinfecção é a etapa em que o elemento cloro é inserido, para que elimine todas as bactérias e vírus da água tratada que chegará ao consumidor. A fluoretação é a última etapa do processo de tratamento de água, sendo nela adicionada o elemento flúor, que é uma substância que, permitida por lei, usada para a prevenção da população com relação as cáries (RICHTER, 2009).

Figura 1 - Processo de tratamento de água.



Fonte: SABESP (Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo).

De acordo com Piantá (2008) há uma formação de lodo nos decantadores das Estações de tratamento de água (Figura 2) devido ao uso do sulfato de alumínio para a clarificação da água *in natura*. O lodo traz consigo sérios problemas socioeconômicos e ambientais para a população, caso esse não seja descartado corretamente, ocorrendo muitas vezes o descarte próximo à Estação de Tratamento de Água, com o lançamento deste lodo dentro dos rios urbanos e sucedendo a uma possível poluição dos mananciais. Este problema apresenta a necessidade de formas alternativas menos poluentes de tratamento de água. Os exemplos disso são os coagulantes naturais, como o uso da casca do tamarindo para diminuir a turbidez da água.

Figura 2 - Limpeza do decantador.



Fonte: SAAE, 2020.

Segundo Santos (2018), mediante a diminuição da poluição, torna-se possível a troca do sulfato de alumínio pela casca de tamarindo como coagulante natural. Isto se dá perante o grande poder de adsorção presente na casca do tamarindo que o torna um ótimo coagulante em uma ETA. De acordo com Pimpão (2011) apud Santos (2018), os processos de tratamento têm água tem um fim de disponibilizar água limpa e potável para a população, sendo vários processos realizados em um ambiente próprio e limpo.

O tamarindeiro (*Tamarindus indica*) é um arbusto que provém da África Equatorial e da Índia. Tendo que seu desenvolvimento apropriado em ambientes tropicais úmidos e áridos, o fruto é encontrado com facilidade em países que temesse tipo de clima. Exemplos desses países são: o Brasil e o México (Gonsalves *et al*., 2019).

Seu fruto, o tamarindo tem seu uso bastante diversificado, sendo ele usado para fazer sucos, refrescos, temperos, sendo ele rico em vitamina C e complexo B, evita a osteoporose e combate a anemia, é proteico e rico em fibras (Associação Paulista para o Desenvolvimento da Medicina (SPDM), 2017).

Além disso sua casca, pode ser reutilizada para a criação de coagulantes naturais, podendo assim, pela facilidade de ser encontrado, contribuir com as populações carentes e com os agricultores, para que a água possa ser clarificada de uma forma rápida, de baixo custo e fácil acesso para a população. Segundo Ramírez (2019) evoluíram as pesquisas de seu fruto como coagulante para diminuir a carga de contaminantes no tratamento da água, em relação à um coagulante comercial, uma vez que as sementes de tamarindo.

O objetivo deste artigo é encontrar uma forma de tratamento de água menos poluente, bastante eficaz e de fácil acesso por comunidades carentes e produtores rurais, obtendo um coagulante natural a partir das cascas do fruto do tamarindeiro, o tamarindo.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Todo o experimento foi realizado no laboratório de Ambiental/ Saneamento, localizado na UTFPR – Campus Apucarana. O fruto Tamarindo foi cedido pela professora Dra. Maraísa Lopes De Menezes, a qual já realiza pesquisas com o óleo do mesmo fruto. O fruto foi coletado em março de 2019 e os experimentos ocorreram nos períodos de julho a outubro de 2019.

2.1. Preparo do Coagulante em pó

Para a preparação das cascas do Tamarindo, adotou-se a metodologia das pesquisas realizadas por Lozano (2018) e Gonsalves et al. (2014). Foi utilizado apenas a casca do tamarindo e descartado o seu fruto. As vagens

secas de tamarindo, foram facilmente retiradas e “quebradas” manualmente (Figura 3), e estas posteriormente foram lavadas com água corrente. Logo após esses procedimentos, estas cascas trituradas ficaram por 5 dias em água destilada em um recipiente de vidro, sendo a água destilada, trocada todos os dias. Após os 5 dias submersas em água, essas foram secas por 2 dias, em torno de 6h/dia. Durante estes dois dias, foram obtidas as temperaturas das cascas no horário de meio-dia, para avaliar as condições de secagem, através de um termômetro a laser.

Figura 3 - Casca do Tamarindo triturada manualmente.



Fonte: Autores, 2019.

Após a secagem no sol, as casacas foram trituradas em um liquidificador industrial, e depois peneiradas, de modo a manter uma granulometria homogênea para ser inserida no experimento. As “farinhas” da casca de tamarindo foram condicionadas em vasilhames de vidro, com tampas herméticas, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Farinha da casca do Tamarindo triturado em liquidificador industrial.



Fonte: Autores, 2019.

2.2 Realização do Experimento com o Uso do *Jar test*

Para realização dos ensaios foram utilizados reatores estáticos, mais conhecidos como *Jar Test* (Teste dos Jarros). Para iniciar o processo do ensaio com o equipamento *Jar Test*, é realizada a medição da turbidez da água in natura e para isso utilizou-se o equipamento Turbidímetro microprocessado digital. Os ensaios com o equipamento *Jar Test* realizados com o volume de 1000 ml de água in natura a ser tratada, em cada recepiente do aparelho. A utilização deste equipamento possibilita a obtenção das condições de mistura que ocorrem em uma ETA, pois ele reproduz aproximadamente a mistura do coagulante em escala real. Após a leitura da turbidez inicial então, a água é depositada nos jarros e feita a medição da quantidade desejada de coagulante a ser testado em cada um.

Para a realização dos testes primeiramente foram coletadas água proveniente do poço artesiano do Campus Apucarana, e realizado uma simulação de água turva, adicionando o solo local, denominado de Nitossolo (termo atualizado para a Terra Roxa), deste modo, obteu-se uma turbidez para valores superiores a 100 UNT. Não foi considerado a coleta em rios locais, devido a baixa turbidez encontrada nestes corpos d´água, como apresentados nas pesquisas de Zanotta et al. (2019).

Realizou-se a configuração do *Jar Test* (Figura 5) adotando a coagulação em um tempo de 30 segundos em uma rotação de 150 rotações por minuto, a floculação em 15 minutos á 30 rotações por minuto e a decantação em 15 minutos, considerando a metodologia de Richter (2009) a qual trabalhou-se o tratamento da água com o uso do coagulante Tanino.

Figura 5: Equipamento *Jar Test* utilizado no experimento.



Fonte: Autores, 2019.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

Para a avaliação do tratamento, foi feito a comparação dos resultados obtidos com o coagulante Sulfato de Alumínio (1% diluído em água destilada) e realizou-se as análises de pH e Turbidez antes e depois do Tratamento.

No primeiro ensaio, foi adicionado o total de 84,2g de solo na amostra de água e feito a homogeneização através de um misturador mecânico. Após o ocorrido, foi obtido uma turbidez de 140 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez) e um pH inicial de 7,64 na água em questão. Após inserido 1 Litro de amostra em cada jarros (total de 6 jarros), foram separados 3 copos de tamarindo contendo 0,75g cada. Estes foram utilizados em 3 amostras, nas outras 3amostras, foi utilizado o $Al_2(SO_4)_3$ (sulfato de alumínio) sendo utilizado 0,75 ml em cada jarro. Nas amostras 1, 2 e 3 foi adicionado o sulfato de alumínio, na 4, 5 e 6 foi adicionado, tamarindo em pó, a quantidade de 0,75g em pó.

Tabela 1 - Resultados do primeiro experimento (Turbidez inicial 140 NTU)

Amostra	Turbidez (NTU)	pH	Porcentagem Reduzida (%) Turbidez
1	14,2	7, 28	89
2	22	7,30	84
3	23	7,18	83
4	138	7,59	1,42
5	132	7,62	5,7
6	134	7,54	4,3

Com amostras retiradas ainda do primeiro exemplar da água proveniente do poço artesiano, o segundo ensaio foi realizado com a água a uma turbidez de 212 NTU e um pH de 7,64. Foram realizados o experimento com as mesmas quantidades de sulfato de alumínio e tamarindo do anterior. Nas amostras 1, 2 e 3 foi adicionado o sulfato de alumínio (a dosagem de 0,75) na 4, 5 e 6 foi adicionado, tamarindo em pó, com o mesmo valor do experimento 1 (0,75g).

Tabela 2 - Resultados do Segundo experimento (turbidez inicial 212 NTU)

Amostra	Turbidez (NTU)	pH	Porcentagem Reduzida (%) Turbidez
1	0,75	6,85	99,6
2	0,66	6,92	99,7
3	1,1	6,85	99,5
4	146	7,58	31
5	144	7,61	32
6	149	7,69	29

No terceiro ensaio, foi colocado apenas 40g de solo local para obter

uma amostra com baixa turbidez, pois os dois primeiros ensaios não foram possíveis identificar uma qualidade no tratamento e observou-se a baixa eficiência do Tamarindo. Foi alcançado uma turbidez de 55 NTU e um pH inicial de 7,64. As amostras 1, 2 e 3, foi adicionado 0,75 mL de sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ e as amostras 4, 5 e 6, foi adicionado 0,75g de tamarindo em pó.

Tabela 3: Terceiro experimento (turbidez inicial de 55 NTU)

Amostra	Turbidez (NTU)	pH	Porcentagem Reduzida (%) Turbidez
1	0,66	6,26	98,8
2	0,91	6,41	99,8
3	1,72	6,67	96,8
4	28	7,41	49
5	29	7,43	47,3
6	28	7,39	49

Considerando a Legislação do Ministério da Saúde, pela Portaria nº 2.914 de 2011 e na antiga Portaria n°518/2004, a turbidez máxima para o consumo humano é de 5 NTU e para pH, a faixa deve estar entre 6 e 9,5. Logo, considerando estes valores, que são obtidos após a passagem da água tratada pela coagulação, floculação, decantação e filtração, apenas o coagulante de sulfato de alumínio está dentro da faixa estabelecida pela Portaria (nos experimentos 2 e 3). O coagulante Tamarindo apresentou resultados com a redução superior a 40%, quando ocorre uma turbidez inferior a 60 NTU, com a mesma quantidade de 0,75g.

4. CONCLUSÃO

Mediante aos resultados obtidos, para o primeiro experimento, pode-se afirmar que houve pouca redução de turbidez com o uso do tamarindo, sendo com reduções inferiores a 10%. Este valor pode ter ocorrido devido aos erros na inserção do coagulante durante o experimento. O Segundo experimento obteve um acréscimo na redução da turbidez, com a redução entre 20 a 30% da turbidez inicial, com a dosagem de 0,75g. A terceira amostra teve uma redução de aproximadamente 50%, porém a turbidez inicial foi bem inferior a turbidez das amostras 1 e 2, apenas de 55 NTU. Em vista disso, serão obtidos mais experimentos, considerando uma turbidez inicial de 50 NTU a 60 NTU para futuros teste.

Através da coleta de dados com base no experimento, foi possível realizar o levantamento da conclusão de que o pH dos experimentos 1, 2 e 3, de todas os experimentos apresentaram a diminuição do pH com a adição

do composto básico sulfato de alumínio. O pH do primeiro experimento abaixou cerca de 7,5% de sua concentração original, o pH do segundo experimento reduziu cerca de 10% de sua concentração original, o pH do último experimento diminuiu cerca de 15% do valor da concentração inicial do pH da água usada nos experimentos. Porém os resultados estão dentro da faixa de 6 a 9,0 de pH, considerando a Portaria nº 2.914 de 2011.

Outro ponto a ser avaliado é a produção do coagulante em pó. O procedimento de lavagem, secagem e trituração não apresentou dificuldades durante a metodologia e o gasto de energia elétrica para obtenção foi mínimo, apenas para a trituração da casca para obtenção do produto em pó.

Os resultados obtidos ainda não permitiram sugerir o emprego deste coagulante, pois são necessários mais estudos visando o detalhamento dos mecanismos de clarificação. Diferentes dosagens e turbidez devem ser avaliadas, como o valor financeiro na obtenção deste coagulante em comparação aos que estão no mercado.

O estudo está em fase inicial e os autores têm mantido o contado com outros pesquisadores na área, para obter melhores condições para os experimentos a serem realizados, como também a avaliação da durabilidade do produto (6 meses a 1 ano). As dificuldades encontradas foram diversas, como a falta de pesquisas sobre o tamarindo e como considerar diferentes graus de turbidez e a dosagem deste coagulante, em pó.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. (1992). NBR 12216 - **Projeto de estações de tratamento de água para abastecimento público**. ABNT, Rio de Janeiro, Brasil.

BRASIL, Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.** Publicado no D.O.U.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria n° 2914**, de 12 de dezembro de 2011. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria n° 518**, de 12 de dezembro de 2004. Brasília, 2004.

CONSTANTINO, A. F.; YAMAMURA, V. D. **Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC**. Simpósio de Pós-graduação em Engenharia Urbana. 27 a 28 de agosto de 2009, Maringá, Pr. Disponível em <www.scielo.com.br>. Acesso em 13/12/2010.

CORAL, Lúcila A.; BERGAMASCO, Rosângela; BASSETTI, Fátima. J. **Estudo da**

Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo. In: international Workshop Advances in Cleaner Production, 2009, Brasil.

DI BERNARDO, Luiz. **Ensaios de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. São Carlos: Rima Editora, 2002.

GONSALVES, A. A. *et al*. Casca do Tamarindo: Caracterização e Estudos de Adsorção de Azul de Metileno e Cromo (VI) usando a Técnica de Banho Finito de Líquido. **Revista Virtual de Química**, Petrolina-PE, Brasil, v. 6, n. 5, p. 1467-1468, 25 out. 2014. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/4cc8/d8d7ea21beb27a19f908ae7a218115b77afc.pdf. Acesso em: 19 nov. 2019.

LOZANO, M. A. S. **Evaluación de las semillas de tamarindo (tamarindus indica) en la remoción de turbidez de aguas superficiales**. Trabalho de graduação para obtençãodo título de engenheiro agroindustrial. Universidad de Sucre Facultad de Ingenierías.Programa de Ingeniería Agroindustrial Sincelejo, 2018.

PIANTÁ, C. A. M. **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao sulfato no tratamento de água**. 2008. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ufrs, Porto Alegre, 2008.

RAMÍREZ, L. I. **Evaluación de semillas de tamarindo (Tamarindus indica) como coagulante para disminuir la carga contaminante en el tratamiento de aguas, en relación a un coagulante comercial.** 2019. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, 2019. Cap. 1. Disponível em: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17855/1/UPS-CT008454.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2019.

RICHTER, C. A. **Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. São Paulo, Ed. Blucher 2009.

SANTOS, G. A. DOS. **Ensaios de tratabilidade de água utilizando a casca de tamarindo como coagulante**. Orientador: Prof.ª Dr.ªKytéria Sabina Lopes de Figueredo. 2018. TCC (BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA) - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, PAU DOS FERROS – RN, 2018. Disponível em: http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2252. Acesso em: 30 abr. 2020.

São Paulo. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). **Tratamento da água**. Disponível em:<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47>. Acesso em: 30 de abr. de 2020.

ZANOTTA, L.; MEDEIROS, I. R.; BUENO, L. M.; JABUR, A.S. **Utilização do coagulante natural PGA21CA no tratamento de água para consumo humano**. Anais II Encontro de Engenharia Química, 2019.

PRELIMINARY STUDY OF THE USE OF TAMARIND PEEL AS COAGULANT IN WATER TREATMENT

ABSTRACT – It is notorious that water is one of the essential elements for life. However, some communities in the world do not have access to clean and clean water, which makes effective and easy-to-reach treatment necessary. The process of conventional water treatment presents the problem of effluents, having as an example the formation of sods in the decanters of water treatment plants (ETA). The slable generated in the decanters present high aluminum values, due to the use of aluminum sulfate coagulant or CAP (Aluminum Polyvinyl). From this perspective, the objective of this article is to contribute to obtaining a natural coagulant that originates from the bark of the tamarind in order to evaluate the ability to clarify. The ability to clarify the cloudy water (sample) by the coagulant based on Tamarindo bark was compared in relation to the commercial coagulant Aluminum Sulfate. Preliminary results showed that tamarind coagulant reduced between 50% to 40% of cloudy water compared to aluminum sulfate, where it reduced by up to 99%. This difference in results occurs due to the quality of the product, and the vast bibliography focused on the coagulant Aluminum Sulfate, different from the study with coagulant based on tamarind bark, which is still unknown the relationship between the amount of coagulant in relation to water turbidity. Another factor observed is the difficulty of inserting the coagulant in powder form in the equipment (Jar Test), which was developed to determine the optimal point of liquid coagulants.

KEYWORDS: Water Treatment; Natural Coagulants; Tamarind.

CAPÍTULO 3

MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DO PMSB DE VITÓRIA COM ÊNFASE NOS SEUS PROGRAMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO: PROPOSIÇÃO DE INDICADORES E MÉTRICAS

Cecília Montibeller Oliveira
http://lattes.cnpq.br/6489167110386280
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Celso Romanel
http://lattes.cnpq.br/1721981607189967
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Ernani de Souza Costa
http://lattes.cnpq.br/4719274363999175
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

RESUMO – O saneamento básico, constitui-se como fator essencial para o desenvolvimento do país. A Lei nº 11.445/2007, estabelece a obrigatoriedade da elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), no intuito de eliminar ou reduzir a distribuição desigual do acesso aos serviços. O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de avaliação de PMSBs que permita identificar os conteúdos previstos na legislação, avaliando também a qualidade dessas informações, com enfoque no monitoramento e avaliação dos programas de abastecimento de água tratada e esgotamento sanitário, com o auxílio de um método híbrido multicritério de apoio à decisão. A metodologia compreendeu pesquisa bibliográfica e documental; adaptação do Roteiro de Avaliação de PMSB, no intuito de qualificar os planos; construção de um quadro lógico de programas de saneamento básico para a posterior proposição de indicadores candidatos e respectivas métricas; emprego de um método híbrido de apoio à decisão; e desenvolvimento de um estudo realizado no âmbito dos Programas de abastecimento de água tratada e esgotamento sanitário propostos pelo PMSB de Vitória, visando demonstrar a aplicabilidade do modelo. Destacam-se como resultados um novo modelo avaliação de PMSB e de monitoramento e avaliação (MA) de programas de saneamento básico, propostos pelos PMSBs; a ferramenta de seleção e classificação de indicadores visando à melhoria contínua de programas de saneamento básico e dos PMSBs; e um conjunto consistente de 17 indicadores de MA para o programa de abastecimento de água tratada e 14 indicadores para o programa de esgotamento sanitário do PMSB de Vitória.

PALAVRAS-CHAVE: Plano municipal de saneamento básico; Indicadores e métricas; Métodos

multicritério de apoio à decisão; AHP-TOPSIS.

1. INTRODUÇÃO

Visando a universalização dos serviços de saneamento e melhoria das condições sanitárias dos municípios brasileiros, foi promulgada em 2007 a Lei Nº. 11.445 - Política Nacional de Saneamento Básico, que determina diretrizes nacionais para o setor, instaurando princípios de universalidade, integralidade e controle social como fatores diferenciais na luta pela qualidade de vida, proporcionando a todos, o direito de acesso ao saneamento básico. A Lei 11.445/07 estabelece a obrigatoriedade da elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), englobando todo o território do município no intuito de eliminar ou minimamente reduzir a distribuição desigual do acesso aos serviços de saneamento. O PMSB atua como uma ferramenta estratégica de gestão para as prefeituras, titulares do serviço.

A necessidade de compreender questões relativas à universalização dos serviços de saneamento básico no país, associada à notável problemática de se implementar as diretrizes previstas em lei, considerando seu direcionamento político-social, foi ponto de partida para a realização deste trabalho. Objetivando colaborar para reais avanços e melhorias no setor, este artigo tem por objetivo geral a proposição de um modelo de avaliação de PMSBs que permita identificar os conteúdos previstos na legislação, avaliando também a qualidade dessas informações, com enfoque no monitoramento e avaliação dos programas, projetos e ações necessárias para alcance das metas previstas pelo PMSB de Vitória para as áreas de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, com o auxílio de um método híbrido multicritério de apoio à decisão. Em termos específicos, o presente trabalho busca: (i) desenvolver roteiro de avaliação técnica para PMSB e modelo de monitoramento e avaliação de programas propostos por PMSB; e (ii) apresentar indicadores e métricas para integrar uma sistemática de monitoramento e avaliação dos programas propostos pelo PMSB.

Iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica e documental, para delimitação do tema central da pesquisa, aprofundando-se a revisão bibliográfica, no intuito de identificar metodologias para avaliação técnica PMSB. Em seguida, buscou-se estudos empíricos sobre métodos de monitoramento e apoio à decisão que pudessem nortear a modelagem de uma sistemática de MA de programas propostos pelos PMSBs. A modelagem compreendeu a construção de um roteiro de avaliação do plano por completo, de acordo com Roteiro de Avaliação de Plano Municipal de Saneamento Básico (Ministério das Cidades, 2016) e da construção do quadro lógico de um programa genérico de saneamento básico, de acordo com as orientações da W. K. Kellogg Foundation (2004); de Cassiolato e Gueresi (2010) e procedimentos do “Guia Metodológico de Indicadores de Programas” (Brasil,

2010). Na sequência foram propostos indicadores 'candidatos' e respectivas métricas referentes aos objetivos e resultados esperados dos referidos programas. O emprego de um método híbrido de apoio à decisão permitiu que indicadores e métricas de MA fossem selecionados e hierarquizados de forma objetiva e participativa. O método analítico hierárquico (AHP) foi adotado para a definição dos pesos dos critérios classificatórios e a técnica TOPSIS para hierarquização dos indicadores selecionados. Por fim, elaborou-se conclusões em relação às questões da presente pesquisa.

2. MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO

No intuito de contribuir com os titulares dos serviços públicos de saneamento, o Ministério das Cidades elaborou Roteiro de Avaliação de Plano Municipal de Saneamento Básico, tendo como base o conteúdo previsto na Lei nº 11.445/2007, no Decreto n° 7.217/2010 e na Resolução Recomendada nº 75/2009 do Conselho das Cidades, com o objetivo de identificar a intensidade com que esse conteúdo foi adotado no Plano, sem a pretensão de esgotar todas as possibilidades de avaliação (Ministério das Cidades, 2016).

O Ministério das Cidades (2016) orienta para realização da avaliação, obtenção do arquivo digital do Plano, leitura inicial e análise de conteúdo por meio de busca de palavras-chaves, utilizando de ferramentas de busca do software no qual o arquivo digital foi elaborado. Após localização das palavras, recomenda-se análise de conteúdo, verificando em que situação cada palavra-chave aparece e como deve ser considerada. O avaliador deve atribuir uma menção (cada item possui uma orientação de definição de menção a ser utilizada) a cada item avaliado, o que, ao final, permitirá uma avaliação global do Plano.

Evidencia-se que o roteiro tem como foco a verificação da presença ou ausência dos itens através da ferramenta de rastreio de palavras-chave. A ferramenta não se propõe a checar a profundidade, tampouco a qualidade do conteúdo presente no Plano. Desta forma, optou-se por adaptar a metodologia do Ministério das Cidades, de forma a obter resultados quanto ao conteúdo presente e também à qualidade de suas informações. Tal adaptação será apresentada no decorrer deste item.

O roteiro propõe uma Quadro de Conteúdo e Avaliação, composta por seis colunas (item, conteúdo do Plano, palavras-chaves, orientações para definir a menção, menção e justificativa/observação), em que se atribui menção "0, 2, 4, 6, 8 ou 10", sendo 2 (dois) pouco satisfatório e 10 (dez) muito satisfatório. A menção 0 (zero) equivale a item não identificado. Estas menções devem estar em acordo com a abrangência do conteúdo analisado e a forma como esse é apresentado no Plano, ou seja, o mesmo pode estar entre dois extremos, desde ser apenas citado até estar relatado com riqueza de detalhes (dados, gráficos, croquis, entre outros). Cada item somente pode

receber uma das seis menções previstas. Não havendo elementos para avaliar determinado item, o campo correspondente deve receber a menção 0 (zero). Recomenda-se que o avaliador utilize da coluna de "justificativa/ observação" para apresentar justificativas, esclarecimentos, comentários e críticas, de acordo com a análise realizada.

Destaca-se que o resultado global da avaliação corresponde à média aritmética simples das menções atribuídas a cada item. Esta média indica a classificação global, segundo a seguinte referência: Média menor ou igual a 10 e maior que 7: PLANO VERDE, conteúdo abrangente, abordando a maior parte do escopo necessário, sendo que a parte de conteúdo não incluída no Plano tende a não inibir o alcance de bons resultados na sua implementação; Média menor ou igual a 7 e maior que 4: PLANO AMARELO, contempla de forma moderada o conteúdo necessário, sendo que a parte de conteúdo não incluída pode inibir o alcance de melhores resultados na sua implementação, podendo ser necessário antecipar a revisão do Plano para incorporar este conteúdo faltante; e Média menor ou igual a 4: PLANO VERMELHO, contempla parte pequena do conteúdo necessário, com tendência de não atingir bons resultados na sua implementação, sendo necessário revisar imediatamente o Plano.

Conforme mencionado anteriormente, no intuito de obter resultados mais profundos e checar a qualidade de suas informações, propõem-se três adaptações ao roteiro elaborado pelo Ministério das Cidades.

Com o objetivo de realizar uma avaliação mais profunda e detalhada das quatro vertentes do saneamento básico, sugere-se alteração nos blocos de avaliação para que seja possível verificar os pontos fortes e fracos de cada item, sendo assim, alguns itens do roteiro original foram desmembrados. Outra alteração proposta para os blocos de avaliação é o agrupamento de itens que apresentam conteúdo similar, transformando-os em um único item, para que sejam avaliados de forma mais criteriosa.

Outra sugestão de alteração refere-se às menções propostas pelo roteiro original. Sugere-se a adoção de notas de 0 (zero) a 5 (cinco), sendo seis notas possíveis (0, 1, 2, 3, 4 e 5), aumentando o valor da nota atribuída de acordo com o detalhamento das informações e qualidade do conteúdo apresentado, conforme recomendado no Roteiro do Ministério das Cidades, mantendo-se a necessidade de utilizar a coluna de "justificativa/observação" para apresentar justificativas, esclarecimentos, comentários e críticas, de acordo com a análise realizada.

A última alteração proposta está relacionada aos pesos estabelecidos para cada item avaliado. Sugere-se que sejam adotados valores diferentes para os pesos estabelecidos para cada item avaliado conforme a sua importância para elaboração do conteúdo do Plano, variando de 1 (um) a 3 (três), sendo 1 (um) menos relevante e 3 (três) muito relevante. A nota global

se dá pela média ponderada de todos os itens avaliados no roteiro, sendo: (i) Plano verde – nota maior ou igual que 4 a 5; (ii) Plano amarelo – nota maior ou igual a 3 e menor que 4; e (iii) Plano vermelho – nota menor que 3.

O roteiro final proposto para esta pesquisa está organizado em um conjunto de 9 blocos e pretende avaliar 45 itens, enquanto que o roteiro de avaliação para Planos Municipais de Saneamento Básico proposto pelo Ministério das Cidades está organizado em um conjunto de 8 blocos e avalia 42 itens.

Afirma-se que as ferramentas de monitoramento e avaliação (MA) são ferramentas primordiais na gestão de programas governamentais, sendo definida como um conjunto de atividades de acompanhamento, análise, medição de resultados e indicadores de desempenho, com a finalidade de subsidiar a tomada de decisão no que se refere às intervenções necessárias para aprimorar, confirmar ou corrigir as ações em foco.

Desta forma, ratifica-se que as ferramentas de monitoramento e avaliação são um conjunto de atividades intrínsecas ao processo de gestão de programas, destinadas à sistematização de informação quanto aos aspectos considerados críticos para seu sucesso.

Visando a proposição de indicadores e métricas de monitoramento e avaliação de desempenho de programas governamentais, recomenda-se a adoção metodológica da construção de quadro lógico (Ferreira, Cassiolato e Gonzalez, 2007; 2009; Cassiolato e Gueressi, 2010; Pfeiffer, 2000). Citada metodologia propõe organizar as ações que integram um programa, de forma articulada aos resultados esperados, apresentando também as hipóteses e as ideias que dão sentido à intervenção. Através de uma representação gráfica, o quadro lógico busca configurar um desenho do funcionamento do programa, que possibilite na maioria das vezes, a resolução dos problemas identificados. Os elementos do quadro lógico abrangem recursos, ações, produtos, objetivos, resultados intermediários e finais, assim como as hipóteses que suportam essas relações e as influências das variáveis relevantes do contexto de um programa.

Para construção do quadro lógico para monitoramento e avaliação dos programas de abastecimento de água tratada e esgotamento sanitário propostos pelo PMSB de Vitória, devem ser definidos três componentes: (i) explicação do problema e referências básicas do programa (objetivos, público-alvo e beneficiários); (ii) estruturação do programa para alcance de resultados (resultados finais e impactos); e (iii) identificação de fatores relevantes do contexto, que são variáveis relevantes que se encontram fora da governabilidade dos responsáveis pela implementação do programa.

Na perspectiva da modelagem almejada, o quadro lógico deve ser capaz de definir os indicadores e métricas para monitoramento e avaliação de seu desempenho ao longo do tempo, focando em resultados alcançados

e os impactos de suas ações e iniciativas, orientando assim na estratégia de execução de um determinado.

O processo de formulação do quadro lógico de um programa busca contribuir para garantir as seguintes condições: (i) definição clara e plausível dos objetivos e resultados esperados do programa; (ii) identificação de indicadores relevantes de desempenho, que possam ser obtidos a um custo razoável; e (iii) comprometimento dos gestores do programa com o que está proposto no quadro lógico. (Cassiolato e Gueresi 2010).

Diante dos conceitos apresentados afirma-se que a construção do quadro lógico exerce extrema importância durante o processo de monitoramento e avaliação de programas governamentais, visto que através do quadro torna-se possível identificar o que o programa almeja alcançar, além de entender como se espera alcançar através da articulação das hipóteses e expectativas que constituem a estrutura do programa e o seu funcionamento esperado.

Importa destacar que o modelo conceitual de monitoramento e avaliação que será exposto no decorrer desse item foi proposto de acordo com o referencial teórico abordado anteriormente. Ressalta-se que o referido modelo é dividido em seis etapas, sendo elas: (i) Construção do quadro lógico de um programa municipal de saneamento básico programa genérico; (ii) Identificação dos interessados nos resultados do programa; (iii) Definição e classificação dos indicadores 'candidatos' para monitorar e avaliar o programa; (iv) Definição dos critérios para seleção dos indicadores 'candidatos' e hierarquização dos indicadores selecionados; (v) Construção da matriz de avaliação de indicadores de MA do programa, com suporte do método híbrido AHP-TOPSIS; e (vi) Proposição dos indicadores e métricas para monitorar e avaliar o programa.

Etapa 1: Construção do quadro lógico do programa - O processo de formulação do quadro lógico deverá fornecer tributos que garantam: (i) definição clara e plausível dos objetivos e metas do programa em horizontes temporais estabelecidos previamente; (ii) identificação de indicadores relevantes de desempenho, que possam ser obtidos a um custo razoável; e (iii) comprometimento dos gestores do programa com o que está sendo proposto no quadro lógico. A tabela 1, a seguir, apresenta um esquema básico para construção do quadro lógico de um programa municipal de saneamento básico, previsto através do PMSB, na perspectiva de se definir indicadores e métricas de seu desempenho em horizontes temporais previamente estabelecidos.

Tabela 1 – Esquema básico para construção do quadro lógico de um programa municipal de saneamento básico, previsto através do PMSB.

Hierarquia dos objetivos	Objetivos	Ações	Resultados esperados	Indicadores candidatos
Objetivos permanentes				
Objetivos de curto prazo (CP)				
Objetivos de médio prazo (MP)				
Objetivos de longo prazo (LP)				

Salienta-se que a modelagem de construção do quadro lógico proposto deve nortear a definição dos indicadores e métricas para o monitoramento e avaliação de seu desempenho ao longo do tempo, focalizando-se ações/ iniciativas e metas em distintos horizontes temporais.

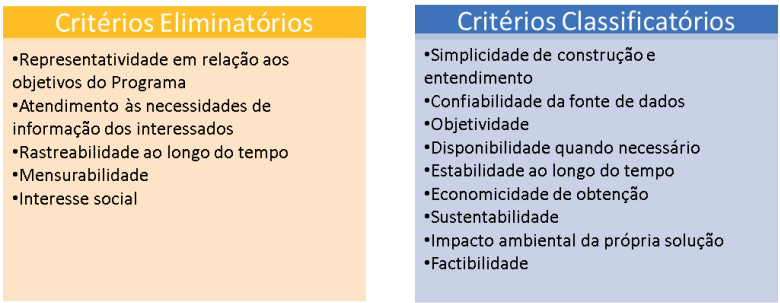
Etapa 2: Identificação dos interessados nos resultados do programa - Na execução de programas de saneamento básico, os benefícios da sua implantação, muitas vezes ocorrerem em setores diferentes, em geral naqueles relacionados com a saúde da população, ou seja, deve-se considerar que a maior parte dos programas trará benefícios diretos e indiretos a diversos órgãos da Administração Pública, como também aos envolvidos em temas transversais.

Etapa 3: Definição e classificação dos indicadores candidatos para monitorar e avaliar os resultados do programa - Salienta-se que os indicadores podem ser conceitos da seguinte forma para os programas municipais de saneamento básico. Indicadores-chave: expressam o conceito ou dimensão mais relevante dos objetivos propostos pelo programa. Programas que ofertam bens e/ou serviços para a sociedade (programas finalísticos) devem possuir pelo menor um indicador desse tipo; Indicadores complementares: são medidas que expressam tanto a dimensão mais relevante, quanto as dimensões inseridas nos objetivos do programa em foco; e Indicadores específicos: expressam necessidades próprias de determinados interessadas nos resultados do programa de saneamento ou outras especificidades quaisquer inerentes ao conceito a ser medido, quando os tipos de indicadores anteriores não cumprirem essas funções.

Etapa 4: Definição dos critérios para seleção dos indicadores candidatos e hierarquização dos indicadores selecionados - O “Guia Metodológico de Construção de Indicadores de Programas” (Brasil, 2010) recomenda que sejam adotados critérios de dois tipos: [1] eliminatórios, que são os critérios que devem ser obrigatoriamente atendidos pelo indicador candidato, caso contrário ele deverá ser descartado; e [2] classificatórios,

que servem para hierarquizar os indicadores candidatos, possibilitando uma avaliação quantitativa, que contribuirá para uma seleção mais objetiva das medidas de desempenho. Esses critérios servirão de base para a seleção e hierarquização dos chamados indicadores candidatos que integram o quadro lógico do programa de saneamento. Alguns dos critérios (eliminatórios e/ou classificatórios) mais comuns utilizados para a seleção de indicadores do programa de saneamento básico são apresentados na figura 1.

Figura 1 – Critérios sugeridos para seleção de indicadores de um programa de saneamento básico.



Fonte: Adaptado Brasil (2010, p. 57-58).

Etapa 5: Construção da matriz de avaliação quantitativa de indicadores de MA com suporte do método hibrido multicritério AHP-TOPSIS- Em concordância com o apresentado na etapa 4, os indicadores candidatos integram o quadro lógico do programa de saneamento básico proposto pelo PMSB, entretanto, antes de se realizar o mapeamento desses indicadores, faz-se necessário conhecer e diferenciar os indicadores simples e compostos. Adota-se a ferramenta "Matriz de avaliação quantitativa de indicadores", desta forma, no que se refere à aplicação dos critérios, adota-se para os critérios eliminatórios o preenchimento das células (linha do indicador candidato), da seguinte forma: (i) não atende, indicado por 0; e (ii) atende, indicado por 1. Para os critérios classificatórios utilizam-se as escalas abaixo, seguindo a orientação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão: Grau de importância do critério (peso): baixa (3); média (5); alta (7) e muito alta (9); e Grau de atendimento do indicador ao critério: nenhum (0); atende parcialmente (1); e atende totalmente (2).

Na adoção dessa ferramenta optou-se pelo uso de escalas sugeridas pelos autores dos métodos AHP e TOPSIS. Esta ferramenta possibilita que os indicadores sejam organizados em forma de um ranking, em conformidade com o atendimento aos critérios pré-definidos. A fórmula proposta no "Guia Metodológico de Construção de Indicadores de Programas" (Brasil, 2010)

para cálculo do total de pontos alcançado para cada indicador foi substituída pelos algoritmos do método híbrido multicritério (AHP-TOPSIS). A partir do ranking realiza-se análise qualitativa. Através dessa hierarquização dos indicadores selecionados, mediante o uso da técnica TOPSIS, os gestores dos programas de saneamento básico propostos pelo PMSB podem optar pelos indicadores de maior classificação, ou seja, aqueles que melhor expressam os resultados esperados.

Torna-se importante destacar que para a seleção dos indicadores candidatos, foram utilizadas as experiências de gestores especializados em programas de saneamento básico, e para a validação dos indicadores selecionados, foi realizada uma verificação final da conformidade e pertinência dos indicadores, conforme listagem apresenta na etapa 6.

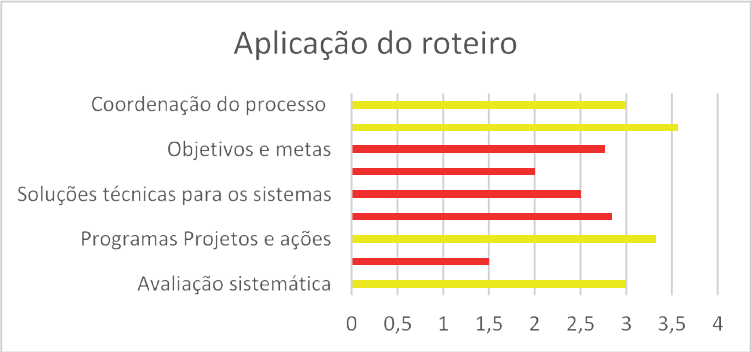
Etapa 6: Proposição de indicadores e métricas para monitorar e avaliar os resultados do Programa - Conforme mencionado anteriormente, para a seleção dos indicadores candidatos, deve-se utilizar da experiência de gestores especializados em programas de saneamento básico, e para a validação dos indicadores selecionados, deve-se realizar uma verificação final da conformidade e pertinência dos indicadores, conforme o atendimento aos requisitos, optando pela seguinte lista de verificação: (1) Os indicadores escolhidos são válidos em relação ao objetivo de um programa de saneamento básico proposto pelo PMSB?; (2) Eles são mensuráveis; (3) São metodologicamente confiáveis?; (4) São de simples entendimento?; (5) São objetivos?; (6) Atendem às necessidades de informação dos interessados; (7) Estão disponíveis quando necessários?; (8) São estáveis ao longo do tempo; (9) São rastreáveis; e (10) São economicamente viáveis de obtenção?.

A referida listagem deve ser totalmente aplicada, avaliando a pertinência de se manter ou substituir um ou mais indicadores escolhidos, bem como da revisão do modelo conceitual de um programa de saneamento básico proposto pelo PMSB.

Os atributos descritivos dos indicadores escolhidos para o programa em questão, nesta última etapa, foram definidos conforme a identidade dos indicadores no cadastramento.

Frente à aplicação do roteiro no Plano Municipal de Saneamento Básico de Vitória, serão aqui apresentadas também sugestões de melhorias. A figura 2 apresenta os resultados obtidos em cada categoria de avaliação para o PMSB de Vitória.

Figura 2 – Resultados da aplicação do Roteiro para o PMSB de Vitória.



As barras em vermelho indicam os blocos avaliados que apresentaram média abaixo de 3,00, sendo estes os que merecem mais atenção na revisão do Plano, enquanto as barras amarelas são relativas aos resultados que apresentaram valores entre 3,00 e 4,00, contemplando de forma moderada o conteúdo necessário.

A nota atribuída ao Bloco I – Coordenação do Processo, pode ser fundamentada pelas orientações para definição da avaliação, uma vez que o PMSB foi elaborado por terceiro (empresa privada) sob coordenação do município com formação de comitês de coordenação e executivo.

Para o Bloco II – Diagnóstico Urbano e Rural, observou-se que as caracterizações gerais e ambientais do município foram realizadas de forma muito sucinta, necessitando de maiores níveis de detalhamento, visto que a apresentação e compreensão do município se torna item de extrema importância para o diagnóstico municipal. Os itens 4 a 6 do roteiro, relativos à situação dos serviços de saneamento receberam nota máxima na avaliação. O item 7, juntamente com o item 2 e 3, foi responsável pela redução da nota desse bloco. Ao analisar a utilização de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais, hidrológicos e socioeconômicos no Plano, observou-se que quando se refere a indicadores hídricos para avaliação do atendimento da qualidade da água distribuída, o PMSB de Vitória refere-se à Portaria nº 518/2004, porém já está em vigor a portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011 (aprovada e em vigência antes da elaboração do PMSB em estudo), que substituiu a 518/2004.

No Bloco III – Objetivos e Metas, observa-se claramente que as metas estabelecidas para abastecimento de água e esgotamento sanitário não englobam todos os objetivos específicos listados, não havendo detalhamento de metas. Tal ponto afeta tanto a avaliação das metas quanto a avaliação dos objetivos. Por último, a falta de detalhamento da compatibilidade do PMSB com os planos de bacia hidrográfica justifica a média obtida nesse bloco.

A nota atribuída ao Bloco IV – Construção de Cenários, pode ser justificada pela limitação observada no detalhamento de cenários e projeções populacionais. É fundamental que este item seja revisado e tenha riqueza de detalhes, para que cumpra o conteúdo mínimo previsto.

No Bloco V – Soluções Técnicas para o Sistema, é apontado como principal responsável para a nota baixa atribuída ao bloco, a ausência da contabilização da população de baixa renda e detalhamento para soluções específicas para essa população.

O Bloco VI – Medidas Estruturantes e de Gestão foi diretamente impactado pelo item 30 (Articulação com o Plano de Segurança da Água). Neste item o PMSB de Vitória recebeu nota zero pois no Plano não há menção do Plano de Segurança da Água.

O Bloco VII – Programas, Projetos e Ações receberam nota acima de 3, entretanto observou-se que os programas propostos para os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário foram pouco detalhados, não tendo os projetos necessários e detalhamento suficiente dos programas.

O Bloco VIII – Divulgação e Participação Social, é o bloco com menor média, pela ausência de submissão e discussão do plano com órgãos de controle local.

O Bloco IX – Avaliação Sistemática, último bloco do roteiro desenvolvido, obteve nota mediana influenciada pela utilização de portaria revogada para indicador de qualidade de água distribuída. O PMSB refere-se à portaria nº 518/2004, substituída pela portaria 2.914 de 12 de dezembro de. Vale destacar que o Plano recomenda a adoção da Resolução Conama 357/2005 para controle e monitoramento dos efluentes líquidos provenientes dos sistemas de esgotamento sanitário, entretanto esta resolução foi substituída pela Resolução Conama 430/2011.

A média ponderada obtida como resultado final foi de 3,04, caracterizando um Plano Amarelo, indicando que o Plano contempla de forma moderada o conteúdo necessário, sendo que a parte de conteúdo não incluída pode inibir o alcance de melhores resultados na sua implementação, podendo ser necessário antecipar a revisão do Plano para incorporar este conteúdo faltante.

Observa-se através das notas atribuídas no roteiro que há variações entre os blocos avaliados. As médias dos blocos variam entre 1,50 (Divulgação e Participação Social) e 3,57 (Diagnóstico urbano e rural), havendo ainda notas zero atribuídas à falta de informações, tal como a não existência de descrição da submissão do Plano aos órgãos de controle local, e a não menção do Plano de Segurança da Água. A homogeneidade das médias indica que as melhorias devem ser distribuídas em todos os blocos.

Etapa 1 - Construção do quadro lógico do programa, tabela 2.

Tabela 2 – Quadro lógico dos Programas de abastecimento de água tratada e esgotamento sanitário do PMSB de Vitória.

Programa de abastecimento de água tratada				
Hierarquia dos objetivos	**Objetivo**	**Ações**	**Resultados esperados**	**Indicadores candidatos**
Objetivos permanentes	Preservar os mananciais aquíferos quanto a infiltração de esgoto doméstico e a redução da vazão de recarga por impermeabilização do solo	Ações de proteção e preservação dos mananciais do Rio Jucu e Santa Maria da Vitória.	Ampliação do índice de cobertura entre os anos de 2014 a 2044, Redução de perda de água na distribuição entre os anos de 2014 a 2044 e melhorias de intermitência dos sistemas até o ano de 2035.	Iqma
	Atender a demanda de abastecimento de água nas regiões de cota elevada	Atender toda a demanda de abastecimento de água		Icc
	Reformar, modernizar e ampliar a reservação de água buscando atendimento permanente das demandas de consumo	Conhecer a demanda real dos sistemas de abastecimento de água		Cra
	Reformar/substituir as adutoras de água tratada localizadas em áreas sujeitas a risco e/ou adutoras limitadas pela vida útil e/ou dimensionamento	Reforçar ou desativar as adutoras de água tratada localizadas em áreas de risco		Ar
				Ad
	Reduzir o consumo per capita de água	Realizar ações voltadas à diminuição do consumo de água e corrigir os vazamentos identificados		Cpercapita
	Reduzir as perdas de faturamento no SAA	Solicitar cadastro técnico atualizado dos SAAs pela prestadora do serviço		Ipf
	Eliminar as manchas de deficiência e intermitência no abastecimento de água	Realizar a gestão compartilhada dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento de água dos municípios da Região Metropolitana da Grande Vitória		Ei

Objetivos imediatos	Ampliação do índice de cobertura de 99,4% para 100% em 2016	Estudar e avaliar sistemas de abastecimento de água, visando a sua integração operacional (I)	Alcançar a universalização do acesso aos serviços de abastecimento de água. Abastecer a população com água de qualidade. Aumentar a eficiência dos serviços de abastecimento em operação	Ica
		Fortalecer e intensificar o monitoramento permanente da qualidade da água para o consumo humano. (II)		Iqa
		Avaliar e regularizar as soluções propostas para as alternativas ótimas de projeto; (III)		Iua
	Redução da perda de água na distribuição de 27% para 25% em 2016	Reduzir as perdas físicas nos SAAs, orientando o planejamento das ações de expansão e modernização de cada SAA (IV)	Reduzir as perdas de distribuição	Icp
Objetivos de curto prazo	Manter o índice de 100% da cobertura	(I)		Ica
		(II)		Iqa
		(III)		Iua
	Redução da perda de água na distribuição de 25% para 24% em 2020	(IV)		Icp
Objetivos de médio prazo	Manter o índice de 100% da cobertura	(I)		Ica
		(II)		Iqa
		(III)		Iua
	Redução da perda de água na distribuição de 24% para 23% em 2035	(IV)		Icp
Objetivos de longo prazo	Manter o índice de 100% da cobertura	(I)		Ica
		(II)		Iqa
		(III)		Iua
	Redução da perda de água na distribuição de 23% para 21% em 2044	(IV)		Icp

Programa de esgotamento sanitário				
Hierarquia dos objetivos	**Objetivo**	**Ações**	**Resultados esperados**	**Indicadores candidatos**
Objetivos permanentes	Promover o aumento da eficiência dos serviços de esgoto em operação;	Elaborar plano de prevenção contra panes para unidades do sistema de esgotamento sanitário. Realizar a manutenção preventiva e corretiva dos sistemas de esgotamento sanitário	Ampliação e melhoria nos sistemas existentes entre os anos de 2015 a 2035, através de execução de obras e serviços. Ampliação do índice de cobertura entre os anos de 2014 a 2044, de acordo com a execução de obras e serviços	Iise
	Regularizar e fiscalizar as atividades de limpa fossa;	Realizar supervisão de obras dos sistemas de esgotamento sanitário		Lf
	Efetivar as ligações prediais de esgotos, nos sistemas coletivos;	Realizar levantamento cadastral e mapeamento georreferenciado do setor de esgotamento sanitário para atualizar e disponibilizar os dados técnicos do setor de esgotamento sanitário		Lp
	Eliminar as ligações irregulares e clandestinas na rede coletora de esgoto	Realizar ações educativas e de fiscalização visando à erradicação de ligações clandestinas.		Li
	Realizar estudo para viabilizar o reaproveitamento dos efluentes passíveis de novos usos;	Destinar adequadamente os efluentes líquidos e os lodos gerados nas ETEs;		Re
	Licenciar as unidades que compõem os sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários.	Promover assistência técnica nas etapas de projeto e execução de sistemas individuais de tratamento		Uli

Objetivos imediatos	Ampliação do índice de cobertura de 79,6% para 90,9% em 2016	Ampliar a cobertura sistemas de esgotamento sanitário, com metas progressivas (V)	Expandir os serviços de esgotamento sanitário para possibilitar a universalização do acesso. Reduzir os passivos ambientais promovendo condições favoráveis à qualidade de vida da cidade. Aumentar a eficiência dos serviços de esgoto em operação	Ice
		Atender à legislação quanto ao licenciamento ambiental e outorga para lançamento dos sistemas de esgotamento sanitário. Realizar controle e monitoramento dos efluentes líquidos provenientes dos sistemas de esgotamento sanitário (SES) de acordo com a Resolução do CONAMA nº 430/2011 (VI)		Ite
		Reformar, ampliar e modernizar os SESs, visando o atendimento permanente às demandas de serviço (VII)		Iue
Objetivos de curto prazo	Ampliação do índice de cobertura de 90,9% para 95,5% para 2020	(V)		Ice
		(VI)		Ite
		(VII)		Iue
Objetivos de médio prazo	Ampliação do índice de cobertura de 95,5% para 100% 2025	(V)		Ice
		(VI)		Ite
		(VII)		Iue
Objetivos de longo prazo	Manter o atendimento do índice de 100% (até 2044)	(V)		Ice
		(VI)		Ite
		(VII)		Iue

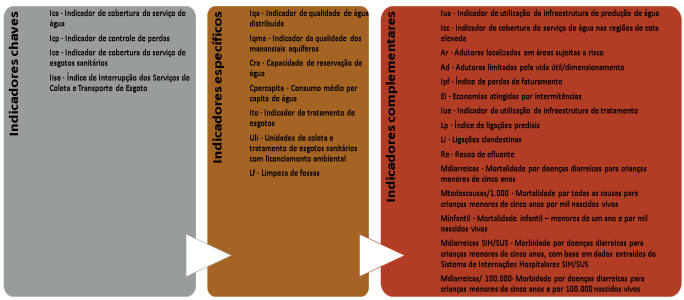
Fonte: Elaboração própria.

Etapa 2 - Identificação dos interessados nos resultados dos Programas: Os Programas em estudo podem gerar benefícios para a Sociedade civil, as Secretarias Municipais envolvidas na elaboração do programa e Prestadores de serviço de saneamento.

Etapa 3 - Definição e classificação dos indicadores candidatos para

monitorar e avaliar os Programas: A figura3 apresenta a classificação dos indicadores candidatos de MA dos Programas de abastecimento de água tratada e esgotamento sanitário do PMSB de Vitória, constantes do quadro lógico. Destaca-se que a tabela 2 não engloba os indicadores epidemiológicos, pois os programas não preveem ações, metas e objetivo, entretanto entende-se que tais indicadores são de extrema importância para avaliação da melhoria dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Figura 3 – Classificação dos indicadores candidatos de MA dos Programas.



Etapa 4 - Definição dos critérios para seleção e hierarquização dos indicadores de MA dos Programas: Ressalta-se que esses critérios podem ser [1] critérios eliminatórios, quando devem ser obrigatoriamente atendidos pelo indicador 'candidato' (caso não atenda, o indicador deve ser descartado); e [2] critérios classificatórios, para hierarquização dos indicadores selecionados, com suporte do método híbrido AHP-TOPSIS. Os critérios adotados para os Programas em estudos encontram-se sintetizados na figura 4.

Figura 4 – Definição dos critérios eliminatórios e classificatórios de indicadores de MA dos Programas de abastecimento de água e esgotamento sanitário do PMSB de Vitória.

Critérios eliminatórios

- C1: Representatividade em relação aos objetivos do Programa - Qualidade na mensuração de resultados em relação aos objetivos e metas do Programa.
- C2: Atendimento às necessidades de informação dos interessados - Deve atender às necessidades de informação dos interessados sobre os resultados dos Programas de abastecimento de água e esgotamento sanitário do PMSB de Vitória
- C3: Mensurabilidade - Deve contar com uma capacidade de mensuração, além de uma ótima precisão sem ambiguidade.
- C4: Rastreabilidade ao longo do tempo - Deve ser rastreável e conter informações necessárias de fontes confiáveis nos horizontes pré-definidos.

Critérios classificatórios

- C5: Simplicidade de construção e entendimento - Deve ser simples, claro e inteligível, para facilitar a mensuração e resultados obtidos através dele.
- C6: Confiabilidade da fonte- Deve ser proveniente de fontes seguras, íntegras, sem a possibilidade de manipulação de resultados.
- C7: Disponibilidade quando for necessário - Deve estar disponível em qualquer momento para que se possam adotar medidas preventivas ou corretivas de desvios dos objetivos do Programa.
- C8: Aderência à escala temporal desejada - Deve representar a mensuração de resultados de curto, médio e longo prazo, conforme necessidades dos interessados.
- C9: Economia de obtenção - Deve ser viável economicamente
- C10: Sustentabilidade - Deve haver previsão de uso de recursos renováveis no desenvolvimento de soluções
- C11: Impacto ambiental da própria solução - Deve considerar aspectos de proteção ao meio ambiente ao longo da vida útil dos equipamentos, construções, serviços etc.

Etapa 5 - Construção das matrizes de avaliação quantitativa de indicadores de MA dos Programas: As matrizes de avaliação quantitativa de indicadores de monitoramento e avaliação dos programas de abastecimento de água e esgotamento sanitário propostos pelo PMSB de Vitória foram construídas a partir dos resultados apresentados no quadro lógico dos programas, na classificação dos indicadores candidatos e na definição dos critérios eliminatórios e classificatórios de indicadores de MA .

Ressalta-se que as matrizes de avaliação são compostas por linhas que contemplam os indicadores 'candidatos' que foram propostos para MA dos Programas e colunas que possuem informações sobre o tipo do indicador, a natureza do critério de seleção e pesos dos critérios classificatórios, definidos com suporte do método AHP. Importa destacar que os indicadores referentes aos objetivos permanentes dos programas não foram considerados indicadores candidatos, desta forma não foram considerados nas matrizes de avaliação quantitativa de indicadores 'candidatos' de MA, visto que tais indicadores foram definidos previamente como indicadores-chave, devendo ser inclusos no conjunto de indicadores e métricas que será proposto para os Programas de abastecimento de água e esgotamento sanitário do PMSB de Vitória.

Para a definição dos pesos dos critérios classificatórios, utilizou-se do método AHP, além de consultas com especialistas da área de saneamento básico, sob coordenação da pesquisadora. As comparações dos critérios foram realizadas à luz dos objetivos e interesses dos stakeholders dos Programas em estudo.

Torna-se importante destacar que o programa utilizado para realizar as comparações pareadas dos critérios classificatórios (simplicidade de construção e entendimento (C5); confiabilidade da fonte (C6); disponibilidade, quando for necessário (C7); aderência à escala temporal desejada (C8); economia de obtenção (C9); sustentabilidade (C10); impacto da própria solução (C11)), foi o sistema computacional IPÊ versão 1.0. Desenvolvido pela Universidade Federal Fluminense (UFF) o sistema possibilita que o usuário desenvolva e implemente modelos multicritério de apoio à decisão, tendo como base o Método de Análise Hierárquica (AHP). Após realização das comparações pareadas, realizou-se o cálculo dos pesos dos critérios, no intuito de hierarquizar os indicadores dos Programas em estudo. Desta forma a figura 5 apresenta os pesos obtidos para cada um dos critérios classificatórios e a "Razão de Consistência" (RC) das avaliações realizadas.

Figura 5 – Pesos dos critérios classificatórios e razões de consistência (RC).



Segundo a descrição do método AHP, os valores para RC devem ser sempre menores que 0,1, sendo assim o valor de RC obtido, RC = 0,051, está de acordo com o esperado. Afirma-se, portanto, que as comparações entre critérios foram realizadas de forma correta. Posteriormente a realização da comparação pareada dos critérios classificatórios, com definição dos pesos desses critérios, utilizou-se da técnica TOPSIS para hierarquização dos indicadores selecionados (algoritmo em Excel, customizado para o estudo de caso). A figura 6 apresenta a matriz de avaliação quantitativa dos indicadores 'candidatos' do programa de abastecimento de água.

Figura 6 – Matriz de avaliação quantitativa de indicadores de MA propostos para o Programa de abastecimento de água.

Indicador	Tipo de indicador			Natureza do critério																			
				Eliminatórios				Classificatórios															
								C5		C6		C7		C8		C9		C10		C11			
	Chave	Complementar	Específico	C1	C2	C3	C4	Atende	Peso	Atende	Peso	Atende	Peso	Atende	Peso	Atende	Peso	Atende	Peso	Atende	Peso		
Ica	X			1	1	1	1	9	0,153	6	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	8	0,088	9	0,115		
Iga			X	1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	9	0,088	9	0,115		
Icp	X			1	1	1	1	7	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	9	0,058	9	0,088	9	0,115		
Iua		X		1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	9	0,058	7	0,088	8	0,115		
Iqma			X	1	1	1	1	8	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	9	0,088	9	0,115		
Icc		X		1	1	1	1	9	0,153	6	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	8	0,088	9	0,115		
Cra			X	1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	9	0,088	9	0,115		
Ar		X		1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	9	0,058	8	0,088	8	0,115		
Ad		X		1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	8	0,099	9	0,223	9	0,058	8	0,088	7	0,115		
Cpercapita			X	1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	9	0,058	9	0,088	9	0,115		
Ipf		X		1	1	1	1	7	0,153	6	0,264	7	0,099	9	0,223	8	0,058	8	0,088	9	0,115		
Ei		X		1	1	1	1	8	0,153	9	0,264	8	0,099	9	0,223	9	0,058	9	0,088	9	0,115		
Mdiarreicas		X		1	1	1	1	7	0,153	7	0,264	9	0,099	9	0,223	7	0,058	0	0,088	0	0,115		
Mtodascausas/1.000		X		1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	0	0,088	0	0,115		
Minfantil		X		1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	0	0,088	0	0,115		
Mdiarreicas SIH/SUS		X		1	1	1	1	7	0,153	7	0,264	9	0,099	9	0,223	7	0,058	0	0,088	0	0,115		
Mdiarreicas / 100.000		X		1	1	1	1	7	0,153	7	0,264	9	0,099	9	0,223	7	0,058	0	0,088	0	0,115		

Após cálculo das distâncias euclidianas, foram definidas as proximidades relativas de cada indicador em relação à PIS (ξ), e a hierarquização dos indicadores do programa de abastecimento de água do

PMSB de Vitória, com o suporte da técnica TOPSIS, apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 - Proximidades relativas dos indicadores em relação à PIS e hierarquização dos indicadores de MA do Programa de abastecimento de água.

REF.	Proximidade relativa ξ	Posição	REF.	Proximidade relativa ξ	Posição
Cpercapita	1,00	1º	**Ica**	0,72	7º
Iqa	0,95	2º	**Icc**	0,72	7º
Cra	0,95	2º	**Ipf**	0,67	8º
Iqma	0,91	3º	**Mtodascausas/1.000**	0,31	9º
Ar	0,90	4º	**Minfantil**	0,31	9º
Ei	0,90	4º	**Mdiarreicas**	0,16	10º
Icp	0,85	5º	**Mdiarreicas SIH/SUS**	0,16	10º
Iua	0,85	5º	**Mdiarreicas/ 100.000**	0,16	10º
Ad	0,83	6º			

A figura 7 apresenta a matriz de avaliação quantitativa dos indicadores 'candidatos' do programa de esgotamento sanitário.

Figura 7 – Matriz de avaliação quantitativa de indicadores de MA propostos para o Programa de abastecimento de água.

Indicador	Tipo de indicador			Natureza do critério																	
				Eliminatórios				Classificatórios													
								C5		C6		C7		C8		C9		C10		C11	
	Chave	Complementar	Específico	C1	C2	C3	C4	Atende	Peso	Atende	Peso	Atende	Peso	Atende	Peso	Atende	Peso	Atende	Peso	Atende	Peso
Ice	X			1	1	1	1	9	0,153	6	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	8	0,088	9	0,115
Ite			X	1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	9	0,088	9	0,115
Iue		X		1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	9	0,058	7	0,088	8	0,115
Iise	X			1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	9	0,058	9	0,088	9	0,115
Lf			X	1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	9	0,058	9	0,088	9	0,115
Lp		X		1	1	1	1	8	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	9	0,058	9	0,088	9	0,115
Li		X		1	1	1	1	7	0,153	7	0,264	9	0,099	9	0,223	7	0,058	8	0,088	8	0,115
Re		X		1	1	1	1	8	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	9	0,088	9	0,115
Uli			X	1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	9	0,058	9	0,088	9	0,115
Mdiarreicas		X		1	1	1	1	7	0,153	7	0,264	9	0,099	9	0,223	7	0,058	0	0,088	0	0,115
Mtodascausas/1.000		X		1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	0	0,088	0	0,115
Minfantil Mortalidade infantil		X		1	1	1	1	9	0,153	9	0,264	9	0,099	9	0,223	8	0,058	0	0,088	0	0,115
Mdiarreicas SIH/SUS		X		1	1	1	1	7	0,153	7	0,264	9	0,099	9	0,223	7	0,058	0	0,088	0	0,115
Mdiarreicas / 100.000		X		1	1	1	1	7	0,153	7	0,264	9	0,099	9	0,223	7	0,058	0	0,088	0	0,115

Após cálculo das distâncias euclidianas, foram definidas as proximidades relativas de cada indicador em relação à PIS (ξ), e a hierarquização dos indicadores do programa de esgotamento sanitário do PMSB de Vitória, com o suporte da técnica TOPSIS, apresentadas na tabela 4.

Tabela 4 – Proximidades relativas dos indicadores em relação à PIS e hierarquização dos indicadores de MA do Programa esgotamento sanitário

REF.	Proximidade relativa ξ	Posição		REF.	Proximidade relativa ξ	Posição
Uli	1,00	**1º**		**Li**	0,72	**6º**
Iise	1,00	**1º**		**Ice**	0,71	**7º**
Lf	1,00	**1º**		**Mtodascausas/ 1.000**	0,30	**8º**
Ite	0,95	**2º**		**Minfantil**	0,30	**8º**
Lp	0,92	**3º**		**Mdiarreicas**	0,11	**9º**
Re	0,90	**4º**		**Mdiarreicas SIH/SUS**	0,11	**9º**
Iue	0,85	**5º**		**Mdiarreicas/ 100.000**	0,11	**9º**

3. CONCLUSÃO

As críticas realizadas ao Plano Municipal de Saneamento Básico de Vitória, juntamente com as observações e nota atribuída por meio do Roteiro de Avaliação de PMSB indicam que embora o Plano possua aspectos positivos, o documento não contempla inteiramente os itens solicitados nos documentos de referência para elaboração de Planos. Em uma visão geral, o Plano contempla de forma moderada o conteúdo necessário, sendo que a parte de conteúdo não incluída pode inibir o alcance de melhores resultados na sua implementação. Nesse contexto, destaca-se a capacidade de avaliação qualitativa de PMSBs através da aplicação do Roteiro, caracterizando-se como ferramenta capaz de avaliar estrategicamente os documentos, apontando os itens de maior deficiência e os de maior qualidade, além de traduzir a real situação de Planos já desenvolvidos e até mesmo em vigência.

Em relação ao monitoramento e avaliação de programas de saneamento básico, a presente pesquisa auxiliou no avanço do conhecimento no que se refere as ferramentas de MA como instrumentos de gestão desses programas, a partir da aplicação nos Programas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário propostos pelo Plano Municipal de Saneamento Básico de Vitória. Nesse sentido desenvolveu-se ferramenta de avaliação quantitativa de indicadores de MA com auxílio de um método híbrido multicritério de apoio à decisão, no intuito de selecionar e hierarquizar indicadores de MA para programas de saneamento básico propostos por Planos Municipais de Saneamento Básico.

O método híbrido multicritério de apoio à decisão utilizou-se da combinação dos métodos AHP e TOPSIS, possibilitando desenvolver e aplicar a ferramenta para avaliação quantitativa dos indicadores propostos no intuito de contribuir para alcance das metas estabelecidas. Ressalta-se que a escolha dos indicadores contou com a participação de especialistas da área de saneamento básico. A partir da simulação da avaliação quantitativa dos indicadores candidatos definiu-se com objetividade um conjunto de 8 indicadores para o programa de abastecimento de água tratada, além dos 9 já

definidos pelo PMSB de Vitória, totalizando 17 indicadores para o Programa de Abastecimento de Água tratada, sendo 13 deles indicadores associados diretamente aos objetivos permanentes do Programa. Para o programa de esgotamento sanitário, foram definidos um conjunto de 6 indicadores, além dos 8 já definidos pelo PMSB de Vitória, totalizando 14 indicadores para o Programa de Esgotamento Sanitário, sendo 11 deles indicadores associados diretamente aos objetivos permanentes do Programa.

A partir dos resultados obtidos na fase aplicada da pesquisa, considera-se que esse estudo proporcionará aos titulares dos serviços de saneamento básico municipais uma ferramenta eficaz para avaliação dos PMSBs e monitoramento das ações dos respectivos programas, projetos e ações necessárias para alcance das metas previstas pelos PMSBs, juntamente com a avaliação de seus resultados. Para fins de integração das observações feitas ao PMSB de Vitória e dos indicadores aqui propostos a uma sistemática de monitoramento e avaliação dos Programas em foco, pelo titular dos serviços de esgotamento sanitário do município, recomenda-se: (i) Revisar o Plano para que sejam englobados os conteúdos faltantes além de alterar os itens de maior deficiência; e (ii) Validar os indicadores e métricas propostos juntamente com os responsáveis pelos programas de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município, responsáveis pela coleta de dados referentes aos cálculos dos indicadores de MA.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Indicadores de programas: guia metodológico**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010. 128 p.

CASSIOLATO, M.; GUERESI, S. **Como elaborar modelo lógico de programas: roteiro para formular programas e organizar avaliação**. Nota Técnica, n.6. Brasília: IPEA, 2010.

FERREIRA, H.; CASSIOLATO, M.; GONZALEZ, R. **Como elaborar modelo lógico de programas: um roteiro básico**. Nota Técnica. Brasilia: IPEA, 2007.

FRREIRA, H.; CASSIOLATO, M.; GONZALEZ, R. **Uma experiência de desenvolvimento metodológico para avaliação de programas: o modelo lógico do Programa Segundo Tempo**. Texto para discussão nº 1.369. Brasília: Ipea, 2009.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Roteiro de Avaliação de Plano Municipal de Saneamento Básico**, 2016. PFEIFFER, Peter. O Quadro Lógico: um método para planejar e gerenciar mudanças. Revista do Serviço Público, v. 51, n. 1, p. 81, 2000.

W. K. KELLOGG FOUNDATION. **Logic model development guide: using logic models to bring together planning, evaluation, and action.** Michigan: W. K. Kellog Foundation, 2004.

MONITORING AND EVALUATION OF THE MUNICIPAL PLAN OF BASIC SANITATION OF VITORIA WITH EMPHASIS ON ITS PROGRAMS OF SUPPLY OF TREATED WATER AND SANITARY SEWAGE: PROPOSAL OF INDICATORS AND METRICS

ABSTRACT – Basic sanitation is an essential factor for the country's development. Law 11,445 / 2007 establishes the mandatory elaboration of Municipal Basic Sanitation Plans (PMSB), in order to eliminate or minimally reduce the unequal distribution of access to services. The general objective of this work is to propose an evaluation model for PMSBs that allows to identify the contents provided for in the legislation, also evaluating the quality of this information, focusing on the monitoring and evaluation of the treated water supply and sewage programs, with the help of a multi-criteria hybrid decision support method. The methodology included bibliographic and documentary research; adaptation of the PMSB Assessment Guide, in order to qualify the plans; construction of a logical framework of basic sanitation programs for the subsequent proposal of candidate indicators and respective metrics; use of a hybrid decision support method; and development of a study carried out within the scope of the treated water supply and sewage programs proposed by the PMSB in Vitória, aiming to demonstrate the applicability of the model. The results stand out as a new model for PMSB evaluation and monitoring and evaluation (MA) of basic sanitation programs, proposed by PMSBs; the indicator selection and classification tool aiming at the continuous improvement of basic sanitation programs and PMSBs; and a consistent set of 17 MA indicators for the treated water supply program and 14 indicators for the sanitary sewage program of the PMSB in Vitória.

KEYWORDS: Municipal basic sanitation plan; Indicators and metrics; Multicriteria decision support methods; AHP-TOPSIS.

CAPÍTULO 4

USO DE CARVÃO ATIVADO VEGETAL PARA REMOÇÃO DE ZINCO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Simone de Lima Bazana
http://lattes.cnpq.br/9975327926230105
Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná

Flavia Sayuri Arakawa
http://lattes.cnpq.br/0559271781682063
Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná

Raquel Gutierres Gomes
http://lattes.cnpq.br/0377216139025879
Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná

Rosângela Bergamasco
http://lattes.cnpq.br/2031806059477046
Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná

RESUMO – Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do processo de filtração, utilizando carvão vegetal de coco de dendê e babaçu para remoção de zinco em água destinadas para o consumo humano. A água foi padronizada com aproximadamente 10mg/L $ZnCl_2$ utilizando separadamente como adsorventes 140 g carvão coco de dendê e babaçu para cada filtro, os testes foram realizados em duplicatas. A água padronizada foi filtrada nos adsorventes utilizando um formato de modelo de filtros convencional, e amostras foram coletadas antes e após a filtração. As amostras coletadas foram concentradas em chapa aquecedora utilizando solução de ácido nítrico posteriormente foram analisados os parâmetros de cor aparente, turbidez, pH, cloro livre e concentração de zinco. As análises dos íons metálicos foram realizadas por espectrometria de absorção atômica com atomizador de chama.

PALAVRAS-CHAVE: Zinco; Filtração; Carvão vegetal (Coco de dendê e babaçu).

1. INTRODUÇÃO

A água é um fator limitante para o desenvolvimento sustentável e um dos grandes desafios da sociedade consiste em conciliar o desenvolvimento das atividades humanas com a conservação do ambiente, buscando amenizar os impactos das suas ações.

A demanda crescente por água devido ao acelerado crescimento populacional e às suas atividades produtivas decorrentes, somados a degradação dos recursos hídricos os tornam impróprios para os diversos usos, gerando cenários de escassez em diversas regiões do

planeta (TUNDISI, 2003).

A poluição por metais pesados tem se tornando um perigo comum em águas residuais, uma vez que os íons metálicos tóxicos dissolvido podem alcançar o topo da cadeia alimentar e, assim, tornar-se um fator de risco para a saúde humana. Ao contrário da maioria dos poluentes os metais pesados não são biodegradáveis e tendem a acumular-se em organismos vivos causando várias doenças e distúrbios (SAWYER *et al*., 2003)

O zinco é um dos elementos essenciais para a saúde do homem, porém deve estar presente em pequenas quantidades, não superior a 0,2 mg/dia para não se tornar tóxico. Este elemento é fortemente adsorvido às partículas do solo e, quando presente na água, forma precipitados solúveis com os íons CO_3^{-}, NO_3^{-}, PO_4^{-2} e Si^{-4} (WHO,2001).

Carvão ativado tem sido aplicado em processos de tratamento de água para controle de cor e odor, bem como para a remoção de compostos orgânicos, metais tóxicos e cloro, devido as suas propriedades como área superficial elevada, tamanho de poros variados, grande capacidade de adsorção e além do baixo custo (OH, 2003).

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do processo de filtração, utilizando como adsorventes carvão vegetal de coco de dendê e babaçu para remoção de zinco em água destinadas para o consumo humano conforme portaria nº 2.914/2011 do MS, ou seja, de ≤5mg/L.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental, do Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá. Nos ensaios de filtração, utilizou-se uma solução sintética preparada com água de abastecimento e uma solução padrão de $ZnCl_2$ com concentração aproximada de 10 mg/L. Esta concentração foi determinada de acordo com Ahmedna *et al.* (2004), sendo superior ao limite estabelecido pela Portaria 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011).

A solução sintética foi preparada utilizando um agitador (Modelo 702, Fisatom) à temperatura ambiente por 20 min. Posteriormente, a solução sintetizada foi filtrada utilizando aparelhos gravitacionais de purificação de água com leitos de carvão ativado vegetal de coco de dendê e carvão ativado vegetal de babaçu.

Os ensaios de filtração foram realizados de acordo com a ABNT NBR 16098/2012 (ABNT, 2012). As amostras foram coletadas antes e após a filtração nos tempos de 10, 20, 30, 40 e 50 L e foram digeridas e concentradas em chapa aquecedora (Modelo Q313-F11, Marca Quimis®) conforme o Método 3111B, do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*

(APHA, 2005).

As análises foram realizadas por espectrometria de absorção atômica com atomizador de chama (Varian, 50B). Os parâmetros físico-químicos como cor aparente, cloro livre (Espectrofotômetro Modelo DR 2010, Marca Hach), turbidez (Turbidímetro Modelo 2100P, Marca Hach) e pH (pHmetro Orion VersaStar) foram analisados para monitoramento da qualidade da água e realizados de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra os resultados das três etapas do processo de filtração: da água de abastecimento, água padronizada com $ZnCl_2$ e a água após a filtração com carvão ativado vegetal de babaçu e coco de dendê separadamente.

Tabela 1 - Caracterização da água após a filtração com carvão ativado

Parâmetros	Água de abastecimemento	Água padronizada	Água filtrada babaçu	Água filtrada coco de dendê
Cor aparente (uH)	0,00	0,00	0,00	0,00
Turbidez (NTU)	0,63	1,00	1,23	1,07
Cloro livre (mg/L)	0,10	0,11	0,01	0,05
pH	7,79	6,86	7,27	7,21

De acordo com o resultados das análises físico-química para monitoramento da qualidade da água, pode-se observar que os valores de pH da água filtrada em todos os filtros avaliados apresentaram um ligeiro aumento em relação ao pH da água de abastecimento, porém, mantiveram-se próximos a neutralidade.

A turbidez da água após a filtração em todos os filtros avaliados sofreu um ligeiro aumento em relação à turbidez da água de abastecimento. Segundo Colares *et al.* (2010), o aumento da turbidez está relacionado com a possível fragmentação do carvão devido a agitação aplicada no seu preparo. Consequentemente, podendo assim arrastar pequenas partículas do carvão ativado que não foram removidas durante a etapa de lavagem do carvão.

O parâmetro cor aparente, em todas as amostras de água analisadas tanto da água de abastecimento como das amostras de água após filtração com carvão ativado de coco de dendê e babaçu, apresentou valor igual a 0 (zero) uH, ou seja, a água padronizada com zinco e o carvão ativado não adicionaram cor à água filtrada.

Em todos os filtros avaliados, as amostras de água após a filtração apresentaram concentrações de cloro livre entre 0,01 e 0,05 mg/L, atendendo ao teor mínimo de cloro estabelecido na Portaria 2914/2011.

Os filtros avaliados com carvão ativado vegetal de coco de dendê e de babaçu forneceram água filtrada com valores de pH, turbidez, cor aparente e cloro livre em conformidade com a Portaria 2914/2011 e ABNT NBR 16098/2012.

Nas Tabelas 2 e 3 estão apresentados os resultados de remoção de zinco da água filtrada em carvão ativado de coco de dendê e babaçu nos respectivos volumes de filtração.

Tabela 2 – Resultados de remoção de zinco da água utilizando o carvão ativado vegetal de coco de dendê

Volume (L)	Água padronizada antes da filtração (mg/L)	Água após a filtração (mg/L)	Remoção de zinco (%)	VMP (mg/L) Portaria 2914/2011
10	8,70 ± 0,46	3,96 ± 0,34	54,48	
20	8,70 ± 0,33	4,61 ± 0,53	47,01	
30	8,70 ± 0,77	7,37 ± 0,40	15,29	5
40	8,70 ± 0,73	7,95 ± 0,05	8,62	
50	8,70 ± 0,60	7,90 ± 0,32	9,19	

Tabela 3 – Resultados de remoção de zinco da água utilizando o carvão ativado vegetal babaçu

Volume (L)	Água padronizada antes da filtração (mg/L)	Água após a filtração (mg/L)	Remoção de zinco (%)	VMP (mg/L) Portaria 2914/2011
10	8,70 ± 0,64	0,37 ± 0,02	95,75	
20	8,70 ± 0,29	1,02 ± 0,55	88,27	
30	8,70 ± 0,73	3,65 ± 0,52	58,04	5
40	8,70 ± 0,72	3,95 ± 0,70	54,60	
50	8,70 ± 0,15	4,70 ± 0,28	45,98	

Analisando os resultados da Tabela 2, verificou que o filtro com carvão ativado de coco de dendê foi eficiente nos primeiros 30 litros de filtração, e após esse volume a eficiência de remoção foi menor, variando de 8 a 9%, visto que a concentração de zinco na água após a filtração permaneceu acima do limite estabelecidos pela Portaria 2914/2011 do MS que é de 5 mg/L. Na Tabela 3

podemos notar que os valores permaneceram de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Portaria, apresentando maior eficiência na remoção do zinco. Vale destacar também que a partir da filtração do volume de 40 litros houve uma diminuição na eficiência de remoção de zinco, possivelmente devido à saturação do leito de carvão ativado.

4. CONCLUSÃO

Os filtros com carvão ativado vegetal de coco de dendê e carvão ativado de babaçu forneceram água classificada como filtrada em relação com valores dos parâmetros físico-químicos como pH, turbidez, cor aparente e cloro livre seguindo a Portaria 2914/2011 e ABNT NBR 16098/2012.

O filtro com carvão de babaçu apresentou maior eficiência na remoção de zinco da água, que pode ser devido à carga de polaridade oposta que ocorrem entre os grupos, bem como a propriedade textural (volume e diâmetro dos poros) e estrutural do adsorvente. O carvão ativado de coco de dendê não foi tão eficiente na remoção de zinco, talvez devido a microporosidade e por apresentar cargas negativas em sua constituição.

REFERÊNCIAS

AHMEDNA, M.; MARSHALL, E. W.; HUSSEINY, A, A.; RAO.M. R.; GOKTEPE, I. (2004). “The use of nutshell carbons in drinking water filters for removal of trace metal**s”. Water Research,** v.38, p. 1062- 1068.

APHA. American Public Health Association. (1995). **Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater**. 19th ed. Washington.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS(2012). N**BR 16098 Aparelho para melhoria da qualidade da água para consumo humano** – Requisitos e métodos de ensaio. ABNT, 1ª Ed., 34 p.BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n°. 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial, Brasília, DF, 14 dez. 2011.

COLARES, C. J. G.; BARBOSA, L. S.; CARDOSO, F. F.; REIS, R. C. (2010). Tratamento de Efluente Industrial Farmacêutico por Adsorção em Carvão Ativado. I **Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente.** Anápolis – GO. 2010.

OH, W.C. (2003). Properties of metal supported porous carbon and bactericidal effects. **Journal Engineering Chemical**, v.9, p. 117-124.

SAWYER, C. N.; MCCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for Environmental Engineering and Scince**. 2003. Mc- Graw Hill, Boston ,5th ed.

TUNDISI, J. G.**Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. 2003 São Carlos: RiMa, IIE.

WHO **Guidelines for Drinking-water Quality, Recommendations**, 4th ed., World Health Organization, 2011 Geneva.

USE OF ACTIVATED CARBON TO REMOVE ZINC WATER FOR HUMAN CONSUMPTION

ABSTRACT – This work aims to evaluate the efficiency of the filtration process, using charcoal from coconut and babassu palm for removal of zinc in water intended for human consumption. Water was standardized to approximately 10mg/L ZnCl2 as adsorbents separately, using 140 g of coconut charcoal babassu palm and for each filter, tests were performed in duplicates. The standard water was filtered using an adsorbent in the form of a conventional filter model, and samples were collected before and after filtration. The samples were concentrated in hot plate using a nitric acid solution subsequently the parameters of apparent color, turbidity, pH, free chlorine and zinc concentrations were analyzed. The analysis of the metal ions was carried out by atomic absorption spectrometry with flame atomizer.

KEYWORDS: Zinc; Filtration; Charcoal.

CAPÍTULO 5

USO DE CYANOBACTERIA NO EIXO LESTE DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COMO BIOINDICADORA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Ariane Silva Cardoso
http://lattes.cnpq.br/5595590568057397
Universidade Federal de Pernambuco

Érika Alves Tavares Marques
http://lattes.cnpq.br/6496402766685784
Universidade Federal de Pernambuco

Cláudia Ricardo de Oliveira
http://lattes.cnpq.br/7750644155960160
Universidade Federal de Pernambuco

Maria do Carmo Sobral
http://lattes.cnpq.br/4167833928991350
Universidade Federal de Pernambuco

Maristela Casé Costa Cunha
http://lattes.cnpq.br/2064821391086747
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO – As características climáticas associadas à eutrofização das águas, na região semiárida no Nordeste brasileiro, afetam reservatórios utilizados para abastecimento humano. Essas condições propiciam o desenvolvimento das Cyanobacteria nos corpos hídricos. Neste sentido, as Cyanobacteria foram utilizadas como bioindicadoras da qualidade da água em trecho do Projeto de Integração do Rio São Francisco, na região do Alto Curso do Rio Paraíba – PB, a fim de contribuir com ações voltadas à qualidade da água utilizada para abastecimento público. Foi observada nos pontos amostrais a ocorrência de Cyanobacteria, tanto em altas densidades, indicando águas com altos níveis de nutrientes, como apresentando espécies potencialmente produtoras de cianotoxinas. Esses resultados evidenciam risco à saúde pública para as populações na área de estudo, e mostram que é imprescindível o constante monitoramento da qualidade da água, o tratamento adequado da água para abastecimento público e o controle do lançamento de esgotos e efluentes nos corpos hídricos integrantes do PISF.

PALAVRAS-CHAVE: Fitoplâncton; Saúde pública; Semiárido.

1. INTRODUÇÃO

A região semiárida no Nordeste brasileiro apresenta uma das mais baixas disponibilidades hídricas do Brasil, altas taxas de

temperatura e evaporação, além de outras características climáticas que influenciam diretamente na quantidade e qualidade da água, e afetam a disponibilidade de água em reservatórios utilizados para abastecimento humano (SOBRAL et al., 2011).

Neste sentido, estrategicamente alternativas vêm sendo aplicadas para minimizar o déficit hídrico no semiárido, entre elas o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias do Nordeste Setentrional (PISF), que tem como objetivo garantir segurança hídrica a cerca de 12 milhões de pessoas em 390 municípios, nos estados de Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba (BRASIL, 2004).

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional apresenta dois eixos: o Norte, que levará água para os sertões de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, e o Leste, que beneficiará parte do sertão e as regiões do Agreste de Pernambuco e parte da Paraíba (MI, 2004).

O Eixo Leste terá sua captação no lago da barragem de Itaparica, no município de Floresta-PE, se desenvolverá por um caminhamento de 220 Km até o Rio Paraíba-PB, após deixar parte da vazão transferida nas bacias dos rios Pajeú, Moxotó e da região do Agreste de Pernambuco. Para o atendimento das demandas da região Agreste de Pernambuco, o projeto prevê a construção de um ramal de 70 Km que interligará o Eixo Leste à Bacia do Rio Ipojuca (MI, 2004).

Na bacia hidrográfica do Rio São Francisco convivem grandes empreendimentos de geração de energia elétrica, extensas áreas agrícolas sujeitas à irrigação de responsabilidade da iniciativa privada e pública, atividades de extração e transformação de minério, núcleos urbanos de grande e médio porte, práticas agrícolas de sequeiro e áreas sujeitas a inundações, silvicultura e pesca artesanal continental e estuarina (CBHSF – AGB PEIXE VIVO, 2019).

O desenvolvimento de atividades agrícolas associadas aos grandes centros de demandas incrementa o retorno de nutrientes para os reservatórios que normalmente iniciam suas vidas úteis classificados como oligotróficos e evoluem para níveis tróficos que exigem cuidados especiais, particularmente em condições de climas tropicais onde a eutrofização pode-se tornar um problema grave (CBHSF – AGB PEIXE VIVO, 2018).

As águas das bacias integrantes do PISF necessitam de boa qualidade para garantia de seus usos. Mas, a eutrofização das águas em reservatórios de abastecimento público é uma problemática recorrente no semiárido (SOBRAL et al., 2011). A eutrofização somada às características climáticas dessa região, propiciam o desenvolvimento de organismos fitoplanctônicos na coluna de água, as Cyanobacteria (CARDOSO et al., 2017).

Esse grupo de algas é típico de desequilíbrios tróficos, como o que

ocorreu em 2015 nos reservatórios de Paulo Afonso 1, 2, 3, 4 e Xingó. Em águas destinadas ao consumo humano é um agravante pela potencialidade de acarretar riscos à saúde pública, sobretudo pela capacidade desses organismos de produzir cianotoxinas (CARDOSO et al., 2017).

O estudo da dinâmica das Cyanobacteria é importante para avaliar as condições ambientais e o estado de trofia dos corpos hídricos, uma vez que esse grupo é considerado bioindicador de águas eutrofizadas e é recomendado pela legislação brasileira como parâmetro indicador da qualidade da água (CARDOSO et al., 2017). Diante disto, o objetivo desse estudo foi analisar a composição espacial e temporal das Cyanobacteria, como bioindicadoras da qualidade da água, em trecho do Eixo Leste do PISF, na região do Alto Curso do Rio Paraíba-PB, com intuito de contribuir com informações para melhoria da qualidade da água utilizada para abastecimento público.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O Projeto de Integração do Rio São Francisco é dividido em dois eixos, Leste e Norte. O Eixo Leste percorre os estados de Pernambuco e da Paraíba, com 217 km de extensão. Neste eixo, as águas do Rio São Francisco, captadas no reservatório de Itaparica, no munícipio de Floresta – PE, seguem por meio de canais e reservatórios projetados até chegar em Monteiro - PB, onde se encontra com a bacia do Rio Paraíba. A água é armazenada nos reservatórios, Poções e Camalaú, sendo, por fim, lançadas no Rio Monteiro, afluente da margem esquerda e principal formador do Rio Paraíba, até chegar ao reservatório Epitácio Pessoa e Argemiro Figueiredo (Acauã). Parte da vazão em Pernambuco é transferida para bacias dos rios Pajeú e Moxotó, afluentes do Rio São Francisco (BRASIL, 2004).

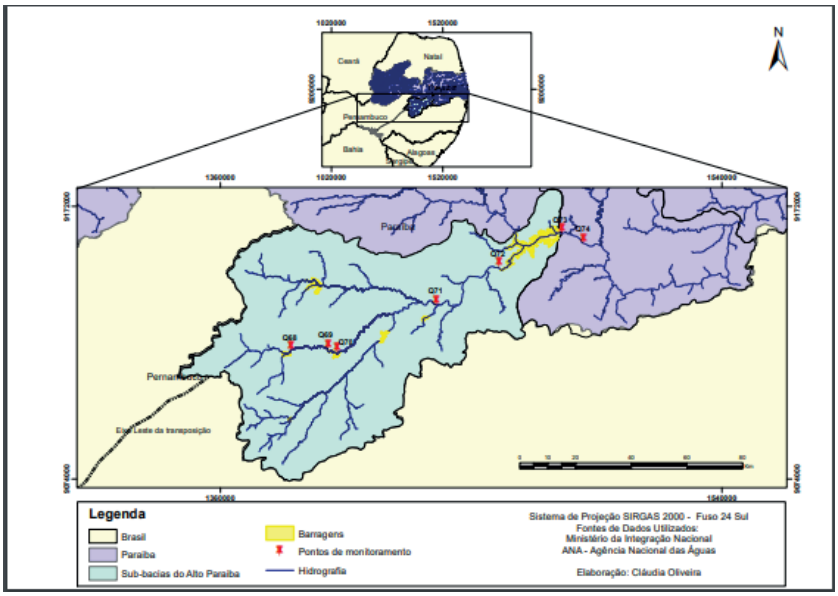
A bacia hidrográfica do Rio Paraíba está situada no estado da Paraíba, possui uma área de 20.071,83 km^2 e abrange importantes reservatórios de usos múltiplos e cidades como Campina Grande, Boqueirão e a capital João Pessoa. A bacia encontra-se dividida em 4 regiões fisiográficas, a sub-bacia do rio Taperoá, e o Alto, Médio e Baixo Cursos do Rio Paraíba (PARAÍBA, 2006).

O Alto Curso do Rio Paraíba foi escolhido como área de estudo dentro do Eixo Leste, considerando o arranjo atual do PISF e sua condição de bacia receptora. Os dados biológicos utilizados nesta pesquisa correspondem a 16 campanhas de monitoramento do PISF, realizadas semestralmente entre 2011 a 2019, para o Programa de Monitoramento da Qualidade da Água e Limnologia (PBA 22), a partir das estações descritas na Tabela 1 (Figura 1).

Tabela 1: Identificação das estações de amostragem no Alto Curso do Rio Paraíba.

Ponto	Local	Trecho	Latitude	Longitude
Q68	Reservatório Poções (eixo)	Lêntico	-07 53' 21,19958"	-36 59' 50,58801"
Q69	Montante do Remanso do Reservatório Camalaú	Lótico	-07 52' 15,39056"	-36 53' 11,94487"
Q70	Reservatório Camalaú	Lêntico	-07 53' 13,76235"	-36 49' 59,12300"
Q71	Rio do Meio em Caraúbas	Lótico	-07 43' 03,43465"	-36 29' 59,25429"
Q72	Remanso Reserv. Epitácio Pessoa	Lêntico	-07 31' 04,65834"	-36 18' 33,12235"
Q73	Reservatório Epitácio Pessoa	Lêntico	-07 29' 13,92651"	-36 08' 24,21558"
Q74	Jusante do Reserv. Epitácio Pessoa	Lótico	-07 30' 18,79123"	-36 03' 56,27791"

Figura 1: Área de estudo no Alto Curso do Rio Paraíba e as estações amostrais.



Elaboração: Cláudia Ricardo de Oliveira.

2.2. Procedimentos metodológicos

A identificação dos organismos foi feita utilizando-se um microscópio binocular, com até 1.000 vezes de aumento, equipado com aparelho fotográfico. Os táxons foram identificados, sempre que possível, até o nível de espécie, a partir de amostras examinadas em microscópio, observando características morfológicas e morfométricas das fases vegetativas e reprodutivas, com base em bibliografia especializada. Foram utilizados os Sistemas de Classificação de Anagnostidis, Komárek (1988), Komárek e Anagnostidis (2005) para Cyanophyta.

A análise quantitativa foi realizada em microscópio invertido Zeiss (Axiovert 25), de acordo com o método de sedimentação de Utermöhl (1958). A frequência de ocorrência foi calculada de acordo com Mateucci; Colma (1982).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento acelerado das Cyanobacteria, conhecido como florações, está relacionado a diversos fatores no ambiente aquático, como a zona eufótica na coluna d'água, a temperatura da água, ao pH e à disponibilidade de nutrientes no meio aquático. O lançamento de esgoto e efluentes na água contribuem para o aumento dos níveis dos nutrientes, destacando o nitrogênio e o fósforo, que colaboram com a aceleração do processo de eutrofização da água (ESTEVES, 2011).

Neste estudo foram identificados 54 táxons infragenéricos do grupo das Cyanobacteria durante as 16 campanhas de amostragem no Alto Curso do Rio Paraíba. Quando observada a distribuição da riqueza de espécies nas estações de amostragem, as estações que se destacaram foram as Q68 (reservatório Poções) e Q74 (jusante do reservatório Epitácio Pessoa), totalizando 13 e 11 táxons, respectivamente. A estação com menor representatividade foi Q72 (remanso do reservatório Epitácio Pessoa), com apenas 1 táxon.

Na estação Q68 prevaleceu com maior ocorrência as Cyanobacteria *C. raciborskii* e *Oscillatoria* sp., enquanto em Q74, todos os táxons ocorreram como Esporádicos. Neste estudo foram observados apenas táxons que se enquadraram nas categorias Esporádica, representando 95% (50 táxons) e Pouco Frequente, para apenas 7% (4 táxons). Apenas os táxons citados acima para a estação Q68 se classificaram como Pouco Frequente, temporalmente e sazonalmente. As demais estações que apresentaram táxons nessa categoria foram Q70 (reservatório Camaláu) e Q73 (reservatório Epitácio Pessoa), ambas com essa classificação para *C. raciborskii*.

A maior densidade de Cyanobacteria ocorreu na estação Q68 (reservatório Poções) durante o período seco de 2012, com 296.962 células. mL^{-1}, e a *Oscillatoria* sp. se destacou apresentando maior densidade com

211.910 células.mL^{-1} (Tabela 2). Enquanto no período chuvoso desse mesmo ano, as Cyanobacteria ocorreram num total de 39.813 células.mL^{-1}.

Os anos de 2011, 2012, 2017 e 2019 se destacaram com relação às densidades mais elevadas, prevalecendo o período chuvoso. Quanto às espécies que apresentaram as mais altas densidades durante o monitoramento, se destacam a *Oscillatoria* sp. (Q68 e Q74), *C. raciborskii* (Q68, Q70 e Q73), *Asterocapsa* sp., *Planktothrix agardhii* e *Sphaerospermopsis torques-reginae* (Q69) e *Merismopedia punctata* (Q71).

Quanto aos parâmetros da qualidade da água, apenas a estação Q68 (reservatório Poções), no período seco de 2012, apresentou espécies com valores de densidade acima do limite recomendado pela Resolução Conama nº 357/2005, para águas de Classe 2, com limite máximo de 50.000 células. mL^{-1} (BRASIL, 2005). Os resultados obtidos foram relacionados à águas de Classe 2, de acordo com enquadramento estabelecido pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba (SUDEMA, 1988).

Tabela 2 – Táxons identificados e densidade (células.mL^{-1}) das Cyanobacteria no Alto Curso do Rio Paraíba – PB, no período de 2011 a 2019.

Estações de amostragem	Táxons	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	2019
		Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Seco	Chuvoso
Q68	*Anabaenopsis circularis*																972
	Asterocapsa sp.													943	0		
	Chroococcus dispersus										26						
	Chroococcus sp.			1172							35						
	Cylindrospermopsis raciborskii	25250	1406	6531	74361		1060					1321	291				25556
	Dolichospermum planctonica			781	10692												5417
	Merismopedia punctata	125		1328													
	Merismopedia tenuissima								795								
	Microcystis sp.			2813													
	Oscillatoria sp.	36703	11797	26844	211910		424										
	Planktothrix agardhii																35556
	Pseudanabaena sp.	2750		344													
	Sphaerospermopsis torques-reginae								1249					943			
Q69	*Aphanizomenon gracile*																1213
	Asterocapsa sp.													32663			
	Cylindrospermopsis philippinensis																6033
	Cylindrospermopsis raciborskii	313															3016
	Dolichospermum planctonica														472		
	Oscillatoria sp.	3109															
	Planktothrix agardhii																18885
	Sphaerospermopsis torques-reginae													32663			
Q70	*Asterocapsa* sp.													660			
	Cylindrospermopsis raciborskii			3906	25641					3179	28				566	578	1885
	Dolichospermum planctonica				578												2311
	Microcystis sp.	500		1094													
	Oscillatoria sp.															653	
	Planktothrix agardhii																541
	Psudanabaena limnetica	844															
	Sphaerospermopsis torques-reginae													660			
Q71	*Cylindrospermopsis raciborskii*			313													
	Dolichospermum planctonica			116													
	Merismopedia punctata				11963												
	Merismopedia tenuissima									625	32	472					
	Oscillatoria sp.			547													
Q72	*Merismopedia punctata*				125												
Q73	*Coelosphaerium* sp.							166									
	Cylindrospermopsis raciborskii	2251							568	18754					472	56	27148
	Merismopedia punctata			125													2098
	Merismopedia tenuissima																3541
	Oscillatoria sp.	10156															
	Planktothrix agardhii																5246
	Phormidium sp.								284								
	Pseudanabaena limnetica																3049
Q74	*Aphanocapsa delicatissima*										125,00					1621	
	Chroococcus sp.			13906													
	Cylindrospermopsis raciborskii			625													
	Dolichospermum planctonica	266	391	938													
	Dolichospermum spiroides								1438								
	Geitlerinema sp.					1676											
	Merismopedia punctata				116	231											
	Oscillatoria sp.	1297		26563													
	Pseudanabaena limnetica			1781													
	Pseudanabaena sp.				231	694											
	Sphaerospermopsis torques-reginae								227								

As Cyanobacteria *C. raciborskii* e *Oscillatoria* sp., foram responsáveis por essas densidades elevadas, totalizando 74.361 células.mL^{-1} e 211.910 células.mL^{-1}, respectivamente.

A Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº5/2017, recomenda para águas destinadas ao consumo humano, monitoramento mensal quando a densidade de Cyanobacteria atingir 10.000 células. mL^{-1} e semanal quando a densidade for superior a esse valor (BRASIL, 2017). Atualmente, as estações Q68, Q69, Q70 e Q73, contemplando os 3 reservatórios de estudo, necessitam de monitoramento semanal, além da análise de cianotoxinas na água.

Os valores de densidade de Cyanobacteria encontrados representam riscos à população, especialmente pela ocorrência de espécies potencialmente produtoras de cianotoxinas. Entre as espécies encontradas, os gêneros considerados potencialmente produtores de cianotoxinas foram *Anabaenopsis* sp., *Aphanizomenon* sp., *Cylindrospermopsis* sp., *Microcystis* sp., *Oscillatoria* sp. e *Planktothrix* sp. (BITTENCOURT-OLIVEIRA; MOLICA, 2003; COSTA; DANTAS, 2011; CARDOSO et al., 2013). Rêgo et al. (2016) relatou presença de cianotoxinas na água do reservatório Epitácio Pessoa.

A partir de 2017, após o início da operação do Eixo Leste do PISF e chegada das águas do Rio São Francisco no Rio Paraíba, notou-se ocorrência de algumas espécies que não tinham sido identificadas anteriormente nesse monitoramento, estas foram: *Anabaenopsis circularis* (Q68), *Aphanizomenon gracile* (Q69), *Asterocapsa* sp. (Q68, Q69 e Q70), *Cylindrospermopsis philippinensis* (Q69) e *Planktothrix agardhii* (Q68, Q69, Q70 e Q73). No entanto, novos estudos precisam ser realizados para observar os impactos da chegada das águas do Rio São Francisco na Bacia do Rio Paraíba. Vale destacar que, a maioria dessas espécies estão entre as que fazem parte do grupo potencialmente produtor de cianotoxinas.

4. CONCLUSÃO

O monitoramento constante da qualidade da água é importante para subsidiar a tomada de decisão com relação às ações voltadas aos usos múltiplos da água no Eixo Leste do PISF, uma vez que é imprescindível garantir boa qualidade da água para atender à necessidade prioritária do projeto, o abastecimento humano.

A ocorrência de Cyanobacteria, tanto em as altas densidades, indicando águas com altos níveis de nutrientes, como apresentando espécies potencialmente produtoras de cianotoxinas, representa risco à saúde pública para as populações na área de estudo, sobretudo pelo registro da ocorrência de liberação de cianotoxina na água do reservatório Epitácio Pessoa. Além de mostrar a necessidade de adequado tratamento da água e controle do lançamento de esgotos e efluente nos corpos hídricos integrantes do PISF.

REFERÊNCIAS

ANAGNOSTIDIS K.; KOMÁREK J. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. **Archives Hydrobiology Supplemment.** V. 80, n. 1-4. (Algological Studies 50-53), p. 327-472. 1988.

BRASIL, MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **RIMA - Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Brasília, 2004.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 03 out. 2017.

CARDOSO, Ariane Silva; SILVA FILHO, Silvio Mario Pereira; ALVES, Anthony Epifanio; ROCHA, Cacilda Michele Cardoso; CASÉ, Maristela Costa Cunha. Fitoplâncton como bioindicador de eventos extremos na bacia do rio Uma, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n. 4, p. 697 – 710, 2013.

CARDOSO, Ariane Silva; MARWELL, Davi Tadeu Borges; SOBRAL, Maria do Carmo Martins; MELO, Gustavo Lira de; CASÉ, Maristela Costa Cunha. Análise da presença do fitoplâncton em bacia integrante do Projeto de Integração do Rio São Francisco, região semiárida, Nordeste brasileiro. **Eng. Sanit. Ambient**. Rio de Janeiro, v. 22, n. 2., 2017.

COSTA, Davi Freire da; DANTAS, Ênio Wocyli. Diversity of phytoplankton Community in different urban aquatic ecosystems in metropolitan João Pessoa, state of Paraíba, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 23, n. 4, p. 394 – 405, 2011.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos da limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 3ª edição, 826 p., 2011.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 2.Teil*:* Oscillatoriales. Pp. 1-759. In: B. Bridel; G.L. Gastner & M.S. Krienitz (eds.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa**, 19/2. London, Elsevier. 2005.

MATEUCCI, S. D.; COLMA, A. La metodologia para el estudo de La vegetación. Colleción de monografias científicas. **Série Biologia**. V.22, p. 1-168, 1982.

CBHSF - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO - AGB PEIXE VIVO. **Gestão e Operação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF).** Segunda Parte – O Modelo Gestão e Operação do PISF (Outubro 2018). Paulo Afonso: CBHSF, 2018. 98p.

CBHSF - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO - AGB PEIXE VIVO. **Relatório de Gestão e Operação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.** Pedro Antônio Molinas (Org.). Paulo Afonso-BA: CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2019. 156p.

PARAÍBA. GOVERNO DO ESTADO. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA. PERH-PB: **Plano Estadual de Recursos Hídricos: resumo executivo & atlas**. Governo do Estado da Paraíba; Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. – Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

RÊGO, Janiro Costa; GALVÃO, Carlos de Oliveira; RIBEIRO, Márcia Maria Rios; ALBUQUERQUE, José do Patrocínio Tomaz; PEDROSA, Ricardo Nóbrega. O agravamento da crise hídrica no açude Boqueirão: riscos quali-quantitativos e de saúde pública. *In: Anais do XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste,* Aracaju, 10 p., 2016.

SOBRAL, Maria do Carmo Martins. Estratégia de Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido Brasileiro. **Revista Eletrônica do PRODEMA – REDE**, v. 7, p. 76-82, 2011.

SUDEMA – SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. **DZS 205 – Enquadramento dos corpos d1água da bacia hidrográfica do rio Paraíba.** Sistema estadual de licenciamento de atividades poluidoras (SELAP), Paraíba, 7 p., 1988.

UTERMÖHL, H. Zurvervollkommer der quantitativen phytoplankton methodic. Mitteilungen InternationaleVereinigung fürTheorestiche und Angewandte. **Limnologie**, 9: 1-38. 1958.

USE OF CYANOBACTERIA IN THE EAST AXIS OF THE SÃO FRANCISCO RIVER INTEGRATION PROJECT AS A BIOINDICATOR OF WATER QUALITY FOR PUBLIC SUPPLY

ABSTRACT – The climatic characteristics associated with water eutrophication, In the semi-arid region in Northeast Brazil, affect reservoirs used for human supply. These conditions favor the development of Cyanobacteria in water bodies. In this sense, Cyanobacteria were used as bioindicators of water

quality in a stretch of the São Francisco River Integration Project, in the Upper Course of the Paraíba River region, in order to contribute to actions aimed at the water quality used for public supply. The occurrence of Cyanobacteria was observed in the sampling points, both at high densities, indicating waters with high levels of nutrients, as well as presenting potentially cyanotoxin-producing species. These results show public health risk for the populations in the study area, and show that constant monitoring of water quality, adequate treatment of water for public supply and control of the discharge of sewage and effluents in water bodies that are part of the system are essential in the PISF.

KEYWORDS: Phytoplankton; Public health; Semiarid.

SEÇÃO 2

TRATAMENTO DE EFLUENTES

CAPÍTULO 6

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO NA AGRICULTURA DO PERMEADO PRODUZIDO EM UM BIORREATOR A MEMBRANA APLICADO AO TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS

Rafael Santos da Gama
http://lattes.cnpq.br/4785760359240633
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR

Yara Campos Miranda
http://lattes.cnpq.br/0018928274834963
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR

Flávio Rubens Lapolli
http://lattes.cnpq.br/8513712303562950
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC

André Aguiar Battistelli
http://lattes.cnpq.br/5437743957837439
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR

RESUMO – A agricultura requer elevadas quantidades de água para irrigação, entretanto algumas regiões enfrentam um cenário de escassez hídrica, o que possibilita a utilização de águas residuária para a irrigação agrícola. Dessa forma, avaliou-se nesse estudo a potencialidade de reúso do permeado produzido em um biorreator a membrana (BRM) tratando efluentes sanitários. A fim de avaliar o potencial de uso do permeado produzido, os seguintes parâmetros foram analisados: turbidez, cor verdadeira, carbono orgânico dissolvido (COD) nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$), nitrito ($N\text{-}NO_2^-$), nitrato ($N\text{-}NO_3^-$), fosfato ($P\text{-}PO_4^{3-}$), pH, coliformes totais (CT) e coliformes termotolerantes (Escherichia coli), com uma periodicidade de duas vezes por semana, durante 30 dias. O permeado produzido apresentou elevada qualidade em todos os parâmetros analisados, chegando a total remoção de microrganismos indicadores de contaminação fecal por bactérias, além da redução significativa da Turbidez, COD e Cor verdadeira, de 0,3 NTU, 28,8 mg/L-1 e 45,6 Pt/Co respectivamente. Dessa forma, os resultados obtidos apresentam elevado potencial de reúso de água para irrigação agrícola, uma vez que o permeado produzido atende as normas especificadas pela United States Environmental Protection Agency (USEPA) e pelas legislações europeias. Porém, constata-se que a inexistência de legislações brasileiras para fins de reúso de água, dificulta sua aplicação na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: Legislação Ambiental; Irrigação; Reúso de Água.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água é empregada para as mais variadas atividades, como: navegação, abastecimento urbano, dessedentação de animais e irrigação (CARMO *et al.*, 2007), e que tais práticas implicam no demasiado consumo desta. A partir deste cenário, medidas como racionamento e reuso de efluentes estão em ascensão no país (BEZERRA *et al.,* 2017).

Hespanhol (2002) aponta que a prática no reuso da água é positiva e pode ser utilizada para fins potáveis ou não potáveis, diretos ou indiretos. No que tange ao reuso para fins potáveis, alguns cuidados devem ser tomados, visto que, elevadas cargas de metais pesados e outras substâncias químicas apresentam difícil remoção em seu tratamento (DOMBROSKI *et al.,* 2013). Em contrapartida, o reuso direto para fins não potáveis é mais recomendável, uma vez que o efluente tratado pode ser utilizado para irrigação de jardins, lavagem de calçadas e pisos, lavagem de roupas, descargas em sanitários, resfriamento de equipamentos e irrigação (MORUZZI, 2008).

Diante disso, o incentivo a prática de reuso não potável, pode apresentar uma economia considerável desse recurso natural e melhorar as condições em regiões com baixa disponibilidade hídrica (REBOUÇAS, 2010). Vale salientar, que para a utilização efetiva de efluentes domésticos tratados, tecnologias de tratamento adequadas devem ser aplicadas para obtenção de elevada qualidade destes. Entre as várias tecnologias para tratamento de efluentes domésticos destacam-se: os reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB); lodos ativados; sistemas *wetlands* construídos, e, mais recentemente, os biorreatores a membrana (BRM).

Os biorreatores a membrana são conhecidos por combinarem processos de degradação biológica com separação sólido/líquido por membranas. De modo geral, os BRM aeróbios atuam de modo similar aos processos de lodos ativados convencionais, sendo, no entanto, substituída a etapa de sedimentação pelo processo de filtração com membranas. As membranas empregadas nesse sistema geralmente são de microfiltração (MF) ou ultrafiltração (UF), diferindo entre si a partir do tamanho médio dos poros. (JUDD, JUDD, 2011).

A desobrigação de uma área específica para sedimentação implica na redução dos custos quanto à aquisição de área para instalação dos reatores, além de ocorrer a total retenção de biomassa no interior do reator. Desse modo, a degradação microbiológica da matéria orgânica e nutrientes presentes no efluente é intensificada (KRAUME *et al.,* 2005). Os BRM propiciam ainda uma remoção eficaz de microrganismos patogênicos, incluindo bactérias e até mesmo alguns vírus, devido à seletividade imposta pelas membranas (PROVENZI, LAPOLLI e GRASMICK, 2004).

À vista disso, os BRM podem gerar um efluente final de alta qualidade, em relação aos produzidos por sistemas de tratamentos convencionais em

nível terciário, viabilizando a utilização desta tecnologia para atendimento de padrões de lançamento e ainda, para produção de água de reuso (PARK; CHANG; LEE, 2015).

Como supracitado, o efluente tratado pode ser utilizado para irrigação como água de reuso (REBOUÇAS, 2010). Diversos autores afirmam que o reaproveitamento de efluentes para produção agrícola pode vir a ser uma estratégia para diminuir a crise hídrica e a utilização de fertilizantes inorgânicos, visto que, dependendo da tecnologia de tratamento empregada, o efluente pode apresentar uma elevada concentração de nutrientes (OLIVEIRA, BASTOS, SOUZA, 2019). Entretanto Moreira (2014) afirma que a ausência de uma legislação específica que regulamente a utilização de águas residuais tratadas na agricultura inibe seu uso para tal fim.

Contudo, a criação de leis, decretos e normas que regulamente tal prática para reuso na agricultura, pode vir a ser desenvolvida no Brasil. Países como os Estados Unidos, Itália, França, Flórida, entre outros, são exemplos que perceberam no uso de efluentes tratados um viés positivo no que se refere à economia de água potável e desenvolvimento sustentável (BASTIAN; MURRAY, 2012). Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o efluente sanitário tratado produzido em um BRM, bem como avaliar seu enquadramento frente às diretrizes nacionais e internacionais no que tange ao reuso de água agrícola.

2. METODOLOGIA

A fim de atingir os objetivos propostos, utilizaram-se dados previamente coletados durante a elaboração de uma pesquisa referente à temática de BRM, os quais foram cedidos para análise do potencial de uso do permeado. A referente pesquisa foi realizada nas dependências do Laboratório de Reuso de Águas (LaRA) e Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), ambos pertencentes ao departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

2.1. Unidade Experimental

A unidade experimental utilizada no estudo, construída com base no estudo prévio de Bani-Melhem e Elektorowicz (2010), era composta por um tanque cilíndrico com volume útil de 16,0 L. O módulo de membranas utilizado no sistema era do tipo submerso na conformação de fibra-oca (PAM-membranas®), constituído de Polieterimida (PEI), com diâmetro médio do poro de 0,3 µm, e área filtrante de 0,178 m^2. O sistema contava, também, com duas bombas peristálticas idênticas (Watson Marlow - 323) para a alimentação e retirada do permeado, além de um soprador de ar para a injeção de oxigênio na massa líquida.

2.2. Condições operacionais

Para dar início a operação do BRM, foi inoculado 16,0 L de licor misto proveniente do tanque de aeração da estação de tratamento de esgoto Insular da cidade de Florianópolis – SC, do tipo lodo ativado de aeração prolongada, pertencente à Companhia Catarinense de Águas e Esgotos (CASAN). A amostra coletada foi submetida à sedimentação e retirada do sobrenadante visando aumentar a concentração de sólidos para um valor próximo ao usual para operação de BRM. Em seguida, o BRM foi operado por um período total de 30 dias. Para a alimentação do sistema foi utilizado esgoto sanitário real proveniente de um ponto de coleta da rede municipal de esgotos. Na Tabela 1 são apresentados os resultados médios referentes à caracterização do esgoto sanitário utilizado.

Tabela 1: Caracterização do esgoto sanitário utilizado para alimentação do sistema.

	DQO	P_{Total}	N_{Total}	$N\text{-}NH_4^+$	Turbidez	Cor Verd.	pH
	$mg.L^{-1}$	$mg.L^{-1}$	$mg.L^{-1}$	$mg.L^{-1}$	NTU	Pt/Co	
Média	605	7,1	73	43,7	216	133	7,4
Desvio	100	2	14	8,9	103	65	0,6

Fonte: elaborado pelos autores.

Objetivando o controle da colmatação da membrana, o sistema foi operado com modo de filtração intermitente (400 segundos em filtração e 60 segundos em relaxamento). O fluxo de permeado empregado foi de 5,25 $L.m^{-2}.h^{-1}$, que resultava em um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 20 h. A idade do lodo empregada, por sua vez, foi de 30 dias e a taxa de aeração específica da membrana foi fixada em 2,8 $m^3\ m^{-2}\ h^{-1}$. Além disso, durante todo o período experimental, a temperatura do licor misto foi controlada em 20 °C, o oxigênio dissolvido (OD) no tanque foi mantido superior a 6,0 mg L e o pH do licor misto foi mantido próximo a neutralidade por meio da adição de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$).

2.3. Métodos analíticos

A fim de avaliar o potencial de uso do permeado produzido, este foi caracterizado com periodicidade de duas vezes por semana, analisando os seguintes parâmetros: turbidez, cor verdadeira, carbono orgânico dissolvido (COD), nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$), nitrito ($N\text{-}NO_2^-$), nitrato ($N\text{-}NO_3^-$), fosfato ($P\text{-}PO_4^{3-}$), pH, coliformes totais (CT) e coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*).

A concentração de COD foi determinada em um analisador automático (TOC-LCSH Shimadzu). As concentrações de fósforo total e NH_4^+-N foram medidas por espectrofotometria (Hach DR5000), empregando-se os métodos Hach 10127 e 10031, respectivamente. As concentrações de $N\text{-}NO^{3-}$, $N\text{-}NO^{2-}$ e $P\text{-}PO_4^{3-}$ foram determinadas por cromatografia de íons (Dionex ICS-5000). O pH foi monitorado com auxílio de um pHmetro digital (Thermo Scientific Orion, USA). A quantificação de coliformes totais e *E. coli* foi realizada por colimetria empregando-se o sistema Colilert (IDEXX). Foram monitorados, ainda, o oxigênio dissolvido (YSI/550-A, USA), turbidez (HACH 2100P) e a cor verdadeira (Hach DR5000).

2.4. Normas e legislações de reúso para enquadramento do permeado

Para verificar o potencial de uso do permeado produzido para irrigação agrícola utilizou-se as diretrizes americanas para reúso da água (USEPA - *United States Environmental Protection Agency)* (2012) e os instrumentos sobre água de reúso da União Europeia (2016). Dessa forma, os parâmetros apresentados pelas legislações auxiliaram na comparação com os resultados obtidos a partir do permeado produzido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de caracterização do permeado produzido. Para fins de comparação, foram utilizadas diretrizes americanas e instrumentos europeus para água de reuso.

Tabela 2: Padrões de qualidade do permeado do BRM e diferentes padrões de reuso não potável

Parâmetros	Permeado BRM	USEPA (2012)	Instrumentos sobre água de reuso EU (2016)		
			Itália	França	Chipre
$P\text{-}PO_4^{3-}$ (mg L^{-1})	5,1	--	≤ 2	--	≤ 10
$N\text{-}NO_2^-$ (mg L^{-1})	ND	--	≤ 15	--	≤ 15
$N\text{-}NO_3^-$ (mg L^{-1})	54,4	--	--	--	--
$N\text{-}NH_4^+$ (mg L^{-1})	0,3	--	≤ 2	--	--
DBO (mg L^{-1})	9,2*	≤ 10	≤ 20	≤ 60	≤ 10
Turbidez (NTU)	0,3	≤ 2	--	--	--
Cor Verdadeira (Pt/Co)	45,6	--	--	--	--
pH	7,1	6,0 - 9,0	6,0 - 9,5	--	6,5 - 8,5
E. Coli (NMP 100 mL^{-1})	ND	ND	≤ 10	≤ 250[1]	≤ 5

Coliformes (NMP 100 mL^{-1})	ND	ND	ND	≤ 4	ND

USEPA: United States Environmental Protection Agency; NMP: número mais provável; ND: não detectável. *valor expresso em termos de carbono orgânico dissolvido. Outra metodologia aplicada para identificação de microrganismos indicadores de contaminação fecal expresso em termos de UFC/100 mL

Objetivando uma melhor interpretação dos resultados obtidos, discussões acerca de cada parâmetro analisado no presente estudo, bem como seu enquadramento frente a normas de reuso, são apresentados nos tópicos subsequentes.

3.1. Concentração de matéria orgânica

No que tange à concentração de matéria orgânica, apresentada neste estudo na forma de COD, confirma-se a elevada capacidade de remoção do sistema, uma vez que a concentração residual média apresentou valor inferior à 10 mg/L. Dentre os fatores que contribuem para esta elevada capacidade de remoção de matéria orgânica empregando-se BRM, pode se destacar a alta concentração de biomassa no sistema devido à barreira física imposta pela membrana (JUDD e JUDD, 2011). Sob tal condição, a matéria orgânica biodegradável proveniente do esgoto afluente é rapidamente consumida, uma vez que o sistema opera em condições próximas à de endogenia (falta de substrato às bactérias heterotróficas). Além disso, cabe ressaltar que a própria seletividade imposta pela membrana também contribui consideravelmente para a remoção de matéria orgânica, tanto na forma particulada como solúvel. Segundo Park, Chang e Lee (2015), tal remoção é possível, pois, o mecanismo de rejeição de uma membrana não está relacionado apenas ao seu tamanho de poro, mas também às interações entre os compostos e sua superfície e/ou os seus poros, incluindo diferenças de carga, hidrofilicidade e rugosidade.

Com relação ao enquadramento do permeado para o reuso agrícola em termos de matéria orgânica, destaca-se que tanto a norma americana (USEPA, 2012), quanto as regulamentações europeias (EU, 2016) estudadas estabelecem valores máximos em termos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sendo de 10 mg/L a condição mais restritiva. Nesse contexto, é importante salientar que, conforme anteriormente apresentado, a concentração de matéria orgânica no presente estudo foi quantificada em termos de COD, e não de DBO. Todavia, considerando as condições operacionais empregadas e os processos de remoção anteriormente citados, acredita-se que a matéria orgânica residual (9,2 mg/L de COD) refere-se, sobretudo, a fração orgânica não biodegradável do efluente sanitário, a qual não seria passível de quantificação pelo teste de DBO. Assim, é aceitável

assumir que o permeado seria enquadrado dentro das exigências das legislações supracitadas e, portanto, poderia ser utilizado para irrigação, sem grandes problemas no que tange ao teor de matéria orgânica.

Confirmando a aplicabilidade do permeado, Primavesi (2002) afirma que a matéria orgânica serve como fonte de energia para microrganismos, além de aumentar a capacidade do solo em armazenar umidade, reter/fixar fósforo e nitrogênio, além de conter outros nutrientes essenciais para as raízes das plantas. Fonseca (2001) constatou que irrigar culturas de milho com efluente tratado propicia uma rápida mineralização da matéria orgânica nos solos. Da mesma forma que o uso de esgoto tratado, com concentrações semelhantes aos teores de matéria orgânica obtidos neste estudo, evita a utilização de adubos minerais e pode diminuir a possível contaminação das águas subterrâneas e superficiais por fertilizantes (SOUSA; LEITE; LUNA, 2001).

3.2. Concentração de nutrientes

É possível observar que a forma nitrogenada predominante no permeado foi o nitrato, com concentração residual média de 54,4 mg/L. Este comportamento é explicado devido as condições operacionais existentes no reator que proporcionam à ocorrência do processo de nitrificação, o qual consiste na oxidação do nitrogênio amoniacal presente no esgoto, à nitrito e posteriormente à nitrato pela ação de bactérias nitrificantes (METCALF e EDDY, 2014). Dentre os fatores existentes que favorecem à ocorrência da nitrificação, pode-se destacar a manutenção da temperatura e do pH em uma faixa adequada, a alta concentração de oxigênio dissolvido (OD) no reator, além da barreira física imposta pela membrana às bactérias nitrificantes, que resulta em uma maior densidade desses microrganismos no licor misto (METCALF e EDDY, 2014).

O nitrogênio é o elemento essencial para o crescimento das plantas, além de ser um nutriente requerido para síntese de aminoácidos, proteínas, clorofilas e ácidos nucleicos (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Dessa forma, algumas plantas conseguem adquirir o N gasoso a partir de uma associação entre microrganismos e sistema radicular, porém, a maioria das plantas obtém esse nutriente na forma de NO_3^- ou NH_4^+, em que, o primeiro é dominante em solos aerados, enquanto o segundo predomina em solos inundados (LANNA; CARVALHO, 2013). Tal condição pode favorecer a condução de NO_3^- até os vacúolos para armazenamento, podendo também, passar por um processo de redução a NH_4^+ sendo incorporado em aminoácidos ou outros compostos orgânicos (CARELLI et al., 2006).

Conforme destacado acima, pode-se afirmar que o permeado produzido apresenta elevado potencial de utilização, visto que a concentração de nitrato presente no mesmo pode vir a substituir fertilizantes químicos

utilizados na agricultura. Sousa, Leite e Luna (2001), mostram que efluentes tratados com concentrações similares de nitrato, podem produzir o mesmo efeito do nitrogênio encontrado na forma de fertilizantes comerciais. Fato comprovado por Fageria *et al.* (2000), que constataram a redução no uso de fertilizantes químicos a partir do reuso de efluentes domésticos tratados.

Vale salientar ainda, que o permeado produzido atende ao parâmetro de águas de reuso na Itália no que tange a concentração de amônio presente no efluente tratado. Já para a concentração de NO_3^- não existe nenhum valor máximo estipulado pelas legislações apresentada na tabela 2, possivelmente pelo fato do mesmo desempenhar um papel essencial para desenvolvimento e crescimento das plantas (LANNA; CARVALHO, 2013).

Com relação ao fósforo, quantificado no presente estudo sob a forma de ortofosfato, verifica-se que o sistema não apresenta uma expressiva capacidade de remoção, uma vez que a concentração residual observada foi superior a 5 mg/L, valor este muito próximo do quantificado para o esgoto sanitário bruto (Tabela 1). Este comportamento deve-se à inexistência no sistema de um processo físico-químico para a remoção deste nutriente, aliado à ausência de condições para a ocorrência do processo de remoção biológica aprimorada de fósforo (*Enhanced biological phosphorus removal - EBPR*) (OEHMEN et al., 2007). Assim, a remoção observada pode ser atribuída somente ao acúmulo de fósforo necessário à síntese celular microbiana (METCALF e EDDY, 2014).

De qualquer forma, destaca-se que a presença de fósforo é interessante do ponto de vista do reuso de água na agricultura. Visto que, esse macronutriente apresenta função estrutural e contribui para processos metabólicos como, síntese de ácidos nucléicos, respiração, transferência de energia e auxiliam na fixação do nitrogênio (PRADO, 2008). Da mesma forma que sua ausência pode inibir o desenvolvimento de algumas culturas e até interromper seu ciclo normal de produção (SIQUEIRA, 1995).

Cabe destacar que o permeado apresenta uma concentração significativa de fosfato atendendo o Regulamento KDP 379/2015, a qual estipula valor ≤10 mg L^{-1} de $P\text{-}PO_4^{3-}$, podendo assim ser aplicado para irrigação agrícola. Contudo, mesmo não atendendo ao parâmetro de reuso de água da Itália (Tabela 2), Alves et. al, (2018) afirmam que o uso de efluentes tratados contendo concentrações de fosfato contribui para o crescimento e desenvolvimento de culturas.

Destaca-se que esses nutrientes são de suma importância para biota aquática, porém, quando estão presentes em elevadas concentrações e sob condições ideais de luminosidade acarretam no fenômeno conhecido como eutrofização (SMITH; SCHINDLER, 2009). Dessa forma, pode-se destacar que a utilização de efluentes tratados para irrigação agrícola corrobora para redução do fenômeno de eutrofização em rios e lagos além de fornecer

nutrientes para o desempenho das plantas (ALVES et. al, 2018).

3.3. Microrganismos patogênicos

Segundo Shuval (1990), diversas doenças de veiculação hídrica, como febre tifoide, disenteria amebiana e esquistossomose podem ser contraídas a partir do consumo de hortaliças e frutas irrigadas com água residuária não tratada. Dessa forma, para reuso de água na agricultura, estudos indicam que o efluente tratado deve apresentar quantidades mínimas de microrganismos indicadores de contaminação fecal, cerca de 10^3 NMP/100 mL^{-1} (WHO, 1989). Caso contrário, grandes concentrações desses microrganismos inviabilizam sua utilização para irrigação.

Considerando os aspectos apresentados, é importante destacar que não foi constatada a presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal no efluente tratado, quantificados no presente estudo em termos de *E. Coli* e Coliformes totais. Ainda assim, não sendo detectada a presença de patógenos, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) indica as condições de reuso apenas para aplicação em parques públicos, cereais, culturas a serem industrializadas, silvicultura e árvores frutíferas, sendo proibidas para outros fins de irrigação. Porém, estudos realizados por Cuba et. al, (2015), apresentam resultados positivos ao utilizar águas de reuso para cultivo de hortaliças em sistemas hidropônicos. Como no Brasil inexistem padrões de qualidade microbiológicos para águas de reuso, os autores compararam seus resultados com a Resolução RDC nº. 12, que determina limite máximo de coliformes termotolerantes de 10^2 NMP/100 mL para culturas frescas, in natura, refrigeradas ou congeladas (BRASIL, 2001). Considerando que todas as amostras apresentaram ausência de *E. coli*, as exigências estabelecidas pela resolução foram atendidas.

Para a World Health Organization (WHO) (1989) a utilização de efluentes tratados para irrigação irrestrita pode apresentar concentração de coliformes fecais ≤10^3 NMP/100 ml^{-1}. Contudo Bastos et. al (2014), afirmam que para irrigação irrestrita ou por aspersão em qualquer cultura, inclusive as que possam ser consumidas cruas, a qualidade do efluente deve apresentar semelhança ao padrão de potabilidade da água, com ausência de coliformes e microrganismos patogênicos, além de turbidez ≤ 2 NTU. A restrição em termos de turbidez está relacionada à presença de cistos e oocistos de protozoários, os quais não são bem inativados pelos processos de desinfecção convencionais, diferentemente dos demais patógenos (RICHTER, 2011). Dessa forma, a utilização de indicadores de contaminação, como *E. coli* e Coliformes totais, não costumam representar de maneira confiável a presença desses cistos e oocistos, sendo a turbidez utilizada como parâmetro indireto para tal monitoramento. Nesse contexto, a utilização da filtração com membranas, como é o caso dos BRM, é bastante interessante, uma vez que

a barreira seletiva impede a passagem desses organismos, realizando um processo que pode ser enquadrado como desinfecção física.

Tal condição reafirma a possibilidade de utilização do permeado produzido a partir do BRM, uma vez que este não apresenta riscos para a saúde humana e tão pouco para as culturas que podem ser irrigadas.

3.4. Padrões Organolépticos e pH

Em relação às propriedades organolépticas do efluente tratado, os valores médios para turbidez e cor do permeado foram bastante satisfatórios, exibindo 0,3 NTU e 45,6 Pt/Co respectivamente, visto que o aspecto de limpidez proporciona maior aceitação pública para fins de reuso de água na agricultura (SUBTIL; MIERZWA; HESPANHOL, 2013). Contudo, Bastos *et al.* (2014), afirmam que para irrigação irrestrita ou por aspersão em qualquer cultura, inclusive as que possam ser consumidas cruas, a qualidade do efluente tratado deve apresentar turbidez inferior a 2 NTU. Entretanto, tal restrição refere-se, sobretudo a uma questão de saúde pública, uma vez que, conforme comentado anteriormente, a turbidez é utilizada como parâmetro indireto para o monitoramento da presença de cistos e oocistos de protozoários.

Em relação ao pH, Oliveira, Bastos e Souza (2019), afirmam que valores entre 5 e 6,5 estão próximos do ideal para que ocorra uma boa absorção de nutrientes pelas plantas. Já estudos realizados por United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2012) indicam um pH da água aceitável na faixa entre 6 e 9, para irrigação superficial e pulverização de alimentos destinados ao consumo humano. Viabilizando assim a utilização do permeado produzido para irrigação, em que apresentou uma média de 7,1. Desse modo, pode-se afirmar que todos os valores apresentados atendem as normas supracitadas na Tabela 2, caracterizando o elevado potencial de uso do permeado na irrigação agrícola.

3.5. Análise integradora dos resultados

Para estabelecimentos de diretrizes e normas em um país, WHO (1990) afirma que dois pontos distintos devem ser considerados. O primeiro, diz respeito a uma avaliação de riscos em que consiste na identificação global de contaminantes potencialmente perigosos; qual a relação dose-efeito nos seres humanos; e quais níveis de exposição os seres humanos conseguem tolerar. Tais avaliações atribuem valores às diretrizes no que diz respeito à proteção da saúde pública. Já o segundo, conhecido como gestão de risco, pode ser desenvolvida por países que queiram elaborar seus próprios padrões e normas, consistindo na leitura das avaliações de risco para que sejam aplicadas de acordo com a realidade nacional.

Neste contexto, pode-se dizer que a inexistência de normas acerca do reuso de efluentes tratados no Brasil dificulta sua utilização para irrigação agrícola. Tal dificuldade ocorre pela ausência de avaliações de riscos com base nas condições ambientais, culturais, sociais, tecnológicas e econômicas do país. Sobretudo, Hespanhol (2014) afirma que o Brasil possui um elevado potencial no que tange a elaboração de normas e parâmetros eficientes, baseado em metodologias cientificamente fundamentáveis que possibilitem uma legislação para a água de reuso.

Por fim, considera-se que o permeado atende a todas as exigências especificadas na legislação americana (USEPA, 2012) e a maioria dos parâmetros estipulados pela União Europeia (EU, 2016), possibilitando sua utilização para irrigação agrícola.

4. CONCLUSÃO

Com base no trabalho realizado, é possível concluir que não foi identificada a presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal no permeado produzido, destacando sua elevada potencialidade de utilização dessa água para fins agrícolas. Além do mais, vale destacar que a qualidade da água obtida atende aos parâmetros internacionais para águas de reuso estudados.

Conclui-se ainda, que a ausência de legislações brasileiras com parâmetros para águas de reuso inibe seu potencial uso na agricultura. Dessa forma, o incentivo a criação de uma legislação específica para tal fim, pode proporcionar um cenário ambientalmente sustentável, visto que regiões com elevada escassez hídrica podem fazer uso do efluente tratado.

REFERÊNCIAS

ALVES, P. F. S.; SANTOS, S. R.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; OLIVEIRA, P. M. Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, p. 1-7, 2018.

BANI-MELHEM, K.; ELEKTOROWICZ, M. Development of a novel submerged membrane electro-bioreactor (SMEBR): performance for fouling reduction. **Environmental science & technology**, v. 44, n. 9, p. 3298-3304, 2010.

BASTIAN, R., MURRAY, D. **Guidelines for Water Reuse**. USEPA Office of Research and Development, Washington, DC, EPA/600/R-12/618, 2012.

BASTOS, R. K. X.; K.; CHERNICHARO, C. A. L.; FLORÊNCIO, L.; MONTEGGIA, L. O; Von SPERLING, M.; AISSE, M. M; BEVILACQUA, P. D.; PIVELLI, R. P. Subsídios à Regulamentação do reúso da Água no Brasil - Utilização de Esgotos Sanitários

Tratados para Fins Agrícolas, Urbanos e Piscicultura. **Revista DAE**, v. 1, p. 50-62, 2008.

BEZERRA, R. M. C. M.; ALMEIDA, A. L. G. R.; LOPES SOBRINHO, A. B.; CHAGAS, H. C. A.; CALLADO, N. H. Desempenho de um reator sequencial em batelada aeróbio no tratamento de esgoto sanitário visando o reuso não potável. In: XII **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2017, Florianópolis.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas**. Ciência Rural**, v. 30, n.2, p. 365-372, 2000.

CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I. Partitioning of nitrate reductase activity in Coffea arabica L. and its relation to carbon assimilation under different irradiance regimes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 3, p. 397-406, 2006.

CARMO, R. L.; OJIMA, A. L. R. O; OJIMA, R.; NASCIMENTO, T. T. Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande exportador de água. **Ambiente & Sociedade**, p.83-96, 2007.

DE ARAÚJO, K. S.; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, A. C.; MALPASS, G. R. P. Advanced oxidation processes: a review regarding the fundamentals and applications in wastewater treatment and industrial wastewate**r**. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, p. 387, 2016.

DOMBROSKI, S. A. G.; SILVA, J. K. M.; SANTIAGO, F. S.; JALFIM, F. T. Desempenho de uma unidade biológica filtrante de baixo custo utilizada para tratamento de água cinza gerada em residência rural do semiárido do Rio Grande do Norte visando reuso na agricultura familiar. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Goiânia. Saneamento, Ambiente e Sociedade: entre a gestão, a política e a tecnologia. Rio de Janeiro: ABES, 2013.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; ZIMMERMANN, F. J. P. Resposta do arroz irrigado à adubação residual e aos níveis de adubação em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.4, n.2, p.177-182, 2000.

FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. Dissertação Mestrado. Piracicaba: ESALQ. 110p. 2001.

FREITAS, C. A. S., NASCIMENTO, J. A. M., BEZERRA, F. M. L., LIMA, R. M. M. Use of treated sewage as water and a nutritional source for bean crops. **Revista Caatinga**,

31(2), 487-494. 2018.

FREITAS, CLEY A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; MOTA, F. S. B.; GONÇALVES, L. R. B.; BARROS, E. M. Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 17, n. 7, p. 727-734, 2013.

HESPANHOL, I. Normas Anormais. **Revista DAE**, v. 198, p. 46-64, 2014.

HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil-Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n.4, p. 75-95, 2002.

JUDD, S.; JUDD, C. The MBR Book: **Principles and Applications of Membrane Bioreactors in Water and Wastewater Treatment**. 2ª ed – Elsevier Ltd, Oxford, UK, 2011.

KRAUME, M.; BRACKLOW, U.; VOCKS, M.; DREWS, A. Nutrients removal in MBRs for municipal wastewater treatment. **Water Science and Technology**, v. 51, p, 391, 2005.

LANNA, A.C.; CARVALHO, M. A. F. Nitrato redutase e sua importância no estabelecimento de plantas de arroz de terras altas. **Série Documentos,** v. 280, p. 9, 2013.

METCALF; EDDY. **Wastewater Engineering - Treatment and reuse**. 5ª ed. Boston: McGraw-Hill, 2014.

MOREIRA, V. F. A Reutilização das Águas Residuais como Garantia dos Direitos à Água, ao Meio Ambiente Equilibrado, à Vida e à Saúde. **Estudos Geográficos (UNESP**), v. 12, p. 170-190, 2014.

MORUZZI, R. B. Reuso De Água No Contexto Da Gestão De Recursos Hídricos: Impacto, Tecnologias e Desafios. **OLAM - Ciência e Tecnologia**, v. 8, p. 271–294, 2008.

OEHMEN, A.; LEMOS, P. C.; CARVALHO, G.; YUAN, Z.; KELLER, J., BLACKALL, L. L.; REIS, M. A. Advances in enhanced biological phosphorus removal: from micro to macro scale**. Water research,** v. 41, n. 11, p. 2271-2300, 2007.

OLIVEIRA, A. A. S.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Adaptation of domestic effluent for agricultural reuse by biological, physical treatment and disinfection by ultraviolet radiation. **Rev. Ambient. Água,** v. 14, n. 2, e2292, 2019.

PARK, H.; CHANG, I.; LEE, K. **Principles of Membrane Bioreactors for Wastewater**

Treatment, Taylor & Francis Group, 2015.

PLETSCH, T. A. **Irrigação de milho por sulcos com efluente de esgoto doméstico tratado.** 2012. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. 1. ed. São Paulo: UNESP, v. 1. 407 p. 2008.

PRIMAVESI, A. **Agricultura em regiões tropicais. Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel. 549p. 2002.

PROVENZI, G.; LAPOLLI, F. R.; GRASMICK, A. Treatment of food industrial effluent by submerged membrane bioreactor**.** In: **IWA - Specialized Conference on Water Environment Membrane Technology**, 2004, Seoul. IWA - Specialized Conference on Water Environment Membrane Technology, 2004.

REBOUÇAS, L. R. J. et al. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2010.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. 1. Reimp. São Paulo, SP: Blücher, 340 p. 2011.

SALGADO, V. C; SOUZA FILHO, E. J.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; KATO, M. T. Cultivo de melancia no semiárido irrigado com diferentes lâminas de esgoto doméstico tratado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 727-738, 2018.

SHUVAL, H. L. **Wastewater irrigation in developing countries: health effects and technical solutions**. Washington: World Bank, 55p. (Technical paper, 51). 1990.

SIQUEIRA, J. O. **Aspects of soils, plant nutrition and microbiology in the implementation of riparian**. Belo Horizonte, Minas Gerais: CEMIG. 23pp. 1995.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution,** v. 24, p. 201-207, 2009.

SOUSA, J. T.; LEITE, V. D.; LUNA, J. G. Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. **Rev. bras. eng. agríc. ambient**, v. 5, n. 1, p. 107-110, 2001.

SUBTIL, E. L.; MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. Avaliação de desempenho de um Biorreator com Membranas Submersas para o tratamento de esgotos sanitários visando o reúso de água. **27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambienta**l, 2013.

United States Environmental Protection Agency – USEPA. ***Guidelines for Water Reuse. Office of Research and Development*, Washington, DC, EPA/600/R-12/618, 2012**.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, "**Basic Documents**", 38th Edition, World Health Organization, Geneva, Switzer-land. 1990.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Volume 2: Wastewater use in agriculture. Geneva: WHO. 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). ***Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*.** Genebra: World Health Organization. (Technical Report, series n. 778.) (1989).

EVALUATION OF POTENTIAL OF REUSE IN AGRICULTURE OF PERMEED PRODUCED IN A MEMBRANE BIORREACTOR APPLIED TO TREATMENT OF WASTEWATER

ABSTRACT – Agriculture requires high amounts of water for irrigation, however some regions face a water scarcity scenario, which makes it possible to use wastewater for agricultural irrigation. Thus, this study evaluated the potential for reuse of the permeate produced in a membrane bioreactor (BRM) treating sanitary effluents. In order to evaluate the reuse potential of the produced permeate, the following parameters were analyzed: turbidity, true color, dissolved organic carbon (COD) ammonia nitrogen (N- NH_4^+), nitrite (N- NO_2^-), nitrate (N- NO_3^-) , phosphate (P- PO_4^{3-}), pH, total coliforms (CT) and *Escherichia coli*. Twice a week for 30 days. The produced permeate showed high quality in all analyzed parameters, reaching the total removal of microorganisms indicating fecal contamination by bacteria, besides the significant reduction of Turbidity, COD and true color, of 0.3 NTU, 28.8 mg / L- 1 and 45.6 Pt / Co respectively. Thus, the results have high reuse potential for agricultural irrigation, since the produced permeate meets the standards specified by the United States Environmental Protection Agency (USEPA) and European laws. However, it can be seen that the lack of Brazilian legislation for reuse makes its application difficult in agriculture.

KEYWORDS: Environmental Legislation; Irrigation; Water Reuse.

CAPÍTULO 7

UTILIZAÇÃO DE FUNGOS O TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS: UMA REVISÃO NARRATIVA

Amanda Tayara Ribeiro da Silva
http://lattes.cnpq.br/3273271972051740
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR

Patrícia Almeida Sacramento
http://lattes.cnpq.br/6207995340594605
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR

André Aguiar Battistelli
http://lattes.cnpq.br/5437743957837439
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR

RESUMO – A indústria têxtil destaca-se por seu desempenho econômico, devido a sua capacidade de produção e geração de empregos. Com a expansão de suas atividades, amplia-se o uso de matéria-prima e água, gerando grandes quantidades de resíduos sólidos e efluentes líquidos em toda sua rede de produção, sendo um fator de grande importância no que diz respeito à contaminação ambiental. Os efluentes resultantes da etapa de tingimento são mais problemáticos devido à elevada carga de compostos químicos dos corantes. Nesse viés, processos físicos e químicos são alternativas para o tratamento destes efluentes, porém tratamentos biológicos vêm se destacando por ser um processo natural, em que não há necessidade de adição de substâncias químicas no processo. Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivo realizar uma discussão acerca da utilização de fungos para o tratamento de efluentes têxteis, com ênfase no potencial de biodegradação enzimática de corantes, nas condições operacionais utilizadas durante o tratamento e em sua aplicabilidade prática. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica do tipo narrativa com foco no objeto de estudo. A partir do levantamento realizado, constatou-se que a utilização de fungos para o tratamento de efluentes têxteis apresenta elevada potencialidade, principalmente devido a sua capacidade de biodegradação enzimática de corantes, aliada ao processo de adsorção. Já com relação às condições operacionais utilizadas, a concentração de fungos (ou substrato) é o fator de maior influência. Estudos mais aprofundados devem ser realizados a fim de determinar as condições ótimas do processo, podendo viabilizar a sua aplicabilidade em larga escala.

PALAVRAS-CHAVE: Micorremediação; Degradação Enzimática; Com-

posto residual.

1. INTRODUÇÃO

Em razão do crescimento populacional e mudança dos hábitos da população observado nos últimos anos, eleva-se a demanda por produtos do segmento têxtil e, consequentemente, têm-se um aumento no consumo de água e na geração de resíduos durante os processos de fabricação. Dentre os resíduos gerados no processo de produção da indústria têxtil, os efluentes altamente coloridos resultantes da etapa de tingimento são os mais problemáticos devido, sobretudo, a elevada carga de compostos químicos oriundos da utilização de corantes (ZANONI; CARNEIRO, 2001).

Corantes são compostos orgânicos utilizados em diversos processos nas indústrias de alimentos, cosméticos, fabricação de papel, têxtil, dentre outros, podendo ser de natureza vegetal, animal ou artificiais. Esses produtos químicos são incorporados no efluente, afetando o meio ambiente após o processo de tingimento, quando lançados no corpo d'água. (BALAN; MONTEIRO, 2001).

Dessa forma, o descarte de forma inadequada de efluentes contendo corantes implica no comprometimento do ecossistema aquático como um todo. Além disso, alguns corantes podem ter em sua composição química a presença de metais pesados e que do ponto de vista da contaminação humana é bastante preocupante, considerando a presença de compostos bioacumulativos, que em conjunto com o efluente tornam-se mutagênicos e carcinogênicos (ZANONI; YAMANAKA, 2016). Neste contexto, com a crescente demanda por alternativas que solucionem esse problema, novas tecnologias foram desenvolvidas para remover estes compostos em efluentes têxteis (BHATIA *et al.,* 2017).

Dentre as tecnologias usualmente aplicadas no tratamento de efluentes, é importante ressaltar que os processos tradicionais apresentam elevada eficiência na retirada de material particulado e matéria orgânica facilmente biodegradável. Em contrapartida, a remoção da cor e de compostos recalcitrantes é insatisfatória, além disso, podem resultar em poluição secundária, devido à grande demanda de eletricidade e a elevada geração de lodo (BHATIA *et al.,* 2017).

Na aplicação do processo biológico empregado para degradação dos corantes, que envolvem, especialmente, a utilização da tecnologia de lodos ativados, destaca-se a limitação no desempenho do tratamento, devido à complexidade da estrutura química dos corantes, impedindo a sua degradação (KHARAT, 2015). Nesse contexto, uma alternativa possível para o polimento dos efluentes após realização de tratamento físico-química ou biológico, consiste na utilização de carvão ativado para adsorção dos corantes. Esta técnica apresenta remoção significativa para algumas situações, contudo, por

apresentar a mesma carga elétrica da maioria dos corantes, sua interação é reduzida, sendo um fator limitante (KUNZ *et al.,* 2002).

Diante deste cenário, é importante destacar a possibilidade de utilização de métodos envolvam a biorremediação, sendo uma alternativa em razão do tempo de operação e baixo custo (BHATIA *et al.,* 2017). Apesar da dificuldade do processo de descoloração, estudos empregando microrganismos apresentam resultados promissores na degradação e remoção da cor, com destaque para a utilização de fungos. A ação fúngica configura-se em dois processos que podem ocorrer simultaneamente: a adsorção na superfície e nos interstícios do fungo e; a degradação da estrutura do corante por meio de atividade enzimática (SEN *et al.,* 2016).

Em virtude das características supracitadas, o Filo Basidiomycota, agrupamento popularmente conhecido como cogumelos, destacam-se, no que diz respeito ao tratamento de efluentes, por sua capacidade de degradação e por seu atrativo valor econômico. As enzimas secretadas por esses fungos digerem a lignina e a celulose, componente estrutural da madeira, podendo também degradar uma ampla gama de toxinas que possuem estruturas químicas semelhantes (TERÇARIOLI *et al.,* 2010). De acordo com Stamets (2005), a micorremediação é o uso de fungos, substratos por ele colonizado e ainda enzimas purificadas para degradar e remover toxinas do meio ambiente. Este processo consiste na quebra de composto recalcitrantes, de longas cadeias tóxicas, modificando a sua estrutura química em compostos menos tóxicos.

Nesse viés, a utilização de fungos apresenta-se como uma ferramenta com elevado potencial para a aplicação no tratamento de efluentes da indústria têxtil, devido a sua alta capacidade de degradação de substâncias recalcitrantes e por não aplicar substâncias químicas durante o seu processo (BALAN; MONTEIRO, 2001). Entretanto, os estudos relacionados a esta temática são inconclusivos quanto a potencialidade de aplicação do processo, sobretudo no que tange aos mecanismos de remoção envolvidos e à sua aplicação em escala real. Diante deste cenário, é evidente a necessidade de se realizar uma compilação de dados recentes relacionados à essa tecnologia, além da análise dos fatores que interferem em sua performance.

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo compilar informações e realizar uma discussão acerca da utilização de fungos para o tratamento de efluentes têxteis, com ênfase no potencial de biodegradação enzimática de corantes, nas condições operacionais utilizadas durante o tratamento e em sua aplicabilidade prática.

2. METODOLOGIA

O presente estudo refere-se a uma pesquisa exploratória com abordagem qualitativa. Segundo Cervo, Bervian e Silva (2007), a pesquisa

exploratória busca realizar descrições qualitativas e ampliar o conhecimento do pesquisador acerca do objeto de estudo, possibilitando a identificação mais precisa dos problemas de pesquisa, a clarificação de conceitos e o desenvolvimento de novas hipóteses a serem testadas em estudos subsequentes. Dessa forma, o planejamento da pesquisa necessita ser flexível o bastante para permitir a análise dos vários aspectos relacionados com o fenômeno.

Realizou-se neste estudo uma revisão bibliográfica do tipo narrativa, cuja finalidade consiste em descrever e discutir o desenvolvimento ou o "estado da arte" de um determinado assunto, identificando temáticas recorrentes, apontando novas perspectivas ou consolidando uma área de conhecimento. De acordo com Rother (2007), as revisões narrativas são consideradas como de menor rigor científico, devido à seleção arbitrária de fontes de informação, sem o estabelecimento de critérios sistemáticos, uma vez que a seleção dos estudos e a interpretação das informações podem estar sujeitas à subjetividade dos autores.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA

3.1 Efluentes têxteis

Ao longo do processo produtivo, os principais resíduos são gerados durante as etapas de tingimentos e corte, podendo ser descartados com ou sem tratamento prévio em corpos hídricos. Na fase de tingimento destacam-se a modelagem, a fixação à fibra e a lavagem final, que compreendem reações químicas, lavagem recorrentes para retirada de excessos, padronização, qualidade de retenção da cor em relação à luz e o uso prolongado (GUARANTINI; ZANONI, 2000). Estima-se que cerca de 15% do corante aplicado durante o tingimento é liberado na forma de águas residuais (ALVES et al., 2019).

Dessa forma, a indústria do vestuário é uma das atividades que mais contribui para a contaminação ambiental, devido ao consumo em larga escala de água e o baixo grau de biodegradabilidade de seus resíduos (JAYANTHY *et al.,* 2014). Ao longo da cadeia produtiva, diferentes tipos de corantes são utilizados, conforme a demanda pelos tecidos, estação do ano e evolução da moda. Dessa forma, os efluentes apresentam uma composição química complexa e altamente concentrada, formando efluentes distintos e emergindo como grandes poluentes ambientais (KHARAT, 2015).

Os corantes são substâncias químicas obtidas a partir de fontes naturais ou de maneira sintética, de origem orgânica ou inorgânica, capazes de conferir coloração a um tecido, alimento ou bebida (ZANONI; YAMANAKA, 2016). Dentro da indústria têxtil, os corantes utilizados para os processos de tingimento apresentam uma estrutura dividida entre seu grupo cromóforo e a

sua estrutura de fixação à fibra (KUNZ *et al.,* 2002). O grupo cromóforo é o arranjo responsável pela coloração apresentada por cada corante, agregado a sua estrutura, os grupos auxocromos contribuem na diversificação da cor atribuída ao corante. Referente a essa estrutura, os corantes classificam-se como azo, antraquinona, nitro etc. (BOGONI *et al*., 2019). Dentre a diversidade de corantes, os grupos habitualmente utilizados pertencem ao agrupamento azo e "vat", os quais apresentam um anel aromático ligado a um agrupamento – N = N – (KAMIDA, 2004).

Quanto a sua fixação, suas propriedades físico-químicas são essenciais para a diversidade de fibras, sendo realizadas através de ligações iônicas, ligações de hidrogênio, ligações de Van der Waals e ligações covalentes (GUARANTINI; ZANONI, 2000). De acordo com a fixação, corantes são classificados como reativos, diretos, ácidos, à cuba, sulfurosos, dispersos, pré-metalizados, branqueadores ópticos, etc. (ZANONI; CARNEIRO, 2001).

3.2 Impactos ambientais relacionados à indústria têxtil

Segundo Bhatia (2017), a maior ameaça ao meio ambiente relacionado à indústria têxtil refere-se ao lançamento de efluentes não tratados (ou tratados de maneira insatisfatória) nos corpos hídricos, visto que muitos desses corantes impedem o processo fotossintético de plantas aquáticas, bloqueiam a penetração da luz, e favorecem a síntese de substâncias tóxicas em um ambiente deficiente em oxigênio dissolvido.

Além das variações nas características físicas dos corpos hídricos, estudos apresentaram uma relação direta entre essas alterações com muitos tipos de câncer, em diferentes órgãos, além de deformidades cromossômicas em células de mamíferos (ALI, 2010). Segundo Zanoni e Yamanaka (2016), a contaminação oral por ingestão de água, devido ao tratamento ineficaz de compostos com grande quantidade de ligações azoicas, grupos sulfonados e anéis aromáticos presentes em sua composição molecular, acarreta efeitos adversos atuando como xenobióticos, podendo provocar alterações bioquímicas e fisiológicas no organismo através de suas atividades naturais ou de seus produtos de metabolização. Dentre os efeitos observados após o período de exposição destaca-se: menor fecundidade, mortalidade, inibição do crescimento, elevado índice de ação mutagênica, dentre outros.

Entre os corantes sintéticos comerciais, os corantes azo são a maior classe com uma ampla gama de cores e estruturas e representam até 70% do total de corantes têxteis usados (LANG *et al.,* 2013). Estes corantes apresentam alta complexidade e baixa biodegradabilidade, emergindo como os principais poluentes ambientais, mostrando-se como um grande desafio o tratamento de águas residuais contendo corantes associado ao processo de degradação (JAYANTHY *et al.,* 2014; BHATIA, 2017). O tratamento oferecido pelas estações de tratamento de água não é capaz de realizar a quebra

desses compostos que circundam a água, portanto quando descartados em mananciais de captação essas substâncias não são degradadas, sendo capazes de causar malefícios no organismo de quem a ingere.

3.3. Fungos Basidiomicetos

Os fungos são organismos singulares devido às suas características morfológicas, fisiológicas e recursos genéticos. Presentes praticamente em toda superfície terrestre, estima-se que existam cerca de 1,5 milhão de espécies, porém somente cerca de sessenta mil espécies foram descritas sendo a maioria de regiões temperadas do hemisfério Norte (TERÇARIOLI, et al. 2010). Segundo Stamets (2005), há mais espécies de fungos, bactérias e protozoários em um pequeno pedaço de terra, do que plantas e animais vertebrados em toda a América do Norte.

Os fungos, em sua totalidade, são heterotróficos, sendo capazes de colonizarem qualquer ambiente como ar, água e solo, em que desempenham papéis-chave na ciclagem de nutrientes. Dentro desses ambientes complexos, fungos são encontrados em uma variedade de nichos ecológicos, onde obtêm matéria orgânica para seu crescimento de três formas: saprofitismo, parasitismo e mutualismo. Sendo assim, são denominados os grandes recicladores do planeta, desmembrando grandes moléculas orgânicas em porções menores, que, por sua vez, nutrem outros seres vivos (STAMETS, 2005).

Dentre os filos pertencentes ao Reino Fungi, o filo Basidiomycota é o agrupamento que engloba os representantes com maior grau de heterogeneidade estrutural (FONSECA, 2009). Popularmente conhecidos como cogumelos, orelhas-de-pau e fungos de podridão branca, possuem estrutura eucariótica e aclorofilada, sendo a maioria das espécies sapróbia, contribuindo para decomposição de troncos e folhas, sendo encontrados em diferentes substratos e biomas (KIRK *et al.,* 2008).

Os fungos Basidiomicetos apresentam grande aparato enzimático, degradando principalmente compostos lignocelulíticos presentes na madeira, compostos xenobióticos de complexa degradação (STAMETS, 2005). Nesse contexto, é importante destacar que as enzimas produzidas pelos fungos podem também quebrar as estruturas dos compostos dos corantes, assim como fazem com a lignina. Em função disso, esses fungos mostram-se uma alternativa interessante para o tratamento de efluentes têxteis.

3.3.1 Sistemas enzimáticos

Enzimas são um conjunto de substâncias orgânicas, sendo a maioria de natureza proteica, que atuam como catalisadores em reações químicas, de forma intra ou extracelular, sendo essenciais no processo de degradação

da matéria orgânica. As enzimas são constituídas por uma sequência de aminoácidos, podendo estar associada com outros polímeros, como carboidratos e lipídeos. (ORLANDELLI et al., 2012).

O mecanismo ligninolítico responsável pela biodegradação da lignina é o mesmo envolvido na degradação de poluentes orgânicos por basidiomicetos ligninolíticos, visto que a molécula de lignina possui estrutura complexa, assim como a de compostos recalcitrantes presentes em corantes têxteis. Devido à irregularidade estrutural da molécula de lignina, fator que a torna resistente a ação enzimática, os fungos basidiomicetos desenvolveram mecanismos inespecíficos para realizar a degradação da lignina (BARR; AUST, 1994). Dessa forma, as principais enzimas modificadoras de lignina, são a lignina-peroxidases (LiP), manganês-peroxidases (MnP) e lacases (Lac), estando diretamente associadas ao processo de degradação não apenas da lignina, bem como de compostos xenobióticos (WESENBERG *et al.,* 2003).

A enzima lignina-peroxidase, descoberta a partir do processo evolutivo dos fungos degradadores de lignina, apresentam um grande potencial na transformação de lignina e seus derivados. Constituinte do grupo de glicoproteínas, contendo um agrupamento heme, ferro como grupo prostético, necessitando de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), para operação de sua atividade catalítica (MOREIRA NETO, 2006). Antecedente ao processo de degradação, a molécula de peróxido de hidrogênio oxida a enzima e os núcleos aromáticos da molécula de lignina, removendo elétrons, gerando radicais catiônicos (REYS, 2003). A lignina peroxidase tem alto potencial de degradação de diversas estruturas, além da função de oxidar estruturas não-fenólicas metoxiladas, diferenciando-se das demais enzimas (WESENBERG *et al.,* 2003).

A MnP, enzima também extracelular, produzida simultaneamente com a LiP, apresenta propriedades estruturais análogas, uma vez que é uma glicoproteína que possui ferro como grupo prostético, sendo depende de peróxido de hidrogênio para realizar as suas atividades (WARIISHI *et al*., 1992). Comumente produzidas por fungos de decomposição branca, a enzima manganês peroxidase atua como isoenzima, oxidando Mn (II) em Mn (III), atuando de forma eficaz nos processos de oxidação catalítica. A decomposição da lignina e de compostos xenobióticos é exclusivamente dependente da disponibilidade de íons de manganês, sendo, portanto, um biocatalisador potencial para remediação de corpos d'água e solos contaminados (MOREIRA NETO, 2006; FONSECA, 2009).

As enzimas lacases são, sobretudo, glicoproteínas extracelulares que apresentam cobre em sua estrutura. As lacases fúngicas, como parte do sistema enzimático ligninolítico, bem difundidas na natureza, são produzidas por quase todos os basidiomicetos transformadores de madeira e matéria orgânica. A sua participação é significativa na decomposição

ligninolítica, integrando a oxidação de componentes não-fenólicos da lignina (WESENBERG *et al.,* 2003). As lacases têm sido intensamente estudadas, com foco em sua aplicabilidade industrial, por seu potencial ligninolítico e por sua capacidade de catalisar a oxidação de fenóis e, principalmente, de compostos aromáticos, possuindo papel importante na indústria têxtil por sua aplicação em clareamento de corantes, síntese de produtos químicos e remediação de solo e águas contaminadas (DURÁN *et al.,* 2002).

3.4. Aplicação de fungos para o tratamento de efluentes têxteis

Considerando os métodos convencionais para o tratamento de efluentes têxteis, estudos com base no tratamento enzimático têm se destacado por ser um método natural, em que aplicação de produtos químicos é dispensada. A utilização de microrganismos diferencia-se por sua capacidade na degradação de corantes têxteis, por sua elevada eficiência na degradação de substâncias recalcitrantes, pela possibilidade de operação em amplo espectro de pH, além de altas e baixas concentrações. Dentre os microrganismos que destacam-se na ação enzimática, estão os fungos basidiomicetos degradadores de lignina, que se distinguem por sua eficiência na degradação de uma gama extremamente diversa de poluentes ambientais muito persistentes ou tóxicos (BARR; AUST, 1994).

Dessa forma, os métodos abrangendo os sistemas de biorremediação, que envolvem a aplicação de fungos, são capazes de remover e degradar poluentes em situações adversas. Os fungos apresentam características únicas de crescimento em condições de extremo estresse, portanto a sua ação é otimizada devido a ramificação de suas hifas, que por sua vez aumentara a área de contato e biodegradação (NETO, 2006).

É importante destacar que este método de tratamento foi realizado primeiramente por meio do contato direto do efluente com o fungo *in natura* ou por meio da produção e utilização de um substrato enzimático concentrado. Entretanto, uma outra possibilidade, diz respeito à utilização do composto residual gerado a partir da produção dos fungos (BOGONI *et al.,* 2019). Este composto é formado a partir da associação do fungo com algum substrato orgânico, em que serão secretadas enzimas extracelulares que atuam nesses compostos para a sua degradação. Desse modo, ao finalizar o processo, o resultado será um composto residual colonizado pelo micélio do fungo, contendo enzimas capazes de degradar substâncias tóxicas presentes nos corantes.

Nesse contexto, a micorremediação com ênfase na utilização do substrato colonizado pelo fungo para a quebra de composto recalcitrantes e de longas cadeias tóxicas, apresenta-se como uma alternativa interessante, pois alia-se o tratamento de efluente ao aproveitamento de um resíduo. Nesse processo, o tratamento é realizado em duas etapas que podem ocorrer

simultaneamente: a degradação da estrutura do corante por meio de atividade enzimática supracitada e a adsorção na superfície do composto (geralmente serragem) e nos interstícios do fungo (STAMETS, 2005; SEN *et al.,* 2016). A adsorção consiste em um processo de transferência de massa, em que as moléculas do fluido (adsorvido), são transferidos para uma superfície sólida (adsorvente). Dentre os adsorventes mais utilizados, destaca-se o carvão ativado para eliminação dos corantes, porém seu alto custo torna necessário a busca por novas alternativas, tal como o composto residual em questão.

Entre os fungos basidiomicetos ligninolíticos, as espécies *Pleurotus ostreatus* (Fr.) P. Kumm, 1871 e *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, 1921, são as espécies fúngicas mais estudas para os processos de degradação de corantes. Estas espécies são caracterizadas por serem produtoras das enzimas lignina-peroxidase, manganês-peroxidases e lacases, as quais permitem com que o micélio degrade alguns dos materiais mais resistentes feitos pelo homem ou pela natureza (STAMETS, 2005; KUNZ *et al.,* 2002). Todavia, é importante destacar que também existem estudos com outras espécies.

De acordo com Bogoni et al. (2019), experimentos realizados com o composto residual colonizado pelo fungo *Pleurotus ostreatus*, permitiram a obtenção de eficiência de remoção de cor próxima a 70%, empregando concentração de 100 g L^{-1}. Os autores destacam que o pH não influenciou no processo, dessa forma, sugeriram que o resultado obtido seria alcançado em qualquer faixa de pH. Por fim, ainda verificaram que o processo de adsorção foi o principal mecanismo de remoção, entretanto, o processo de degradação enzimática também contribuiu para o aumento da eficiência.

Antunes et al. (2010), realizaram um estudo para a avaliação da eficiência de adsorção de corantes utilizando serragem, com concentração de 10 g L^{-1} e tempo de contato de 60 horas, tendo obtido eficiência próxima a 80%. Segundo estes autores, a remoção obtida pode ser atribuída à elevada capacidade de adsorção dos resíduos de madeira utilizados, o que é explicado pela sua grande área superficial. Tais resultados evidenciam que o processo de adsorção também pode contribuir na remoção de corantes, corroborando que a utilização do composto residual da produção de fungos mostra-se como uma alternativa interessante para o tratamento de efluentes têxteis, uma vez que alia este processo ao de degradação enzimática.

Silva, Coelho e Cammarota (2010) avaliaram o emprego direto de cogumelos *Agaricus bisporus (J.E.Lange) Imbach, 1946* para a remoção de cor de uma mistura sintética de corantes reativos. De acordo com estes autores, os melhores resultados (73% de remoção) foram obtidos para maiores áreas superficiais de contato do cogumelo (cogumelo moído), o que demonstrou o importante papel do processo de adsorção de corantes na própria superfície do fungo. Entretanto, também foi constatado que a atividade enzimática contribui satisfatoriamente no processo de remoção.

Yesilada *et al.* (2003), na análise da descoloração do corante Astrazone com seis espécies de fungos, sendo elas, *Trametes versicolor*, *Funalia trogii* (Berk.) Bondartsev & Singer, 1941*, Phanerochaete chrysosporium* (Fr.) P.Karst, 1889*, Pleurutos florida* (Fr.) P. Kumm, 1871*, Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Fries, 1838, sem a adição de compostos orgânicos e inorgânicas, obtiveram eficiência de remoção superiores a 75% em todas as condições estudadas. Dentre as espécies analisadas, a espécie *F. trogii* apresentou uma rápida atividade de remoção da coloração. Os referidos autores constataram ainda, que o tempo de operação para descoloração de corantes está diretamente relacionado ao metabolismo microbiano e não necessariamente à adsorção.

Kamida *et al.* (2005), por sua vez, realizaram um estudo para avaliar a influência da atividade enzimática na remoção de corantes têxteis utilizando fungos *P. sajor-caju*, tendo verificado descoloração total após 14 dias. De acordo com estes autores, foi constatada a ocorrência de atividade enzimática durante todo o processo, indicando que, de fato, as enzimas também contribuem no processo de descoloração. Resultados semelhantes foram obtidos por Orzechowski *et al.* (2018), que avaliaram a remoção de cor e redução da toxicidade de um efluente têxtil sintético empregando substrato enzimático concentrado proveniente de fungos *P. sajor-caju*. De acordo com estes autores, foram obtidas eficiências satisfatórias de remoção de cor e redução da toxicidade, o que foi atribuído, sobretudo, à ação da enzima lacase.

No experimento conduzido por Soares (1998), que utilizou a espécie de fungo *Trametes villosa* **(Sw.) Kreisel, 1971,** *in natura*, para a descoloração do efluente, verificou-se uma eficiência de remoção de 80%. De acordo com o autor, a espécie apresentou um bom desempenho devido a sua elevada capacidade de adaptação ao efluente. Diante dos resultados apresentados, é evidente o elevado potencial da utilização de diversas espécies de fungos para o tratamento de efluentes da indústria têxtil. Destaca-se, entretanto, que para a aplicação desta tecnologia em escala real, outros estudos devem ser realizados com vistas a otimizar as condições operacionais e atestar a viabilidade econômica de sua aplicação.

4. ANÁLISE CRÍTICA DO OBJETO DE ESTUDO

A partir do levantamento realizado, verificou-se que diversos estudos apontaram para um elevado potencial de utilização de espécies fúngicas para o tratamento de efluentes têxteis, sobretudo com intuito de degradar e/ou realizar a remoção de corantes. É importante destacar, ainda, que o referido tratamento pode ocorrer por duas vias: adsorção e degradação enzimática. Nesse contexto, podem ser utilizados para ao tratamento, fungos *in natura,* substratos enzimáticos concentrados extraídos dos fungos e, também, o

composto residual utilizado para a sua produção comercial.

Em relação aos fungos utilizados, as espécies apresentam-se como um fator que influencia na degradação dos corantes. Dentre estas, destacam-se: *F. trogii, P. ostreatus e T. versicolor*. A espécie *F. trogii* que apresentaram uma rápida atividade de remoção da coloração devido ao seu metabolismo microbiano. Quanto aos fungos *P. ostreatus* e *T. versicolor*, ambas espécies são caracterizadas por serem produtores das enzimas lignina-peroxidase, manganês-peroxidases e lacases, responsáveis pela degradação de ampla gama de poluentes recalcitrantes.

No que diz respeito às condições operacionais empregadas, verificou-se que a concentração de fungos (ou de substrato) utilizados apresenta influência direta na eficiência e na velocidade de descoloração obtidas, sendo que quanto maior a concentração de substrato aplicada, maior é a porcentagem de remoção da cor. Destaca-se, ainda, que diante os resultados analisados, condições ambientais como o pH e a temperatura não influenciaram no processo de remoção e degradação. Como os efluentes têxteis geralmente apresentam pH alcalino, o pH 9 pode ser ideal para o tratamento. No que se refere a temperatura, o tratamento poderia ser realizado sem a necessidade de ajuste da temperatura do efluente gerado nas indústrias.

Diante deste cenário, acredita-se que a micorremediação seja uma ferramenta com elevado potencial de aplicação para o tratamento de efluentes da indústria têxtil, devido a sua alta capacidade de degradação de substâncias recalcitrantes e por não aplicar substâncias químicas durante seu processo, caracterizando-se como uma alternativa ambientalmente adequada. Dentre as possibilidades avaliadas, a utilização do composto residual da produção dos fungos tem se mostrado mais interessante, uma vez que permite a ocorrência do processo de adsorção na superfície dos fungos e na serragem, bem como a ocorrência da degradação enzimática. Além disso, esta opção é bastante interessante do ponto de vista ambiental, uma vez que alia a utilização de um resíduo ao desenvolvimento de uma tecnologia sustentável para o tratamento de efluentes da industrial têxtil.

No Brasil, o tratamento de efluentes traz uma série de desafios em relação as grandes quantidades de efluentes não tratados descartados em corpos d'água. Este cenário contribui diretamente com a saúde pública e com a contaminação de rios e lagos. O desenvolvimento de tecnologias sustentáveis é primordial, tanto para a preservação da natureza como para consumo de água de qualidade.

5. CONCLUSÃO

De acordo com o levantamento bibliográfico realizado, conclui-se que a utilização de fungos para o tratamento de efluentes têxteis apresenta elevada potencialidade, sobretudo devido à sua capacidade de biodegradação

enzimática de corantes, aliada ao processo de adsorção. Verificou-se, também, que a utilização do composto residual da produção de fungos mostra-se como uma alternativa mais adequada do ponto de vista ambiental e tecnológico para este fim. No que diz respeito às condições operacionais, a concentração de fungos (ou substrato) é o fator de maior influência, ao passo que a temperatura e o pH parecem não afetar de forma expressiva o processo. Entretanto, estudos mais detalhados devem ser realizados de forma a definir as condições operacionais ótimas para a aplicação desta tecnologia em escala real, além de avaliar a viabilidade econômica de sua utilização.

REFERÊNCIAS

ALI, H. Biodegradation of synthetic dyes-a review. **Water. Soil. Pollut,** v. 213, p. 251—273, 2010.

ALVES, A. T. A. et al. Revisão sistemática de literatura: estudo de caso sobre a remoção de cor de águas residuais têxteis**. Revista Geama – Ciências Ambientais e Biotecnologia**, p. 4-17, 2019.

ANTUNES, M. L. P.; CAMARGO, S. R. G. D.; JESUS, C. P. C. D.; RUSSO, A. C. Estudo da utilização de serragem de madeira como adsorvente para o tratamento de efluentes têxteis. **Revista de Estudos Ambientais**, v.12, n. 2, p. 6-14, 2010.

BALAN, D. S. L.; MONTEIRO, R. T. Decolorization of textile indigo dye by ligninolytic fungi. **Journal of Biotechnology**, v. 89, p. 141-145, 2001.

BARR, D.P.; AUST, S.D. Mechanisms white rot fungi use to degrade pollutants**. Environmental Science and Technology,** v. 28, n. 2, p. 78-87, 1994.

BHATIA, D. et al. Biological methods for textile dye removal from wastewater: A Review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 42, n. 1, p. 1-70, 2017.

BOGONI, L. L.; BATTISTELLI, A. A.; GODOY, R. F. B; HASSEMER, M. E. N.; LAPOLLI, F. R. Avaliação da eficiência do composto residual da produção de fungo Pleurotus Ostreatus na remoção de corantes em efluentes têxteis. **Engenharia Sanitária e Ambiental.** 57ed.: Atena Editora, 2019, p. 151-163.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

DURÁN, N.; ESPOSITO, E. Potential applications of oxidative enzymes and phenoloxidaselike compounds in wastewater and soil treatment: a review. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 28, p. 83-99, 2000.

FONSECA, M. D. P. Produção de Enzimas Oxidativas por Fungos Amazônicos Degradadores de Madeira. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia, Universidade do Estado do Amazonas-UEA, Manaus, 2009.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Quim. Nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

JAYANTHY, V. et al. Phytoremediation of dye contaminated soil by Leucaena leucocephala (subabul) seed and growth assessment of Vigna radiata in the remediated soil. **Saudi Journal Of Biological Sciences**, p. 1-10, 2014.

KAMIDA, H. M. **Biodegradação e toxicidade de efluente contendo corantes, tratado com Pleurotus Sajor-Caju.** 2004. 169 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

KAMIDA, H. M.; DURRANT, L. R.; Biodegradação de efluente têxtil por Pleurotus sajor-caju**. Química Nova**. v. 28, n. 4, p. 629-632, 2005.

KHARAT, D. S. Treatment of textile industry effluents: limitations and scope. **Journal of Environmental Research and Development**, v. 9, n. 4, p. 1210-1213, 2015.

KIRK, P.M., CANON, P.F., MINTER, D.W. & STALPERS, J.A. 2008. **Dictionary of the fungi**. CAB International, Wallingford.

KUNZ, A. et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 1-5, 2002.

LANG, W., SIRISANSANEEYAKUL, S., NGIWSARA, L., MENDES, S., MARTINS, L.O., OKUYAMA, M., KIMURA, A. Characterization of a new oxygen-insensitive azo reductase from Brevibacillus laterosporus TISTR1911: toward dye decolorization using a packed-bed metal affinity reactor. **Bioresour. Technol**. p. 150-298, 2013.

MOREIRA NETO, S. L**. Enzimas Lignofílicas produzidas por Psilocybe castanella CCB444 em solo contaminado com hexaclorobenzeno**. 2006, 110f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2006.

ORZECHOWSKI, J., RAMPINELLI, J. R., SILVEIRA, M. L. L., CHAVES, M. B., & FURLAN, S. A. Avaliação do potencial de descoloração e de detoxificação de corantes têxteis por lacase de Pleurotus sajor-caju. **Evidência**, v. 18, n. 1, p. 59-80, 2018.

ORLANDELLI, R. C. et al. Enzimas de interesse industrial: produção por fungos e aplicações. Revista: Saúde e Biologia, v. 7, n. 3, p. 97-109, dez. 2012..

REYS, L. F. **Estudo da degradação de Polietileno Tereftalato (PET) por Fungos Basidiomicetes Lignofílicos**. 2003. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta Paul Enferm**. 2007; 20:v-vi.

SEN, S. K.; RAUT, S.; BANDYOPADHYAY, P.; RAUT, S. Fungal decolouration and degradation of azo dyes: a review. **Fungal Biology Reviews**, v. 30, n. 3, p. 112-133, 2016.

SILVA, R. L. L., COELHO, M. A. Z., & CAMMAROTA, M. C. Remoção de cor de efluentes têxteis com cogumelos Agaricus bispora. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 3, p. 219-225, 2010.

SOARES, C. H. L. Estudos mecanísticos da degradação de efluentes de indústrias de papel e celulose por fungos basidiomicetos degradadores de madeira**.** 1998. 132 f. **Tese (Doutorado)** - Curso de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

STAMETS, P. **Mycelium Running**. Berkeley: Ten Speed Press, 2005.

TERÇARIOLI, G. R.; PALEARI, L. M.; BAGAGLI, E. **O incrível mundo dos fungos**. São Paulo: Unesp, 2010.

WESENBERG, D., KYRIAKIDES, I. & AGATHOS. S.N. White-rot fungi and their enzymes for the treatment of industrial dye effluents. **Biotechnology Advances**. v. 22: p. 161-187, 2003.

YESILADA, O.; ASMA, D.; CING, S. Decolorization of textile dyes by fungal pellets. **Process Biochemistry**, v. 38, n. 6, p. 933-938, 2003.

ZANONI, M. V. B; YAMANAKA, H. **Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**. Cultura Acadêmica, 2016

ZANONI, M. V. B.; CARNEIRO, P. A.; O descarte dos corantes têxteis. **Ciência Hoje**. v. 9, n. 174, p. 61-64, 2001.

USE OF FUNGI IN THE TEXTILE EFFLUENT TREATMENT: A NARRATIVE REVIEW

ABSTRACT - Textile industry stands out for its performance in the world economy, due to its production capacity and job creation. With the expansion of its activities, the use of raw materials and water increases, generating large

quantities of solid waste and liquid effluents throughout its production network. These effluents resulting from the dyeing stage are more problematic due to the high load of chemical compounds resulting from the use of dyes. In this bias, physical and chemical processes are alternatives for the treatment of these effluents, but biological treatments have stood out for being a natural process, in which there is no need to add chemical substances. In this context, the present study aimed conduct a discussion about the use of fungi for the treatment of textile effluents, with an emphasis on the potential for enzymatic biodegradation of dyes, the operational conditions used during the treatment and their practical applicability. To this end, a bibliographic review of the narrative type with a focus on the object of study was carried out in this work. From the survey carried out, it was found that the use of fungi for the treatment of textile effluents has a high potential, mainly due to its capacity for enzymatic biodegradation of dyes, combined with the adsorption process. Regarding the operating conditions used, the concentration of fungi (or substrate) is the factor of greatest influence. Further studies should be carried out in order to determine the optimum conditions of the process, which can make its real applicability.

KEYWORDS: Mycorremediation; Enzyme Degradation; Residual Compound.

SEÇÃO 3

RESÍDUOS SÓLIDOS

CAPÍTULO 8

ANÁLISE TEMPORAL DO IMPACTO AMBIENTAL DA CONSTRUÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE MARITUBA-PA

Marcus Vinicius Zamorim da Costa
http://lattes.cnpq.br/8014371678876754
Discente de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura
Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém do Pará

Alexandre Santos Fernandes Filho
http://lattes.cnpq.br/0578575011156726
Discente de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura
Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém do Pará

Amanda Pamplona Leal Barros
http://lattes.cnpq.br/9077364078114072
Discente de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura
Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém do Pará

Matheus do Rosário Marques Craveiro
http://lattes.cnpq.br/8339429409047877
Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor
Discente de MBA em gestão ambiental
Universidade Federal do Paraná, Paraná

Patrick Rafael Silva Corrêa
http://lattes.cnpq.br/9088181719206448
Discente de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura
Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém do Pará

Rayssa Soares da Silva
http://lattes.cnpq.br/3334094744060074
Discente de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura
Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém do Pará

Salomão Silva da Cruz
http://lattes.cnpq.br/4518203575446248
Discente de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura
Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém do Pará

Samuel Salin Gonçalves de Souza
http://lattes.cnpq.br/1994336667924265
Discente de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura
Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém do Pará

RESUMO: O trabalho realizado tem o objetivo a análise cronológica a partir do ano de 2006 até 2017 do desenvolvimento da construção do aterro de Marituba, no estado do Pará e os impactos ambientais e sociais. O aterro sanitário é um dos meios mais ecológicos e criteriosos na disposição de Resíduos Sólidos Urbanos. O aterro de Marituba é um dos exemplos da mal gestão e construção, falhando no setor social e ambiental sendo punido judicialmente de acordo com o processo judicial instaurado no Inquérito Policial de n°. 40/2017.100116-5, proprietária da Central de Processamento e Tratamento de Resíduos Urbanos

- CPTR Marituba, em razão das diversas denúncias, matérias jornalísticas e protestos realizados pela população em torno do aterro acerca do mau cheiro proveniente do lixo além de uma série de irregularidades, as quais evidenciaram o cometimento de diversos crimes ambientais, dentre os quais destaca-se a poluição atmosférica e hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro sanitário; Marituba; Impactos ambientais; Resíduos Sólidos Urbanos.

1. INTRODUÇÃO

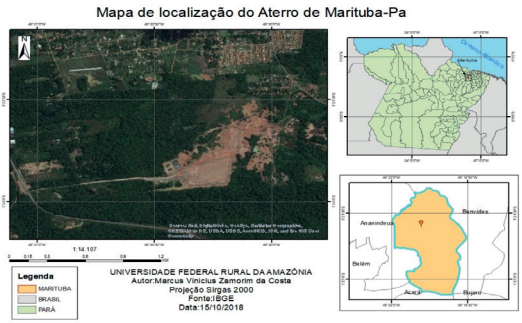
Vive-se hoje, em uma época onde se produz uma grande quantidade de lixo, seja ele doméstico ou tecnológico principalmente em grandes cidades. Sendo assim, tem uma necessidade de um espaço para armazenar essa grande quantidade de lixo de forma que não venha afetar a natureza profundamente.

O Aterro sanitário pode ser definido como o destino dos resíduos sólidos, particularmente falando do RSU (Resíduo Sólido Urbano), que foi construído nos critérios de engenharia a fim de minimizar os impactos ambientais, sendo assim garantindo o controle da poluição (CEMPRE,2000).

Os resíduos sólidos são armazenados em aterros sanitários sendo submetidos a processos de decomposição química e biológica, formando efluentes líquidos e gasosos. As fases gasosas, compostas por metano, gás carbônico e vapor de água, são liberadas para o meio ambiente, podendo ser queimadas ou aproveitadas como energia, se canalizadas (Stroot *et al*., 2001a; El Fadel *et al*., 2002).

Segundo a ABNT 10.004/87, a definição de resíduos sólidos e semissólidos urbanos pode ser de origem doméstica, industrial, hospitalar, comercial, de serviços, de variação e agrícola. A partir da mesma ABNT (2004) é classificado em três classes de resíduos sólidos urbanos: Classe I (Perigosos), Classe II (Não Inertes) e Classe III (Inertes).

Figura 1: Mapa de localização do Aterro de Marituba-PA.



Fonte: Autores, 2019.

O estudo do artigo será dirigido ao aterro sanitário na Região metropolitana de Belém (figura 1), localizado no município de Marituba. Evidenciando, os problemas mostrados através de imagens, o desmatamento que ocorreu, o mal planejamento em relação à pluviometria da região, lagoas contaminadas e desmatamento. Assim, a partir das imagens referenciadas e vetorizadas ocorreu análises espaciais dos impactos provocados pela construção e o funcionamento do aterro sanitário, constatando-se os problemas em torno dessa obra, por fim, gerando dados para entender os problemas causados pelo aterro sanitário.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1.Materiais

Para iniciar a visualização foram retiradas imagens do Google Earth, sendo essas dos anos 2006, 2009, 2013, 2014, 2015 e 2017 (tabela 1) com critérios dos anos de maiores mudanças na região de Marituba. Para iniciar a vetorização foi utilizado o *software* QGis 2.18.17. Usando as seguintes classes de classificação nas imagens: Vegetação de média e grande porte, área do aterro Sanitário, depósitos de chorume, lagos, e área consolidada.

Tabela 1: Tabela de imagens obtidas para análise do Aterro de Marituba-PA.

Anos das Imagens	Observação
2006	Vegetação
2009	Desmatamento/Escavações
2013	Aumento do Desmatamento
2014	Início da Construção do Aterro Sanitário
2015	Início do Aterro
2017	Abertura do processo judicial contra Aterro

Fonte: Autores, 2019.

3. RESULTADOS

Com as imagens já obtidas, foi realizado no trabalho a vetorização da vegetação de médio e grande porte, área do aterro sanitário, depósito de chorume, área consolidada e depósito de resíduos, usando cores para a classificação. A seguir são mostrados os resultados de vetorização das imagens com a legenda padrão para todas as imagens e suas respectivas análises.

Tabela 2: Legenda dos contornos das poligonais vetorizadas

	Vegetação
	Lago
	Depósito de Chorume
	Área Consolidada
	Depósito de Resíduos
	Área do Aterro Sanitário

Fonte: Autores, 2019

Figura 2: Imagem vetorizada no de 2006 na área da construção do Aterro de Marituba-PA.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 3: Imagem vetorizada no de 2009 na área da construção do Aterro de Marituba-PA.



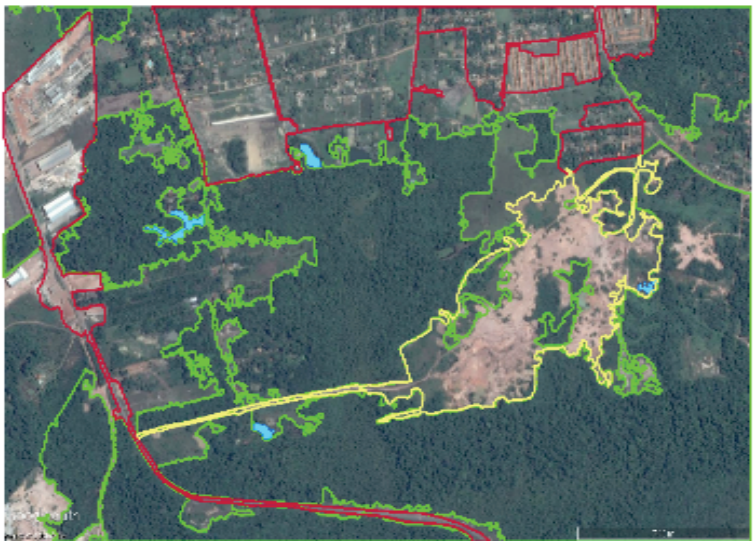
Fonte: Autores,2019

Figura 4: Imagem vetorizada no de 2013 na área da construção do Aterro de Marituba-PA.



Fonte: Autores, 2019

Figura 5: Imagem vetorizada no de 2014 na área da construção do Aterro de Marituba-PA.



Fonte: Autores, 2019

Figura 6: Imagem vetorizada no de 2015 na área do Aterro de Marituba-PA.



Fonte: Autores,2019

Figura 7: Imagem vetorizada no de 2017 na área do Aterro de Marituba-PA.



Fonte: Autores, 2019

Os resultados obtidos nas áreas de estudo:

Tabela 3: Área de estudo conforme os anos.

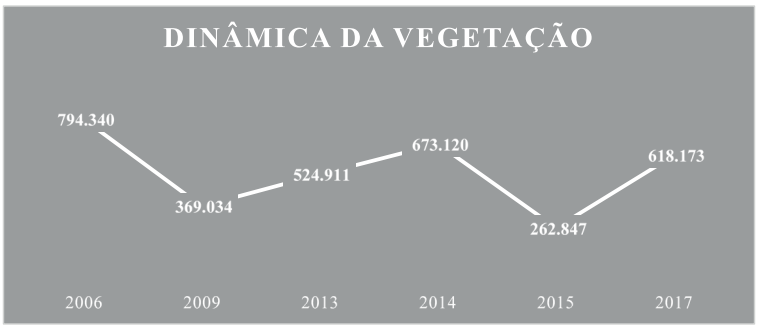
Análise	2006	2009	2013	2014	2015	2017
Vegetação	794.340	369.034	524.911	673.120	262.847	618.173
Área Consolidada	180.586	241.898	241.898	249.994	259.540	342.837
Área do Aterro	-	35.007	35.007	109.778	117.298	193.015
Lago	3.986	7.608	7.608	3.573	3.573	3.986
Piscinas de Chorume	-	-	-	-	1.261	12.861
Depósito Sanitário	-	-	-	-	19.636	27.071

Todos os valores estão mensurados em m²

Fonte: Autores, 2019.

Após as vetorizações dos anos observados (Figura 2), observa-se que o ano de iniciação do Aterro Sanitário de Marituba foi no ano de 2009, com as escavações e um aumento considerado do desmatamento como mostrado no Gráfico 1.

Gráfico 1: Dinâmica vegetal local.



Fonte: Autores, 2019.

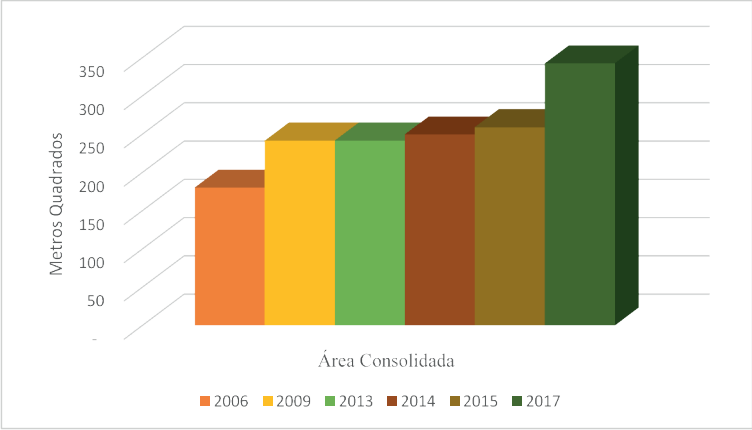
Segundo (GOMES, 2001), o que seria a primeira etapa do processo de definição dos critérios para seleção de áreas, para disposição final de resíduos sólidos é identificar aquelas que são potencialmente aptas, tomando por base as características físicas e químicas dos resíduos e do meio ambiente. Sendo assim, garantir a segurança estrutural do ambiente e impedir a contaminação do ar, águas superficiais e subterrâneas. Foi visto que o local escolhido para implementação do aterro existem 4 lagos próximos.

Normalmente, priorizam-se lugares onde foram lixões ou pedreiras desativadas, áreas abertas de mineração e cortes abandonados (Boscov, 2008) para a construção de aterros. Não foi o critério adotado para o aterro sanitário de Marituba, pois no ano de 2006, observa-se que, no lugar onde vai ser instalado o aterro, há uma vegetação presente. Pode-se observar

que, entre os anos de 2013 e 2014, houve um aumento na vegetação que sobrepôs alguns lagos formados pelo desmatamento. Porém ocorreu o desmatamento da vegetação com diferença de 176.167 m² da vegetação de 2006 a 2017 (Gráfico 1).

A área consolidada é o uso da terra para núcleos populacionais, estradas e galpões, obteve crescimento a partir do ano de 2009 com 241898 m² no início das escavações da construção do aterro em comparação ao ano de 2006 com 180586 m². Com crescimento da área consolidada urbana de 162251 m² do ano de 2006 a 2017 como pode ser notado no gráfico 2.

Gráfico 2: Dinâmica da Área Consolidada.



Fonte: Autores, 2019.

Outro ponto a ser observado é a questão do aumento do depósito de chorume, onde armazenam o chorume do local, com 4 depósitos em 2015 no início do funcionamento do aterro e no ano de 2017, foram construídos 17 depósitos aumentando 27% o nível chorume para a contenção.

4. DISCUSSÃO

Portanto, ficou evidenciado os mais diversos erros das mais diversas naturezas do poder público, no que se refere a um planejamento que deveria ser mais robusto e melhor estudados em toda sua complexidade sobre o aterro sanitário de Marituba. O problema da construção do aterro foi realizado próximo de pequenos lagos naturais (figura 2), além da má impermeabilidade das camadas impermeabilizantes que evitam o chorume infiltrar ao lençol freático.

No diário da justiça eletrônico de edição nº 2366 página 2529

mostra o processo de irregularidades no local, no documento esclarece que em Marituba cometeu-se de diversos crimes ambientais, dentre os quais destaca-se a poluição atmosférica e hídrica. Houve a contaminação em pelo menos dois drenos instalados no aterro, conduzindo o percolado (Chorume) diretamente para a Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Metrópole da Amazônia, situada ao lado, com distância de 3 km da área do empreendimento.

No mesmo diário mostra que na área não foi estudado os níveis pluviométricos da região, sendo assim, a união do elevado índice pluviométrico da área e a não cobertura do lixo resultou na mistura de água da chuva com o chorume. Sendo assim, diversos pontos do aterro foi cobertos com lonas de sacrifícios (lona plástica de cor preta) em estado precário ocasionando o ingresso de água da chuva, sendo assim foram criadas instalações de cinco bacias adicionais para recebimento de chorume sem estarem licenciadas pelo órgão responsável.

Desse modo, o contato do chorume com o lençol freático e mananciais presentes na localidade é um grande problema ambiental, o que acaba afetando diretamente na saúde das pessoas e animais que fazem o uso desse recurso para a sobrevivência. Assim como, a grande concentração de metais pesados que tendem a acumular nas cadeias alimentares podem contaminar e adoecer uma população local, quando utilizadas em irrigação de plantações.

O problema social, iniciou com descontentamento da população, que reside perto do aterro pelo ao mau cheiro do local, visto que o aterro sanitário tem como característica controlar o tratamento do chorume e a monitoria da emissão de gases [metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), hidrogênio (H_2), gás sulfídrico (H_2S), nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2)]. Apesar da distância mínima de 500 metros de núcleos populacionais, conforme a NBR 13.896 (1997), o mau cheiro incomoda os habitantes locais descrito no processo judicial de edição nº 2366 página 2529.

A instalação do aterro sanitário no município de Marituba acabou impactando diretamente na vida das pessoas que moram, principalmente, nas comunidades vizinhas. Com o passar dos anos o aterro começou a apresentar vários problemas no seu funcionamento, que de imediato afetaram a população, como uma maior ocorrência de doenças causadas pela proliferação de vetores.

Nesse contexto, há uma queda significativa na qualidade vida da população que vive no entorno, assim como, tem-se uma desvalorização imobiliária na região. Tudo isso leva a população local a buscar junto ao estado por alternativas que possam acabar com todos esses impactos negativos que a instalação do aterro levou, sendo a mais solicitada o encerramento urgente das atividades.

5. CONCLUSÃO

Portanto, o trabalho analisa um caso particular de erros progressivos para o planejamento e a construção de um aterro sanitário, sendo uma obra com grande impacto ambiental e social. Os impactos ambientais catastróficos, com a falta de armazenamento do chorume e os impactos sociais pelo mau odor, contaminação de lagos e unidade de conservação por irresponsabilidade ambiental, demostra a importância de um estudo complexo de várias áreas da geografia, biologia e engenharia.

Logo, é necessário que sejam tomadas medidas mais eficazes, como uma maior fiscalização na área, até que venha ocorrer de fato o fechamento do aterro sanitário para impedir que novos vazamentos possam ocorrer. Além, de buscar soluções de descontaminação e tratamento de áreas que já foram afetadas.

Portanto, a cartografia com a ferramenta SIG (Sistema Informação Geográfica) é fundamental para um acompanhamento, análises, estudos mais complexos, investigações e elaboração de meios para uma melhor gestão e administração dessas áreas, que quando mal administradas e tradadas, acabam gerando inúmeros problemas tanto sociais, como ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004. Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS.NBR 13.8969: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro 1997.

BOSCOV, M.E.G. Geotecnia Ambiental,1º edição ano 2008.248p.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. Pedido de Habeas Corpus. Inquérito Policial de n°. 40/2017.100116-5.Relator Ministro Rogerio Schietti Cruz. 13/03/2017.

Site disponível www.jusbrasil.com.br/diarios visita 03/11/2018. Brasília DF, v 2528 p 2528-2543.

CEMPRE. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/ CEMPRE , 2000. 370p.

EL Fadel, M., DOUSEID, E., CHANINE, W., ALAYLIC, B., 2002, “Factors influencing solid waste generation and management”, Waste Management, v. 22, pp. 269 – 276.

GOMES, L. P., COELHO, O. W., ERBA, D. A., & VERONEZ, M. Critérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos. Andreoli, CV Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final, 145-163, 2001.

STROOT, P. G., MCHAHON, K. D., MACKIE, R.I., RASKIN, L., 2001a, “Anaerobic Condigestion of Municipal, Solid Waste and Biosolids Under Various Mixing Conditions – I. Digestor Performance”, Water Research, v. 35, pp. 1804-1816.

TEMPORAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE CONSTRUCTION OF THE LANDFILL IN MARITUBA-PA

ABSTRACT - The article realized have objective an analysis chronologically to begin on year of 2006 and 2017 of development of construction sanitary landfill of Marituba in state of Pará and yours ambient impacts and social. The landfill sanitary have structure more ecologic and discerning arrangement of Urban Solid Waste. The landfill of Marituba is one of the examples of poor management and construction failing in the social and environmental sector being punished judicially shown in the judicial process was established the Police Inquiry of n °. 40 / 2017.100116-5, owner of the Center for Processing and Treatment of Urban Waste - CPTR Marituba, due to several reports, journalistic stories and protests by the population of next of landfill about the bad smell from the garbage and a series of irregularities, which evidenced the committing of several environmental crimes, among which we highlight the atmospheric and water pollution.

KEYWORDS: Sanitary Landfill, Marituba, ambient impact, Urban Solid Waste.

CAPÍTULO 9

DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM RESTAURANTES NO MUNICÍPIO DE UMUARAMA – PARANÁ

Renata Tiemi Narimatsu
http://lattes.cnpq.br/8585160931473266
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, Paraná

Patricia Almeida Sacramento
http://lattes.cnpq.br/6207995340594605
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, Paraná

RESUMO – O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) inserido na Política Nacional de Resíduos Sólidos tem como intuito manejar os resíduos de forma correta e destiná- los a um ambiente adequado. Dada à importância de gerenciar os resíduos sólidos, este trabalho objetivou realizar um diagnóstico dos resíduos sólidos para quatro restaurantes com intuito de auxiliar na redução destes resíduos e dessa forma destiná-los corretamente. A metodologia utilizada neste estudo consiste em duas etapas, sendo a primeira a definição da área de estudo e segunda a amostragem, que consistiu na segregação dos resíduos, pesagem dos resíduos, e o panorama geral, com propostas de melhorias. Percebeu-se que todos os restaurantes destinam parte dos resíduos orgânicos para propriedades rurais, a fim de reaproveitá-los, utilizando-os para a alimentação de animais. No entanto, constatou-se que ainda existe uma parcela de alimento sendo desperdiçada devido à falta de segregação dos resíduos logo no início do descarte. O diagnóstico elaborado prevê a adição de mais coletores para segregação adequada dos resíduos orgânicos e recicláveis desperdiçados, para que estes possam ser destinados a compostagem e a cooperativa de reciclagem do município. O estudo prevê ainda a substituição de utensílios utilizados em três restaurantes para que possam, a longo prazo, diminuir o consumo de recicláveis e como consequência reduzir os custos financeiros dos estabelecimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Rejeitos; Recicláveis; Gestão ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A crescente quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados pela população se tornou um dos grandes conflitos enfrentados pelo governo brasileiro (ALBERTE *et al.,* 2005), sendo necessária a busca por tecnologias que visam a destinação adequada dos resíduos, bem como

o desenvolvimento da educação nas comunidades (BOCHNIA *et al.*, 2013, p.82).

Os resíduos sólidos são aqueles gerados por diferentes atividades, podem ser feitos de papel, plástico, metal, vidro, orgânico, entre outros tipos de materiais, são formados em áreas com agrupamento de pessoas, criando resíduos de diversas origens (ZANTA; FERREIRA, 2003). O inadequado gerenciamento destes resíduos pode resultar em situações indesejáveis para a população como a degradação da qualidade ambiental, da saúde humana, da estética, entre outros (SMA, 1998).

Aliado a isso, é importante que as informações relacionadas com as problemáticas ambientais sejam divulgadas de forma livre, acessível e objetiva para o entendimento da comunidade (DIAS, 1992). Com o ensino, a população começa a refletir sobre as próprias atitudes sociais que apresentam e que podem gerar impactos adversos na natureza (JACOBI, 2003).

Com intuito de preservar os recursos naturais e destinar adequadamente os resíduos sólidos gerados, algumas políticas públicas ambientais foram implantadas no Brasil. Entre elas destaca-se a Resolução CONAMA n° 275, de 25/04/2001, que traz informações relacionadas às colorações dos coletores para a identificação do tipo de resíduo que deve ser disposto em cada uma das lixeiras; a NBR10004/2004, estabelecida pela Associação Brasileira de Normas e Técnicas – ABNT, em que os resíduos são classificados quanto a sua periculosidade; a Lei nº 11.445/2007, que estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, e a Lei n° 12.305/2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (ABNT, 2004; BRASIL, 2001; 2007; 2010; 2012). A Política Nacional de Resíduos Sólidos trata sobre questões relacionadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos, atribuindo a responsabilidade aos geradores de realizar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), para que os mesmos sejam manejados e destinados adequadamente de acordo com a sua tipologia (BRASIL, 2010, 2012).

O PGRS é um conjunto de documentos necessários para os gestores em geral, pois a ocorrência de qualquer negligência no processo produtivo de uma organização afetará a qualidade ambiental (CARNEIRO *et al.*, 2014). Além disso, a PNRS traz informações relacionadas ao conteúdo mínimo que um PGRS precisa abordar, como: Descrição do empreendimento ou atividade; Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados; Identificação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros gestores; Ações preventivas e corretivas; dentre outros (BRASIL, 2010). O gerenciamento de resíduos sólidos inclui práticas utilizadas para realizar a coleta, transporte, transbordo tratamento, destinação final e a disposição ambientalmente correta dos resíduos (ROMANI *et al.,* 2014).

Sendo assim, o PGRS ampara as empresas a encontrar os pontos de

geração para cada tipo de resíduo, possibilitando a identificação de falhas na eficiência dos processos produtivos, contribuindo também para a oportunidade de reutilização dos resíduos dentro do estabelecimento (CURITIBA, 2011). O passo mais importante para a elaboração de um PGRS é a identificação do tipo de organização que será estudado, pois os resíduos provenientes de cada uma têm origens distintas, e dependendo da peculiaridade do resíduo a forma de tratamento e a disposição final será distinta (RENDÓN, 2012).

A Associação Brasileira de Bares e Restaurantes – ABRASEL (2006), afirma que aqueles que trabalham com serviços de alimentação acabam gerando uma quantidade considerável de restos alimentares. Esta geração pode ser por conta da falta de consciência dos funcionários, pelo desinteresse dos trabalhadores em reaproveitar ou pelo uso irracional dos alimentos. Desta forma, uns dos grandes geradores de resíduos orgânicos são os restaurantes, devido aos serviços fornecidos, sendo essencial a implantação de um PGRS para o gerenciamento dos resíduos gerados (MASSUKADO, 2004). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico dos resíduos sólidos para quatro restaurantes com intuito de auxiliar na redução e destino adequado dos resíduos sólidos gerados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A cidade de Umuarama situa-se na mesorregião do Noroeste do estado do Paraná, trata-se de um município de porte médio com população aproximada de 100.676 habitantes (IBGE, 2010). No Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) da cidade consta que a média diária de resíduos sólidos urbanos coletados e destinados ao aterro sanitário é de 66 toneladas, mas que apenas 18,38% dos RSU de origem doméstica e comercial são recolhidos por meio da coleta seletiva.

O PMSB ainda mostra que os estabelecimentos comerciais, inclusive restaurantes, produzem 21,178 toneladas de resíduos sólidos diariamente, sendo que estes representam 7,18% do total gerado pelo município.

Sendo assim este estudo foi conduzido em quatro restaurantes de Umuarama/PR, denotados neste trabalho como R1, R2, R3 e R4 (Tabela 1). O critério de escolha dos estabelecimentos eram que tivessem características populares e dimensões semelhantes, sendo assim, todos possuíam porte médio e preço das refeições aproximadas. Em todos eles os resíduos quantificados foram referentes ao horário de almoço.

Tabela 1 – Característica dos restaurantes utilizados no estudo.

Restaurante	Início	Horário	Quantidade de funcionários	Refeições / dia
R1	15/07/19	11:00 – 14:15	7	100
R2	22/07/19	10:00 – 14:30	7	180
R3	29/07/19	11:00 – 14:00	7	70
R4	05/08/19	11:00 – 13:30	7	150

Fonte: Levantamento de dados da autora.

2.2 Amostragem

A primeira etapa foi a separação dos resíduos em recicláveis (papel, plástico, metal, vidro), orgânicos e rejeitos. A segunda etapa constituiu na quantificação de cada categoria de resíduo sólido utilizando o método gravimétrico com o auxílio de uma balança digital de pêndulo (Modelo SQ), para isso, todos os resíduos do estabelecimento foram segregados e acondicionados em sacolas plásticas, para que em seguida, a sacola fosse pendurada no gancho da balança e assim pesado. A quantificação dos resíduos sólidos foi efetuada diariamente em um período de cinco dias para cada restaurante. A terceira etapa deste estudo foi o panorama geral da geração dos resíduos sólidos e propostas de melhorias, isto é, foram identificadas quais as possibilidades de redução dos resíduos, seja por meio da diminuição na geração como em novas ideias para a reutilização dos materiais dentro do restaurante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Restaurante R1

Os resíduos gerados e quantificados diariamente no estabelecimento R1 (Tabela 2) abrangeram na categoria Orgânico: cascas de legumes, restos de vegetais, pedaços de carnes e sobras do buffet; na categoria Plástico: copos, talheres e canudos; e na categoria Rejeito: guardanapos e resíduos provenientes dos banheiros. As categorias Papel, Vidro e Metal também foram quantificados (Tabela 2), mas não foram geradas diariamente na semana analisada.

Na cozinha é possível identificar cinco coletores de resíduos, um deles destinado para latas de alumínio, outro para papéis, outro para resíduos orgânicos, e os outros dois restantes para guardanapos, resíduos recicláveis (plástico e papel) e restos de comida que são misturados na mesma lixeira. Parte dos resíduos orgânicos, como cascas de legumes e frutas, restos de verduras, gerados principalmente durante a preparação dos alimentos, bem como as sobras do restaurante é destinada para uma chácara para a

alimentação de animais.

Tabela 2 – Resíduos descartados no restaurante R1 por semana no ano de 2019.

RESÍDUOS COLETADOS	QUANTIDADE (Kg) / SEMANA	PORCENTAGEM (%)
Papel	3,755	2,5
Plástico	9,285	6,1
Metal	0,928	0,6
Vidro	25,460	16,8
Orgânico	110,595	72,7
Rejeito	2,005	1,3

Fonte: Levantamento de dados da autora.

Os resíduos misturados (orgânico, papel, plástico, rejeito) são coletados pela prefeitura e encaminhados para o aterro sanitário, assim como o papel higiênico. As latas são separadas e armazenadas para que em seguida os catadores recolhessem. Por fim, os vasilhames são retornados para as empresas de origem. Constatou-se durante a coleta de dados em R1, que parte dos resíduos orgânicos é desperdiçada por falta da segregação adequada logo no início do descarte. Além disso, observou-se grande quantidade de resíduos de copos descartáveis sendo gerados para servir sucos, que poderiam ser substituídos por copos de vidro. Outra observação está relacionado ao uso de canudos e copos de sobremesa descartáveis, ambos muito utilizados. Uma solução seria a utilização de potes de metal para as sobremesas e copos de vidro para sucos sem a necessidade de distribuir canudos. O estabelecimento utiliza sacolas de lixo frágeis, propensas ao rasgo, em razão do descarte de uma grande quantidade de ossos que é destinada ao aterro sanitário. Aliado a isso, as sacolas rasgadas contribuem para que insetos e pequenos animais sejam atraídos para o ambiente. Nesse cenário, o coletor é lavado com mais frequência, consumindo água e detergente em cada lavagem. Uma solução para este problema seria substituir a sacola por uma apropriada.

Por meio do diagnóstico no restaurante R1, pode-se perceber que os resíduos orgânicos poderão ser mais bem aproveitados através da separação adequada dos resíduos, já que parte dela encontra-se misturada em uma coletora junto com outros tipos de resíduos (rejeito plástico e papel). Para isso, seria necessário adicionar uma coletora de resíduos, ficando uma responsável para acondicionamento de orgânicos, outra para os recicláveis e outra para os rejeitos (guardanapos). Os resíduos recicláveis com o plástico, papel e metal poderiam ser segregados e acondicionados adequadamente,

posteriormente, encaminhados para a cooperativa de reciclagem da cidade.

3.2. Restaurante R2

Os resíduos gerados e quantificados diariamente no estabelecimento R2 (Tabela 3), abrangeram na categoria Orgânico: cascas de legumes, sobras de vegetais, pedaços de carnes e restos do buffet; na categoria Plástico: copos; na categoria Papel: caixa de ovos e pacotes de farinha; e na categoria Rejeito: guardanapos e resíduos provenientes dos banheiros. As categorias Vidro e Metal também foram quantificados (Tabela 3), mas não foram geradas diariamente na semana analisada.

Tabela 3 – Resíduos descartados no restaurante R2 por semana no ano de 2019.

RESÍDUOS COLETADOS	QUANTIDADE (Kg) / SEMANA	PORCENTAGEM (%)
Papel	0,590	0,2
Plástico	6,695	2,5
Metal	0,790	0,3
Vidro	103,655	39,5
Orgânico	148,565	56,6
Rejeito	2,420	0,9

Fonte: Levantamento de dados da autora.

O estabelecimento em estudo possui quatro coletores de resíduos na cozinha, sendo duas delas destinadas para restos alimentares como cascas de leguminosas e frutas, geradas principalmente durante a preparação dos pratos, outra para latas de alumínio e a outra para guardanapos, restos de comidas dos pratos, plásticos e papéis.

A maior parte dos resíduos orgânicos é destinada para chácaras da região para a alimentação de animais. Entretanto, é possível encontrar comida sendo desperdiçada no estabelecimento devido à falta de segregação dos resíduos, já que os restos de alimentos provenientes dos pratos dos clientes são jogados com rejeitos e recicláveis em uma mesma coletora. Os plásticos, papéis, guardanapos usados e restos de alimentos são encontrados em uma única coletora e destinados ao aterro sanitário. Os vasilhames de refrigerantes são retornados para a empresa que as fabricaram, já as latas de alumínio são destinadas aos catadores. Os rejeitos gerados nos banheiros do estabelecimento são coletados pela prefeitura e destinados ao aterro sanitário municipal. A adição de uma coletora na cozinha contribuiria para melhor segregação dos resíduos, ficando um responsável pelos recicláveis, dois para os resíduos orgânicos e outro para os rejeitos.

Contatou-se que há um grande desperdício de copos descartáveis utilizados para servir sucos e sobremesa, assim como observado para R1. Novamente, a sugestão seria de trocar os copos descartáveis por copos de vidro para os sucos e pequenos potes de metal para as sobremesas, reduzindo o uso de recursos e seus custos associados. Com o levantamento de dados realizado no segundo restaurante (R2), sugere-se que os resíduos cuja origem provém de materiais plásticos, metais ou de papéis sejam separados dos demais resíduos e acondicionados na coletora externa do estabelecimento, para que a coleta seja realizada pela prefeitura e destinada para a cooperativa de reciclagem.

3.3. Restaurante R3

Os resíduos gerados e quantificados diariamente no estabelecimento R3 (Tabela 3), abrangeram na categoria Orgânico: cascas de legumes, restos de vegetais e sobras de alimentos; na categoria Plástico: embalagens de óleo e pacotes de frango; e na categoria Rejeito: guardanapos e resíduos provenientes dos banheiros. As categorias Papel, Vidro e Metal também foram quantificados (Tabela 4), mas não foram geradas diariamente na semana analisada.

Tabela 4 – Resíduos descartados no restaurante R3 por semana no ano de 2019.

RESÍDUOS COLETADOS	QUANTIDADE (Kg) / SEMANA	PORCENTAGEM (%)
Papel	1,660	1,0
Plástico	7,675	4,7
Metal	1,120	0,7
Vidro	15,640	9,6
Orgânico	134,73	82,3
Rejeito	2,945	1,8

Fonte: Levantamento de dados da autora.

O estabelecimento em estudo possui sete coletores de resíduos na cozinha sendo um destinado para latas de alumínio, um para restos de comida dos pratos servidos e guardanapos utilizados pelos clientes, três para os resíduos orgânicos, que são gerados principalmente durante a produção dos alimentos, e dois para os resíduos recicláveis. Os resíduos orgânicos são destinados para pequena propriedade para alimentação de animais, e orgânicos como ossos e cascas de cítricos (laranja e limão) são descartados em outra coletora. Paras as cascas de frutas seria benéfico a construção de um pequeno sistema de compostagem, que produziria adubo

orgânico, abundante em nutrientes, e poderia ser, posteriormente passível de comercialização.

Os recicláveis como papel e plástico são separados desde o momento do descarte para facilitar a coleta seletiva, bem como para evitar o desperdício de materiais e manter a organização do local. Os resíduos de vidro (vasilhames) são armazenados em um depósito e posteriormente destinados para as empresas que as fabricaram. Os resíduos de metal são principalmente latas de refrigerante e cerveja, que são acondicionados em sacolas plásticas e destinados para os catadores. Os rejeitos são acondicionados em sacolas plásticas e colocados na coletora externa do estabelecimento, para que em seguida sejam coletados pelo caminhão da prefeitura e destinados para o aterro sanitário. Durante a coleta dos dados no estabelecimento observou-se pouco desperdício de alimento, sendo grande parte destinada para a alimentação de animais. Além disso, todos os resíduos são separados desde o início do descarte, mantendo a organização dentro da cozinha. Outra observação feita é que os sucos são servidos em copos de vidro e as sobremesas em potes pequenos de inox, evitando a geração de resíduos plásticos.

3.4 Restaurante R4

Os resíduos gerados e quantificados diariamente no estabelecimento R4 (Tabela 3), abrangeram na categoria Orgânico: cascas de legumes, restos de vegetais e sobras de alimentos; na categoria Plástico: copos; na categoria Papel: proteção de talheres; e na categoria Rejeitos: guardanapos e resíduos provenientes dos banheiros. As categorias Vidro e Metal também foram quantificados (Tabela 5), mas não foram geradas diariamente na semana analisada.

Tabela 5 – Resíduos descartados no restaurante R4 por semana no ano de 2019.

RESÍDUOS COLETADOS	QUANTIDADE (Kg) / SEMANA	PORCENTAGEM (%)
Papel	7,970	3,4
Plástico	5,325	2,2
Metal	0,754	0,3
Vidro	27,915	11,7
Orgânico	189,905	79,9
Rejeito	5,790	2,4

Fonte: Levantamento de dados da autora.

O estabelecimento em estudo possui três coletores de resíduos na

cozinha, sendo um destinado para restos de alimentos dos pratos, outro para descarte de papel, plástico e guardanapo e uma para restos de alimentos dos pratos servidos.

Os resíduos orgânicos são encaminhados em quase a sua totalidade para a alimentação de animais, restando para o descarte somente ossos e cascas de laranja que são acondicionadas em uma coletora. Seria vantajosa a construção de um pequeno sistema de compostagem para as cascas de laranja, assim como sugerido para o estabelecimento R3, isso porque a compostagem gera um fertilizante orgânico rico em nutrientes que poderia ser comercializado.

Os rejeitos são armazenados em sacolas plásticas e colocados nas coletoras externas para que sejam coletados pelo caminhão da prefeitura e destinados ao aterro sanitário. Os resíduos de plástico, papel e rejeitos são encontrados em uma única lixeira. Para solucionar o problema seria necessário adicionar uma coletora na cozinha, assim, uma ficaria responsável pelos recicláveis (plástico e papel) e a outra para os rejeitos (guardanapos). Os vasilhames retornáveis são acondicionados em caixas e destinados para as empresas de origem. As latas de alumínio são armazenadas em estruturas parecidas com sacolas feitas de plástico em formato de rede no ambiente externo do estabelecimento que em seguida são coletadas por catadores. Verificou-se uma grande quantidade de descarte de copos e colheres plásticos para sobremesa, que poderia ser solucionado substituindo-os por potes e colheres de metal.

Por meio do diagnóstico realizado no restaurante R4 percebeu-se que os resíduos de plástico, metal e papel poderiam ser mais bem aproveitados através da segregação dos resíduos sólidos desde o descarte, acondicionando-os corretamente e dispondo-os na coletora externa para serem destinados para a cooperativa de reciclagem da cidade, reduzindo o desperdício de materiais recicláveis.

3.5. Discussão geral dos resultados

O Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade de Umuarama/PR mostra dados referentes a distribuição de resíduos por categorias, os restaurantes se enquadram na categoria comercial, com 21,178(t/dia) de resíduos gerados, representando 7,18% de todo resíduo coletado pela prefeitura. Os dados obtidos durante o diagnóstico realizado nos quatro estabelecimentos mostraram que todos geraram quantidade de resíduos orgânicos consideráveis, porém o restaurante R4 foi o que mais se destacou, com 189, 905 (kg/semana). Como todos os locais de estudos possuem tamanhos semelhantes e quantidades iguais de funcionários foi constatado que existe algum problema dentro do restaurante, pode ser por conta da falta de planejamento, ou mesmo organização.

Observou-se que pelo fato do restaurante R2 e R4 servir maior quantidade de refeições é comum que a geração de resíduos orgânicos também seja alta. No entanto, se analisarmos os valores obtidos no levantamento de dados dos restaurantes R2 e R3, verificamos que a diferença de quantidade de refeições servidas entre os restaurantes é de 110 pratos a mais para o estabelecimento R2 e a quantidade de resíduos orgânicos é de 13,835 kg gerados a mais. Estes valores mostram uma problemática no restaurante R3, já que servem menos que a metade das refeições do segundo restaurante e há pouca diferença de resíduos orgânicos entre eles.

A avaliação dos restos alimentares gerados em restaurantes permite ter uma base da eficiência do planejamento dos estabelecimentos, como a qualidade e tipo de alimento servido, quantidade de alimento produzido e quantidade de funcionários necessários para um serviço organizado (ABREU; SPINELLI, 2003; EPSTEIN, MARTINS, OLIVEIRA, 2006). Desta forma, percebeu-se que a quantidade de funcionários foi suficiente para atender a função de cada organização, no entanto, em todos os estabelecimentos, constatou-se que a quantidade de alimento produzida não era compatível com a quantidade de clientes, gerando muitos resíduos alimentares.

Os restos dos alimentos gerados nos estabelecimentos trazem em si uma parcela relacionada aos custos que cada parte da produção contém como o custo para a obtenção do insumo, o tempo gasto para a produção, energia gasta com a mão de obra dos funcionários e também custos com equipamentos necessários para a produção dos pratos (HIRSCHBRUCH, 1998). O desperdício de alimentos pode ser minimizado com um bom treinamento dos funcionários, apresentando os tipos de serviços e formas de preparação, assim como a quantidade e a qualidade dos alimentos servidos (ALMEIDA; CORRÊA; SOARES, 2006). Os resíduos orgânicos podem ainda ser reaproveitados a partir da compostagem, evitando o desperdício de alimentos (VALENTE *et al.,* 2009). Um estudo realizado por Ortolan e Moya (2011) no campus da UNESP de Presidente Prudente, mostrou viabilidade da compostagem de resíduos orgânicos provenientes da cantina, da poda e capina. O projeto utilizou o tratamento convencional com três leiras, cada um com diferentes quantidades de resíduos de poda, capina e de cantina, além disso foi utilizado um reator. Todos se mostraram viáveis e dentro dos patrões da legislação, mas a que mais se mostrou eficiente foi a leira que possuía 70% de resíduos orgânicos de cantina e 30% de poda/capina, já que apresentou maior atividade biológica e desta forma degradação da matéria orgânica.

Outro estudo realizado no restaurante do IFMA – Campus Codó, mostrou eficiência na compostagem dos resíduos do estabelecimento. Para a construção da pilha de compostagem foi utilizada as seguintes dimensões: 1,5 m de largura, 1,5 m de comprimento e 2,0 m de altura para um período de 70 dias. Neste estudo, a pilha era revirada no período de amadurecimento

periodicamente, realizando a cada 20 dias coletas de amostras para verificar as características químicas. Percebeu-se que a degradação dos resíduos era acentuada no início do processo e desacelerava em seguida. A eficiência do processo foi constatada com a análise do índice de pH, temperatura e a relação C/N, que foram utilizadas como parâmetros.

O reconhecimento da necessidade da implantação de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos possibilita transformações que geram mudanças culturais, bem como, alterações positivas sobre a segurança ambiental, visando o combate à poluição e ao desperdício de recursos (RIBEIRO, 2005). Os resultados obtidos na coleta de dados dos quatro restaurantes mostram que a maior parte os resíduos gerados são de origem orgânica. Essa quantidade está relacionada diretamente com o desperdício de alimentos, isso por que parte dos restos alimentares provém das sobras deixadas nos pratos pelos clientes (SOUZA *et al.,* 2010).

Quando é verificado um grande volume de resíduos sólidos, recomenda-se a realização de um trabalho de sensibilização ambiental com a equipe junto com os gestores da organização, visando a redução dos impactos negativos dos resíduos no meio ambiente (DEUS *et al.,* 2003). Além de promover conhecimento na área ambiental é importante que os funcionários tenham um treinamento de acordo com seus hábitos, para que desta forma, iniciem novas práticas e comportamentos em suas rotinas com o intuito de diminuir a degradação da qualidade ambiental (DONAIRE, 2007).

Os dados obtidos mostram o quanto é importante a realização de programas de educação ambiental, de coleta seletiva e de compostagem dos resíduos orgânicos para a sensibilização da população (ARAÚJO; VIANA, 2012).Os gestores devem ser conscientizados quanto às responsabilidades relacionadas à destinação dos resíduos sólidos gerados no estabelecimento, assim como a importância do monitoramento e controle destes para evitar os possíveis impactos gerados na natureza (JUNIOR, 2012).A falta de legislação de ordem municipal direcionada ao setor alimentício mostra a necessidade de normatizar a gestão dos resíduos sólidos a fim de reduzir a degradação ambiental devido ao potencial poluidor que os resíduos possuem (CORREA & LANGE, 2010).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gerenciamento de resíduos sólidos dentro das organizações em geral são essenciais para uma boa gestão, principalmente na esfera ambiental, já que os resíduos possuem um potencial poluidor que, se destinados de forma inadequada, podem causar impactos negativos ao meio ambiente. Além disso, a gestão é um sistema constante e adaptativo, ou seja, é um processo que passa por frequentes mudanças. Este sistema auxilia na determinação dos objetivos e a identificar as melhores estratégias

de uma organização atingir tais objetivos e somente é estabelecida quando existe o comprometimento por parte de todos os integrantes da equipe. Desta forma, por meio dos resultados obtidos neste estudo, verificou-se que nos restaurantes R1, R2 e R4 não há a segregação adequada dos resíduos sólidos, causando desperdícios de materiais e principalmente de alimentos. A solução para o problema é aumentar o interesse dos proprietários e funcionários dos restaurantes para a separação dos resíduos explicando as vantagens e a importância desta atividade.

Percebeu-se a necessidade de treinamento dos funcionários, pelo fato da maioria dos restaurantes não fazer a segregação dos resíduos seja por conta do descaso, como também do desinteresse, desconhecimento, mas principalmente por falta de leis municipais que obrigam a realização da separação. Sendo assim, há necessidade em normatizar a gestão dos resíduos sólidos, principalmente nos campos alimentícios, sendo importante dar uma atenção mais efetiva para o manejo e destino dos resíduos sólidos nos municípios, em suas mais distintas atividades econômicas e/ou industriais.

REFERÊNCIAS

NBR 10.004. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 71 p., 2004.

ABRASEL – Associação Brasileira de Bares e Restaurantes. **O aproveitamento consciente de ingredientes.** São Paulo. Disponível em: http://www.abrasel.com.br/index.php/site/busca/1b470b08137bc63ea4ea61bbd70elb9/. Acesso em: 07 nov. 2019.

ABREU, E. S.; SPINELLI, M. G.; PINTO, A. M. S. **Gestão de Unidades de Alimentação e Nutrição: um modo de fazer**. 7. ed. São Paulo: Metha, 2019.

ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P.; KAN, L. Recuperaçãi de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Diálogos & Ciência**: Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana, Feira de Santana, n. 5, p.1- 15, jun. 2005.

ARAÚJO, R. S.; VIANA, E. Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) como instrumento para a elaboração de um plano de gestão na unidade. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 8, n. 8, p.1805-1817, set. 2012.

BOCHNIA, J. *et al*. A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO

SUPERIOR. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p.81-89, mar. 2013.

BRASIL. Lei nº 11.445/2007, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n o 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de resíduos sólidos**. Brasília: Diário Oficial da União. 103 p, 2012.

BRASIL. Resolução Conama nº 275, de 25 de abril de 2001 - Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva - Publicada no DOU n º 117-E, de 19 de junho de 2001, Seção 1, página 80.

CARNEIRO, C. L. Gerencimento integrado de resíduos sólidos e sua aplicabilidade em produção de refeições: um diálogo interdisciplinar. **Holos**, Rio Grande do Norte, v. 1, n. 30, p.68- 74, 2014.

CORRÊA, M. S.; LANGE, L. C. Gestão de resíduos sólidos no setor de refeição coletiva. **Pretexto**, Belo Horizonte, v. 12, n. 1, p.29-54, jan. 2011.

CORRÊA, T. F.; SOARES, F. S.; ALMEIDA, F. A. de. Índice de resto-ingestão antes e durante a campanha contra o desperdício, em uma unidade de alimentação e nutrição. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 21, n. 140, p.64-73, abr. 2006.

DEUS, A. B. S. de; LUCA, S. J. de; CLARKE, R. T. Índice de impacto dos resíduos sólidos urbanos na saúde pública (IIRSP): metodologia e aplicação. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p.329-334, out. 2004.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e prática.** São Paulo: Gaia, 1993.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 176 p.

EPSTEIN, M.; MARTINS, M. T. S.; OLIVEIRA, D. R. M. de. Parâmetros de controle e/ou monitoramento da qualidade do serviço empregado em uma unidade de alimentação e nutrição. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 20, n. 142, p.52-57, jul. 2006.

HIRSCHBRUCH, M. D. Unidades de alimentação e nutrição: desperdício de alimentos X qualidade da produção. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 55, p.4-12, jan. 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População de Umuarama, 2010. Rio de Janeiro, 2010.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 1, n. 118, p.189- 205, mar. 2003.

LAFUENTE JUNIOR, A. N. A. Resíduos sólidos em restaurante comercial: um estudo de caso na cidade de Santos/SP. **Revista de Tecnologia Aplicada**, Campo Limpo, v. 6, n. 2, p.44-61, maio 2012.

MASSUKADO, Luciana Miyoko. **Sistema de Apoio à Decisão: Avaliação de Cenários de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares.** 2004. 272 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

ORTOLAN, C. H. S.; MOYA, M. T. M. **Compostagem dos resíduos da FCT/ UNESP de Presidente Prudente - SP.** TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental da UNESP, Presidente Prudente, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Termo de Referência para elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PGRS**. 2011. Disponível em: https://mid.curitiba.pr.gov.br/2011/00097518.pdf. Acesso em: 10 set. 2019.

RENDÓN, A. F. M. Caracterización de Residuos Sólidos. **Cuaderno Activa**, Medellín, v. 4, p.67-72, 2010.

RIBEIRO, L. A.; BRESSAN, L. W.; LEMOS, M. F.; DUTRA, C.; NASCIMENTO, L. F.. **Avaliação de Barreiras para implementação de um sistema de Gestão Ambiental na UFRGS**. In: XXV ENEGEP. Porto Alegre, 2005.

ROMANI, A. P. de; SEGALA, K. **Plano de Resíduos Sólidos: Desafios e Oportunidades no Contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 2014.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE**. Proposta de Política Estadual de Resíduos Sólidos.** São Paulo: Secretaria de Estado de Meio Ambiente, 1998.

SOUZA *et al*. **Caracterização dos Resíduos Sólidos Gerados em um Restaurante Universitário.** In: XI ENPOS. Universidade Federal de Pelotas, 2010.

VALENTE *et al*. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 58, p.59-85, 02 abr. 2009.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte.** São Paulo: Rima Artes e Textos, 2009. 26 p.

DIAGNOSIS OF SOLID WASTE GENERATED IN RESTAURANTS IN UMUARAMA - PARANÁ MUNICIPALITY

ABSTRACT - The Solid Waste Management Plan inserted in the National Solid Waste Policy aims to manage waste correctly and to dispose them an appropriate environment. Given the importance of managing solid waste, this work aimed to perform a diagnosis of solid waste in four restaurants to reduce the waste and thus dispose correctly. The methodology used in this study comprised two steps, the first was the definition of the study area and the second was the sampling, which consisted in waste segregation, weighing, and proposals for improvements. It was found that all restaurants allocate part of the organic waste to rural properties for animal feed. However, there is still a portion of food being wasted due to lack of waste segregation in the disposal. The elaborated diagnosis suggests the addition of more collectors for proper segregation of organic and recyclable waste, as so that can be destined for composting and for the municipal recycling cooperative. The study also suggests the replacement of utensils used in three restaurants, which can reduce the consumption of recyclables and consequently reduce the financial costs of the establishments.

KEYWORDS: Waste; Recyclable; Environmental management.

CAPÍTULO 10

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL E PROPOSTA DE MELHORIAS

Guilherme Emanuel de Queiros Souza
http://lattes.cnpq.br/7002872332418382
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama - Paraná

Carole Silveira
http://lattes.cnpq.br/0205175785233790
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama - Paraná

RESUMO - A gestão integrada de resíduos sólidos urbanos é uma ferramenta fundamental para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos. O objetivo principal do presente trabalho foi realizar uma análise da situação atual do gerenciamento dos resíduos sólidos em um município de pequeno porte do Estado do Paraná, bem como, propor melhorias para serem implementadas visando alcançar as normas e leis propostas neste trabalho. Esta análise do município iniciou-se por meio de uma visita a campo para conhecer a realidade do local, focando na gestão dos resíduos adotada. O trabalho se caracteriza como um relato de caso, com consultas bibliográficas e como principal instrumento metodológico a visita técnica. Os resultados obtidos no estudo são pertinentes para promover uma reformulação no sistema de gerenciamento do município, além de propor medidas para alcançar as diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos, as quais possam aprimorar a qualidade de vida da população e do meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Política Nacional de Resíduos Sólidos; Educação Ambiental; Diagnóstico Ambiental; Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos é notável o crescimento populacional junto à urbanização em todo o mundo. Devido a este crescimento e ao avanço da tecnologia, a geração de resíduos sólidos cresceu de forma desenfreada e sem planejamento. Este fato vem se tornando objeto de muitos estudos por conta do grande volume de resíduos gerado (PEREIRA, FERNANDINHO, 2019).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 10.004 define o conceito de resíduos sólidos como sendo aqueles resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial,

agrícola, de serviços e de limpeza pública (ABNT, 2004).

A Política Nacional do Meio Ambiente, Lei n° 6.938 de 31 de Agosto de 1981, tem como objetivo preservar e melhorar a qualidade do meio ambiente, visando o desenvolvimento socioeconômico e proteção a saúde humana. Portanto, é considerado poluidor todo aquele, responsável, direta ou indiretamente, por qualquer atividade que cause impactos negativos ao meio ambiente (BRASIL, 1981).

Mediante todas essas preocupações com o meio ambiente, foi promulgado, em 02 de agosto de 2010, a Lei Federal n° 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que determina princípio e diretrizes para o gerenciamento de resíduos e gestão integrada. Desta forma minimizando os impactos causados ao meio ambiente e gerenciando os resíduos de forma mais adequada.

No Estado do Paraná, localizado na região Sul do Brasil, também se aplica a Política Nacional de Resíduos Sólidos, bem como a Lei de Resíduos Sólidos do Paraná, Lei n° 12.493 de 22 de Janeiro de 1999, alterada pela Lei 15.862 de 18 de junho de 2008, que tem como objetivo controlar a poluição e contaminação, além de minimizar os impactos ambientais. Ela também estabelece que as atividades geradoras de resíduos, de qualquer natureza, são responsáveis por seu gerenciamento (PARANÁ, 1999).

Diante de todos os problemas apresentados, surge a necessidade de um documento que regulamenta os municípios de acordo com os requisitos estabelecidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos; este documento é denominado de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – PGIRS (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi analisar o cenário atual do gerenciamento e disposição final dos resíduos em um município do Estado do Paraná, com bases nas Leis e Políticas Estaduais e Federais de Resíduos Sólidos, além de propor melhorias no atual Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.

2. RELATO DE CASO

2.1. Diagnóstico da Situação Atual da Gestão dos Resíduos Sólidos do Município

O município estudado localiza-se na região norte central do Estado do Paraná. De acordo com o Censo Demográfico do IBGE (2019), o local apresenta uma população aproximada de 6 mil habitantes. Perante os objetivos propostos neste estudo, o referente trabalho apresenta como proposta de metodologia um estudo de caso descritivo sobre a situação do gerenciamento dos resíduos sólidos de um município de pequeno porte.

No município, os resíduos domiciliares e dos estabelecimentos comerciais são subdivididos em resíduos domiciliares secos, recicláveis, e os úmidos, que englobam os rejeitos e os orgânicos. Com base nesta

subdivisão, é elaborado e executado o sistema de coleta no município, no qual os resíduos secos são destinados à cooperativa e os resíduos úmidos ao aterro controlado.

Com o objetivo de conhecer melhor o gerenciamento dos resíduos sólidos na região, foi realizado uma visita técnica, a qual ocorreu no dia 30 de agosto de 2019, sendo acompanhado pelo responsável técnico do meio ambiente do município, onde este apresentou todos os locais de destinação final dos resíduos.

2.2.1 Resíduos Sólidos Domiciliares Úmidos

A coleta municipal é responsável por coletar os resíduos convencionais das residências e dos estabelecimentos comerciais. Estes resíduos são conhecidos como resíduos úmidos, que em sua maioria englobam os orgânicos e rejeitos. A coleta ocorre nas segundas e quartas-feiras na área norte, nas terças e quintas-feiras na área sul e nas sextas-feiras na área central da cidade.

Para realizar a coleta dos resíduos convencionais, a Prefeitura conta com um caminhão basculante e compactador (Figura 1) e três funcionários, onde dois são responsáveis pela coleta manual dos resíduos e um funcionário responsável por conduzir o veículo.

Figura 1 - Caminhão da coleta convencional.



Fonte: os autores, 2019.

Os resíduos recolhidos pela coleta convencional são levados para área de disposição final, localizada em uma área rural próxima ao município. Toda a população do município é atendida por este sistema; os moradores ainda não realizam da forma correta o acondicionamento dos resíduos úmidos, em muitos casos destinando junto os resíduos recicláveis e perigosos (como pilhas, baterias e pneus).

2.2.2 Área de disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU

Os resíduos são coletados pelo caminhão da coleta municipal, onde são destinados ao aterro controlado, sendo dispostos diretamente no solo sem nenhuma triagem. Em visita à área (Figura 2), foi possível observar que o local se encontra em situação precária, não possuindo telas de seguranças adequadas, e o portão encontrava-se aberto e quebrado, sem nenhum funcionário da prefeitura cuidando do local.

Figura 2 - a) Foco de queimada dentro do aterro controlado do município; b) Disposição final dos resíduos no aterro controlado do município.



Fonte: os autores, 2019.

De acordo com o funcionário da prefeitura que acompanhou a visita, o aterro não contém uma balança de pesagem. Isto torna muito difícil ter um controle preciso da quantidade de resíduos gerados por dia. Conforme o relato do responsável técnico pelo aterro, atualmente a quantidade de resíduos que chega ao local é em média 5.500 kg/dia, variando de acordo com os dias da semana, sendo a maior quantidade nas segundas e terças-feiras.

2.2.3 Resíduos Sólidos Domiciliares Secos

A coleta dos resíduos recicláveis é um projeto novo no município, com objetivo de atender toda zona urbana. De forma geral, a coleta é realizada pelo caminhão da prefeitura (Figura 3), onde destinam todo o resíduo para uma cooperativa. O serviço também é realizado por catadores de materiais recicláveis. A coleta ocorre nas segundas e quartas-feiras na área norte, nas terças e quintas-feiras na área sul e nas sextas-feiras na área central da cidade.

Figura 3 - Caminhão da coleta dos recicláveis.



Fonte: os autores, 2019.

A cooperativa é recente, tendo os serviços sido iniciados no início do ano de 2019. O barracão de triagem é localizado na área urbana do município (Figura 4). O serviço é executado por cinco pessoas, que são designadas a organizar o barracão, fazer a triagem dos resíduos, efetuar as vendas e fazer a contabilidade. Todo material é vendido para as cidades vizinhas e a renda arrecada é utilizada para pagar o salário dos colaboradores.

Figura 4 - Vista interna do barracão de reciclagem do município.



Fonte: os autores, 2019.

De acordo com informações passadas pelos funcionários da cooperativa, os resíduos recicláveis são vendidos quinzenalmente. A relação aproximada da quantidade de material vendido é apresentada na Quadro 1.

Quadro 1 - Quantidade aproximada de material reciclável comercializado.

Resíduos	Quantidade (Kg/mês)
Alumínio	60
Ferro	3000
Garrafa PET	1000
Lona e sacolas	6000
Papelão	10000
Plástico em geral	2200
Vidro	10000

De acordo com os dados apresentados na Quadro 1, o rendimento do município em relação à reciclagem de resíduos ainda é baixo. Um dos principais motivos para o baixo rendimento da reciclagem é que o projeto da coleta seletiva é novo no município, e existe uma falta de conscientização da população. Outro problema é que grande parte dos recicláveis acaba sendo destinado erroneamente junto aos resíduos sólidos úmidos ou rejeitos.

2.2.4 Resíduos de Limpeza Pública

Neste município, o principal sistema de limpeza das vias públicas é o serviço de varrição, o qual ocorre regularmente, com intuito de evitar problemas como o acúmulo de resíduos nos logradouros, poluição visual, mau odor e entupimento dos bueiros. Todos esses serviços são de responsabilidade da prefeitura municipal, não ocorrendo à terceirização destes serviços.

Os serviços de varrição são executados manualmente, onde a equipe de limpeza utiliza como suporte ferramentas como carrinho de mão, vassouras e pás. A prefeitura também dispõe de um caminhão para auxiliar na coleta dos resíduos de limpeza pública. Todos os resíduos gerados com o serviço de limpeza pública têm como área de disposição final o aterro controlado do município.

2.2.5 Resíduos de Serviço de Saúde

Foi realizada a visita em diversos locais do município onde ocorre a geração e/ou destinação dos Resíduos de Serviço de Saúde – RSS. O município é composto por uma Unidade de Pronto Atendimento e duas unidades básicas de saúde.

Neste dia, a funcionária responsável pelas unidades de saúde fez o acompanhamento nos três locais. Segundo informações passadas, os RSS são coletados por uma empresa terceirizada quinzenalmente. Para uma análise das quantidades de resíduos gerados, foi pedido para a responsável os relatórios de coleta, porém, não havia ao certo os últimos comprovantes das 3 unidades.

Em contato com a empresa, ela passou uma média total de RSS coletados no município no ano de 2019. As quantidades de resíduos

coletados, e sua classificação, seguem apresentados na Quadro 2.

Quadro 2 - Média mensal de Resíduos de Serviço de Saúde coletados.

Classificação	Quantidade (Kg/mês)
Grupo A (Infectante)	100
Grupo B (Químico)	20
Grupo E (Perfurocortante)	23

2.2.6 Resíduos de Construção Civil

Os Resíduos de Construção Civil - RCC são compostos por entulhos, fragmento ou restos de tijolos, concreto, argamassa, aço, madeiras, entre outros resíduos provenientes dos restos de construções. Estes materiais podem ocasionar problemas, isto se deve ao volume que é gerado com este tipo de resíduo e por ele ser praticamente inerte.

No município, os RCC são de responsabilidade de cada gerador, sendo um dos maiores problemas encontrados em relação aos resíduos urbanos, pois em muitos casos a população os deixa em qualquer local (esquinas, terrenos baldios e casas abandonadas).

Ainda não existem no município empresas especializadas em coleta e destinação final destes resíduos. No dia da visita, foi possível observar ao longo do município pontos conhecidos como “bota foras”, onde moradores descartam alguns tipos de resíduos como os RCC, entulhos, móveis usados, resíduos domiciliares, entre outros (Figura 5).

Figura 5 - Local no meio da cidade com acúmulo de RCC



Fonte: os autores, 2019.

2.1.7 Resíduos Especiais

O município não apresenta nenhuma legislação em específico que trate do gerenciamento dos resíduos especiais e industriais. Dessa forma, muitas vezes esses resíduos especiais são destinados ao aterro do municipal

de forma inadequada.

Devido à falta de conscientização da população e do monitoramento por parte da prefeitura, os resíduos como pilhas e baterias, embalagens de agrotóxico, óleo lubrificantes, lâmpadas e pneus são destinados de forma inadequada ao aterro. Sendo este último gerado em grandes quantidades. No entanto, se fazem necessárias adequações urgentes no gerenciamento de resíduos especiais, visto que, possui grandes potenciais de degradação e contaminação do meio ambiente.

3. DISCUSSÃO

3.1 Proposta de Ações

Diante das informações coletadas nas visitas ao município, foi possível fazer uma breve análise da atual situação do gerenciamento dos RSU e, a partir disso, realizar um comparativo de como está sendo realizado o gerenciamento dos resíduos e como deveria ser conforme previsto em lei, sugerindo assim melhorias no sistema de gestão dos resíduos sólidos.

Para iniciar um processo de melhoria contínua no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, a participação e compreensão da população são fundamentais. Desta forma, o cumprimento das diretrizes da Lei n° 9.795 de 27 de abril de 1999, se faz necessário. Ela dispõe sobre a elaboração e implantação de programas sobre educação ambiental e programas de conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente (BRASIL, 2010).

3.1.1 Aterro Controlado

Segundo a NBR 8.849 (ABNT, 1985) um aterro controlado pode ser definido como uma técnica de disposição final dos resíduos sólidos urbanos diretamente no solo, de forma que não ofereça risco a saúde humana e que minimize os impactos no meio ambiente. Este método utiliza técnica de cobrir o material com uma camada inerte ao final de cada jornada de trabalho.

No município estudado, denomina-se aterro controlado o local onde são dispostos os RSU. Atualmente, o local apresenta características de um lixão a céu aberto. De acordo com Junior (2003), um lixão pode ser definido como uma forma inadequada de dispor os RSU, onde os resíduos são dispostos de forma desordenada e sem cobertura, provocando uma série de impactos como poluição do solo, água e ar, bem como a proliferação de vetores.

Conforme observado na visita, o aterro não se encontra com proliferação de vetores; entretanto, não pode ser classificado como aterro controlado, por não utilizar nenhuma técnica para cobrir o material inerte. Além disso, muitos resíduos perigosos são encontrados no local, assim como focos de queimadas causados por ações humanas.

De acordo com o que já foi mencionado, o aterro municipal enfrenta uma série de problemas; dessa forma, o primeiro passo seria realizar

o encerramento dele. Segundo as informações passadas pelo técnico da prefeitura, já foi iniciado o Estudo de Passivo Ambiental e o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD, documentos necessários no processo de encerramento de aterro controlado.

Como alternativas para disposição dos resíduos sólidos, o município deve passar por uma avaliação, onde indicará, se ele possui condições técnicas, recursos financeiros e humanos para a implantação e operação de um Aterro Sanitário Municipal. Uma alternativa seria a participação de um consórcio intermunicipal, com objetivo de os municípios da região disporem seus resíduos em um mesmo aterro sanitário. Por último e mais provável na situação atual, de acordo com as informações passadas pela prefeitura, seria destinar os resíduos domiciliares ao aterro sanitário de um município próximo da região.

3.1.2 Resíduos Domiciliares e Comerciais

Segundo o Art. 20° da Lei Federal 12.305/2010 os estabelecimentos comerciais que geram resíduos perigosos ou resíduos que não se enquadrem como resíduos domiciliares pelo poder público municipal, estão sujeitos à elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS, que é uma forma da prefeitura ter o controle e garantir que os empreendimentos enquadrados como grandes geradores (mecânicas, mercados, restaurantes etc.), cumpram as etapas de acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e destinação final dos resíduos corretamente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê no Art. 18° que, os municípios devem elaborar o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS e nele implantarem o sistema de coleta seletiva com a participação de cooperativa ou associação de catadores. Como já citado o município possui uma cooperativa que recebe os recicláveis, todavia ela é recente e o serviço de coleta seletiva ainda tem muito que melhorar, pois a população ainda não tem conscientização sobre a importância da separação dos recicláveis, em muitos casos colocando rejeitos junto aos recicláveis, prejudicando assim, o trabalho da cooperativa. Outra medida que deve ser tomada é a implantação de um programa de sensibilização ambiental no município, onde o enfoque seja atingir desde crianças aos adultos, de forma a conscientizá-los sobre a importância da separação dos resíduos recicláveis. Deste modo, os resíduos recicláveis irão chegar à cooperativa em maiores quantidades e consequentemente o custo com a coleta e destinação de rejeitos iria diminuir para o município. Além das vantagens ao meio ambiente e para própria saúde da população.

O aterro controlado não possui uma balança, fato que dificulta estimar a quantidade exata de RSU destinados ao aterro por dia. Reafirmando que os funcionários da prefeitura estimaram que atualmente o aterro do município recebe uma média de 5.500 kg/dia de resíduos sólidos, essa afirmação é baseada em um acompanhamento realizado no ano de 2016. Segundo os

dados do IBGE o município apresenta aproximadamente 6 mil habitantes no ano de 2019, desta forma foi possível calcular a geração per capita por dia para este ano (Equação 1). Desta forma o município para o ano de 2019 apresenta uma geração per capita de aproximadamente 0,916 kg/hab.dia.

$$geração\ per\ capita\ de\ RSU/dia = \frac{(RSU\ destinados\ ao\ aterro\ controlado)}{quantidade\ de\ habitantes\ do\ munícipio} \quad (1)$$

3.1.3 Resíduos de Limpeza Pública

A limpeza urbana faz parte de um conjunto de serviços estabelecidos no sistema de saneamento básico, conforme apresentado no Art. 3° da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Esta mesma lei estabelece que a limpeza pública engloba desde a execução da limpeza das vias públicas, até a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos coletados.

No município os serviços de limpeza pública funcionam de forma regular, porém se faz necessário realizar a manutenção dos serviços existentes, como poda e capina, assim como garantir o bom funcionamento das máquinas e das equipes de trabalho. Uma forma de melhorar esta atividade, são por meio da educação ambiental que incentive os habitantes a realizarem a limpeza das vias públicas de frente as suas residências. O maior problema relacionado ao gerenciamento desses resíduos é sua disposição final, o município faz a destinação ao aterro municipal junto aos demais resíduos gerados. Atualmente, segundo o técnico do município existe um planejamento para destinar estes resíduos em uma área próxima à pedreira local, mas a licença ainda não foi aprovada.

3.1.4 Resíduos de Serviço de Saúde

Segundo Rigo (2014), os resíduos de serviço de saúde apresentam riscos para saúde humana e para o meio ambiente, por isso se faz necessário procedimentos que necessitam de uma fundamentação técnica para seu manuseio, tratamento e disposição final. Desta forma, evitando problemas a saúde humana e a qualidade do meio ambiente.

A Resolução RDC n˚222 de 28 de março de 2018, regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências, onde seu foco principal é preservar a saúde pública e a qualidade do meio ambiente, e também promover a minimização da geração de resíduos, por meio da substituição de materiais e processos que ofereçam menores riscos (ANVISA, 2018).

Recentemente o município possui contrato com uma empresa terceirizada que faz a coleta e destinação final dos resíduos. Segundo as informações passadas pela mesma, os resíduos do Grupo A e Grupo E são autoclavados (processo de esterilização) e destinados a um aterro sanitário devidamente licenciado. De acordo com o Art. 15 da Resolução CONAMA

n° 358/2005, os RSS devem passar por um processo que promova a redução da carga microbiana dos resíduos, depois do tratamento eles devem ser destinados a um aterro sanitário licenciado. No entanto, os processos realizados com os resíduos do Grupo A e Grupo E estão em conformidade com a resolução. Os resíduos do Grupo B também se apresentam nas conformidades, sendo incinerados e as cinzas destinadas ao aterro sanitário licenciado.

3.1.5 Resíduos de Construção Civil

A Resolução CONAMA n° 307, de 5 de junho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos sobre a gestão dos resíduos de construção civil, tendo como objetivo reduzir os impactos gerados ao meio ambiente. De acordo com esta resolução, os geradores dos RCC deverão ter como objetivo a não geração dos resíduos, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final ambientalmente adequada. Ela também estabelece que os resíduos não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares ou em áreas de “bota fora”, lotes vazios ou áreas protegidas por lei.

No local de estudo os RCC estão sendo dispostos erroneamente em um “bota fora” localizado na área urbana, a meses atrás estavam sendo destinados diretamente ao aterro controlado. Uma das medidas que estão sendo tomadas para maior cumprimento da lei e minimização dos impactos causados ao meio ambiente é licenciar uma área adequada para disposição final deles.

Ainda em fase de planejamento, uma alternativa é a terceirização dos serviços de caçamba no município, o qual é de grande importante para melhorar o gerenciamento dos RCC. Para resolver os problemas sobre o gerenciamento dos resíduos de construção civil, o município deve cumprir o que estabelece no Art. 5° da Resolução CONAMA 307/2002. Este artigo descreve que os municípios devem elaborar o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, onde serão incorporados programas e projetos de gerenciamento de RCC. Os programas deverão conter: diretrizes técnicas e procedimentos para o gerenciamento dos resíduos pelos grandes geradores; cadastramento de áreas para recebimento, triagem e armazenamento temporário; proibição da disposição em áreas não licenciadas; ações educativas visando à redução de resíduos.

3.1.6 Resíduos Especiais

Em relação aos resíduos especiais, o município deve implantar de forma urgente políticas que visem à implantação da logística reversa, além disso, o reaproveitamento desses materiais pelas próprias empresas geradoras. No caso de pilhas e baterias, o município deve levar em consideração a Lei Estadual n° 16.075, de 01 de abril de 2009, com alterações pela Lei Estadual n° 17.73 de 23 de janeiro de 2012, que estabelece os termos de responsabilidade compartilhada, logística reversa

e proibições quanto aos descartes destes materiais. Esta mesma lei também fala sobre a responsabilidade dos consumidores em levar os produtos nos estabelecimentos que fazem a comercialização dos mesmos e da obrigação que os revendedores possuem em disponibilizar o serviço de recolhimento. Atualmente, o município não apresenta nenhum ponto de coleta de pilhas e baterias, mas a viabilidade já está sendo estudada.

Ainda sobre os resíduos especiais, os pneus são outro problema ao município, que destinam grande parte destes resíduos em um barracão que se encontra em anexo ao aterro controlado. Assim como disposto na PNRS – 12.305/2010 e na resolução CONAMA n° 416 de 30 de setembro de 2009 os pneus usados são de responsabilidade dos fabricantes, distribuidores e comerciantes, que devem implantar o sistema de política reversa. Cabe ao município fiscalizar estes estabelecimentos e realizar cobrança para que os mesmos peguem os pneus de volta. Outra alternativa é criar no município um ponto de coleta, para que as pessoas levem o material, sob responsabilidade da prefeitura e realizar a destinação final adequada.

4. CONCLUSÃO

Atualmente percebe-se que o município se preocupa em realizar de forma correta o gerenciamento dos resíduos sólidos. Porém a falta de uma secretaria do meio ambiente e de recursos financeiros, dificulta muito todo o avanço legal e melhorias nesta gestão dos resíduos sólidos. Observa-se também o grande desinteresse por parte dos geradores em realizar de forma correta o gerenciamento dos resíduos sólidos.

É perceptível como a ausência de uma secretaria voltada ao meio ambiente faz falta neste processo. Grande parte dos resíduos gerados no município são dispostos no aterro controlado (muito próximo ao um lixão a céu aberto), fato preocupante para o meio ambiente. O município apresenta uma estrutura razoável em relação aos resíduos recicláveis, apresentando uma cooperativa que trabalha de forma organizada, apesar de ser recente e pequena.

Contudo, pode-se concluir que o município estudado além de aplicar as sugestões propostas no trabalho em relação à instituição e execução das leis municipais para o correto gerenciamento de resíduos sólidos, deve executar mecanismos voltados para minimização dos resíduos domiciliares e comerciais, ainda como melhorias no sistema de acondicionamento e destinação final, para melhor reaproveitamento dos resíduos recicláveis. Todavia, pode ser iniciado através de campanhas e palestras de sensibilização ambiental.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: resíduos**

sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8849: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro, 1985.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC Nº. 222, de 28 de MARÇO de 2018.** Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências.

BRASIL, 1981. Presidência da República, Casa Civil. Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL, 1999. Presidência da República, Casa Civil. Lei n° 9.795, de 27 de abril de 1999. Estabelece diretrizes nacionais para saneamento básico.

BRASIL, 2010. Presidência da República. Lei n° 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n° 358 de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e disposição final de resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n° 416 de 30 de setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n° 307 de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

LANGE, L. C.; SIMÕES, G. F.; FERREIRA, C. F. A. Capítulo 5: **Aterro Sustentável: Um Estudo para a Cidade de Catas Altas, MG.** IN: CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges (coord.). Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades. Rio de Janeiro: ABES; RiMA, 2003. p. 143-196.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2019ª. Disponível em: https://mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos.html. Acesso em: 21 set. 2019.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resíduos Sólidos.** 2019b. Disponível em: https://mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos. Acesso em: 21 set. 2019.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n° 416, de 30 de setembro de 2009.** Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/conama_416_09_36.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.

PARANÁ. Lei Estadual nº 12.493 de 22 de Janeiro de 1999. Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes a geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências.

PARANÁ. Lei Estadual nº 16.075 de 01 de Abril de 2009. Proíbe o descarte de pilhas, lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham mercúrio metálico em lixo doméstico ou comercial, conforme especifica e adota outras providências.

RIGO, V. **Análise do Processo de Gerenciamento de Resíduos Sólidos no Município de Francisco Beltrão/PR a Partir da Década de 1970**. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Geografia – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2014. Disponível em: http://tede.unioeste.br/handle/tede/1116. Acesso em: 28 de maio de 2019.

SOLID WASTE MANAGEMENT IN A SMALL MUNICIPALITY: DIAGNOSIS OF THE CURRENT SITUATION AND PROPOSAL FOR IMPROVEMENTS

ABSTRACT – Integrated urban solid waste management is a key tool for the proper management of solid waste. The main objective of the present work was to perform an analysis of the current situation of solid waste management in the small municipality, as well as to propose improvements to be achieved in order to reach the standards and laws proposed in this work. This analysis of the municipality began through a field visit to know the reality of the place, focusing on the waste management adopted. The work is characterized as a case report, with bibliographic consultations and as the main methodological instrument the technical visit. Such research contributed to identify failures in the solid waste management process, in several aspects, such as infrastructure, waste disposal sites, environmental awareness and absence of municipal policies. The results obtained in the study are pertinent to promote a reformulation of the management system of the municipality and propose measures to achieve the guidelines established in the National Policy of Solid Waste, which can improve the quality of life of the population and the environment.

KEYWORDS: National Policy on Solid Waste; Environmental Education; Environmental Diagnosis; Solid Waste Management.

CAPÍTULO 11

O PAPEL DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Leticia Framesche
http://lattes.cnpq.br/5448664745222212
Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Irati, Paraná

Juliana Biluca
http://lattes.cnpq.br/7157323907014205
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná

Leilane Talita Fatoreto Schwind
http://lattes.cnpq.br/4203009359035643
Universidade Estadual de Maringá (UEM), Goioerê, Paraná
Universidade Paranaense (UNIPAR), Umuarama, Paraná

RESUMO – Em decorrência do aumento populacional, do consumo de bens e serviços, e consequentemente da excessiva geração e diversidade de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), as cidades brasileiras enfrentam dificuldades financeiras, estruturais, técnicas e ambientais para gerenciar adequadamente seus resíduos. Umas das ferramentas que possibilita melhorias no gerenciamento adequado dos resíduos e nos aspectos envolvendo a qualidade e quantidade dos resíduos é a educação ambiental. No processo investigativo não foram encontrados estudos que abordem simultaneamente a efetividade de ações de educação ambiental por meio de análises qualiquantitativas dos resíduos encaminhados à reciclagem, desta forma, o presente estudo visa preencher esta lacuna avaliando a evolução da quantidade e qualidade dos RSU em função de uma série de ações educativas envolvendo a sociedade e a comunidade escolar em uma cidade do estado do Paraná - Brasil. A sequência de atividades de educação ambiental foi aplicada em quatro bairros do município e em uma escola, sendo palestras, práticas pedagógicas intencionais, panfleto e instruções porta a porta. Após quatro meses, foi observado um aumento expressivo na quantidade de resíduos recicláveis encaminhada à cooperativa municipal, demonstrando que ações educativas e ambientais impactam positivamente na gestão dos resíduos sólidos, sendo, então, ferramentas eficazes aos gestores públicos no que tange melhorias sustentáveis no gerenciamento dos resíduos sólidos municipais.

PALAVRAS-CHAVE: Cooperativas de reciclagem; Coleta Seletiva; Sustentabilidade urbana.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) têm se tornado uma preocupação ambiental, social e econômica crescente em grande parte dos países do mundo (SAIDAN; DRAIS; AL-MANASEE, 2017), em decorrência do crescimento populacional e simultaneamente do consumo de bens e produtos, acarretando no aumento expressivo da geração e diversidade de resíduos (COBAN; ERTIS; CAVDAROGLU, 2018). Vinculado a este aspecto, mais de dois bilhões de toneladas/ano de RSU foram gerados no mundo, e 33% destinado inadequadamente (KAZA *et al*., 2018), deste modo, a gestão e tratamento adequado são um dos maiores desafios enfrentados pelas autoridades mundiais (LINO; ISMAIL, 2017).

A geração dos resíduos é influenciada por diversos fatores como a situação econômica (ARIKAN; ŞIMŞIT-KALENDER; VAYVAY, 2017), existência de regulamentações, estrutura industrial (HUSSEIN; MONA, 2018), avanço tecnológico, sensibilização ambiental (SANTAELLA *et al*., 2014). Logo, cada local possui suas peculiaridades, conforme demonstrado pela variação na geração de resíduos no mundo de 0,11 a 4,54 kg/hab./dia, (KAZA *et al*., 2018), e 0,76 a 1,23 kg/hab./dia no Brasil (ABRELPE, 2020).

A caracterização dos resíduos também apresenta influências por hábitos, densidade populacional (RONG *et al*., 2017) e renda *per capita* por exemplo, pois quanto maior a renda menor a parcela de resíduos orgânicos e maior a de recicláveis (KHAN; KUMAR; SAMADDER, 2016), sendo comprovado pela composição mundial dos resíduos, 44% de material orgânico, 38% de recicláveis e 18% de rejeitos (KAZA *et al*., 2018), já a nível de Brasil 51,4% de orgânicos, 31,9% de recicláveis e 16,7% de rejeitos (IPEA, 2012).

Com base na legislação e nos programas voltados ao gerenciamento dos resíduos, o Brasil aprovou em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal n° 12.305 (BRASIL, 2010), um marco regulatório à gestão e gerenciamento dos resíduos. Vinculado a PNRS, a coleta seletiva, um instrumento legal, promove o recolhimento de resíduos previamente segregados conforme sua constituição ou composição (BRASIL, 2010). Dos resíduos encaminhados a esses sistemas 26% são de rejeitos (CEMPRE, 2019), materiais cuja reciclagem não é possível por questões estruturais, tecnológicas (BRASIL, 2010), operacionais (MOURA; PINHEIRO; CARMO, 2018), inviabilidade econômica ou comercial (LIMA; OLIVEIRA, 2017), elevando os custos desses sistemas (ZON *et al*., 2020), em função do tempo na coleta e segregação, redução de materiais comercializados e descarte dos rejeitos em locais adequados (MOURA; LIMA; ARCHANJO, 2012).

Tratando-se do volume de resíduos enviados à reciclagem, alguns fatores influem nesse processo, como a correta segregação na fonte geradora (BAAWAIN *et al*., 2017), participação pública (ALMASI *et al*.,

2019) e desinformação (LIMA; OLIVEIRA, 2017). Um instrumento legal que possibilita o impulsionamento de mudanças, é a educação ambiental, por meio da internalização integrada e contínua de valores (BRASIL, 1999).

No Brasil, a partir de janeiro de 2021 um novo instrumento foi implantando pela Portaria nº 280 do Ministério do Meio Ambiente, que por meio de um sistema *on-line,* empresas e gestores municipais, necessitam emitir o Manifesto de Transporte de Resíduos, com características qualiquantitativas dos resíduos transportados, além do Inventário Nacional dos Resíduos Sólidos (MMA, 2020), objetivando maior controle dos resíduos gerados no país. No entanto, o Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS), uma plataforma eletrônica para coleta de informações sobre o diagnóstico do manejo de RSU (SNIS, 2017), existente a mais tempo, ainda não coleta informações condizentes com a realidade, inviabilizando um diagnóstico adequado para a correta gestão.

1.2. Apresentação do problema

Por meio de uma revisão exploratória da literatura contemplando três temáticas, resíduos sólidos, coleta seletiva e educação ambiental, foi possível identificar um estudo que realizou análise da composição física dos rejeitos enviados aos sistemas de coleta seletiva de recicláveis no Brasil, apenas envolvendo a questão quantitativa dos mesmos (CAMPOS; BORGA, 2015; MOURA; PINHEIRO; CARMO, 2018). A condução de uma campanha de influência social com palestras, atividades práticas e informações sobre benefícios e necessidades da separação dos resíduos, ocorreu em comunidades de Hangzhou – China, no entanto os autores não analisaram a inferência quantitativa da segregação dos resíduos (XU; LING; WU, 2018). Outro estudo realizou um diagnóstico por meio de questionários, analisando efeitos da educação ambiental no desenvolvimento sustentável de escolas da cidade de Da Nang – Vietnã (HOANG; KATO, 2016). Já a possibilidade de melhora da coleta seletiva em uma universidade da Catalunha – Espanha, foi avaliada após campanhas de conscientização municipal (SALADIÉ; SANTOS-LACUEVA, 2016). Já Rousta *et al*. (2015), analisaram o efeito da instalação da coleta seletiva e distribuição de informativos em condomínio de Boras - Suécia.

Em virtude da possível inexistência de um estudo que avalie quantitativamente a evolução na segregação dos RSU atreladas às ações de educação ambiental envolvendo a sociedade e a comunidade escolar, foi proposto um estudo de caso.

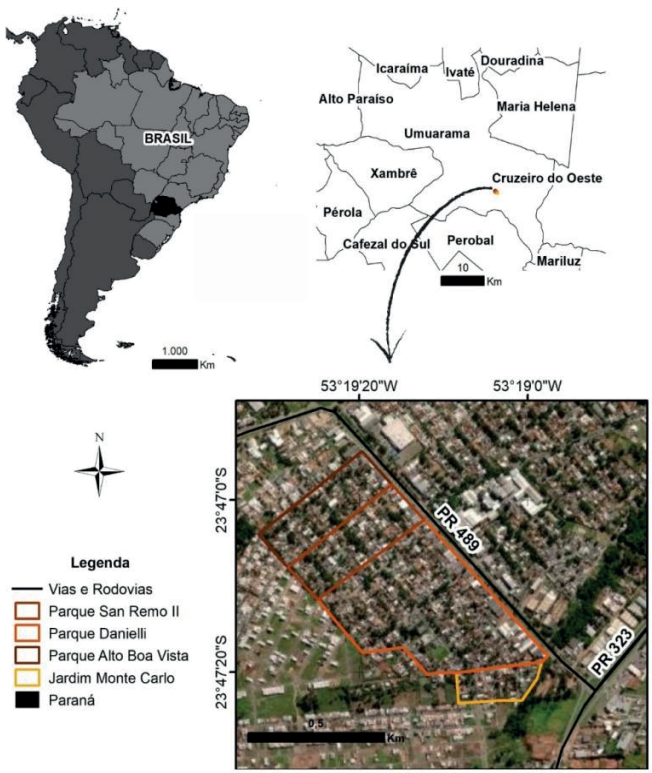
2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na cidade de Umuarama, estado do Paraná, sul do Brasil. A mesma possui aproximadamente 112.500 habitantes (IBGE, 2020), e uma distribuição populacional de 92,8% na área urbana e 7,2% na área rural (IBGE, 2010). Quanto ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), que é a medida composta por indicadores de três dimensões, longevidade, educação e renda, Umuarama possui um desenvolvimento de 0,761 (IBGE, 2010), de “alto desenvolvimento” (IPEA, 2013).

Com o objetivo de utilizar a educação ambiental como forma de otimizar a coleta seletiva, quatro bairros do município (Figura 1) foram selecionados por conveniência de amostragem.

Figura 1 - Localização dos bairros analisados no presente estudo.



Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000
Fonte de Dados: IBGE, Digital Globe,
Departamento de Planejamento Urbano de Umuarama

De acordo com o cadastro do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), os quatro bairros possuem 57, 404, 151 e 153 imóveis construídos respectivamente. Assim, pode-se estimar um total médio de residentes nesses bairros, de 2.280 habitantes (IBGE, 2017). Os bairros são considerados de classe média baixa, em função da renda mensal dos moradores, conforme informações repassadas pelo setor de habitação da prefeitura de Umuarama.

Em relação à coleta dos resíduos nos bairros analisados, as mesmas acontecem na terça-feira, quinta-feira e sábado para os resíduos comuns e na segunda-feira para os resíduos recicláveis, conforme rota estipulada pelo setor de coleta.

2.2. Levantamento de dados

Para o levantamento de dados e a fim de atingir o objetivo proposto, o estudo foi realizado em cinco etapas durante os meses de junho, agosto e outubro do ano de 2018, padronizados a cada dois meses: (1) Diagnóstico da situação atual pela quantificação dos resíduos recicláveis e rejeitos encaminhados à cooperativa de reciclagem; (2) Atividades de educação ambiental na escola municipal; (3) Diagnóstico após início das ações de educação ambiental na escola; (4) Ação de educação ambiental, porta a porta, nas residências dos bairros; e (5) Diagnóstico após término da ação de educação ambiental nos bairros.

2.2.1. Análise quantitativa dos resíduos enviados a cooperativa de reciclagem

Em virtude da inexistência de dados precisos de coleta e descarte de resíduos sólidos no município de Umuarama, análises quantitativas foram necessárias, pois, é fundamental utilizar dados realistas para aplicar as medidas necessárias.

Para quantificar o montante de resíduos coletados pela cooperativa nos bairros, o processo de coleta, acondicionamento, armazenamento, pesagem e quantificação dos resíduos recicláveis e rejeitos foram realizados com auxílio de funcionários da prefeitura e da cooperativa. Primeiramente, os resíduos recicláveis foram coletados, porta a porta, nas residências, conforme rota de coleta executada habitualmente pela cooperativa, sendo que os resíduos foram acondicionados em *bags* e armazenados no caminhão. Estas, por sua vez, foram pesadas na entrada da cooperativa, permitindo identificar o total coletado. Então, a triagem dos recicláveis foi realizada na cooperativa, de acordo com procedimento frequente, retirando a parcela de rejeitos. Por fim, efetuou-se a pesagem desses rejeitos, permitindo identificar a parcela dos mesmos (Figura 2).

Figura 2 - Metodologia para levantamento de dados.



As datas definidas para as quantificações foram estabelecidas com base nos dias de coleta dos recicláveis nesses bairros, que ocorre todas às segundas-feiras. Com a quantificação é possível identificar o percentual de rejeitos e recicláveis enviados à cooperativa pelos bairros em estudo antes da aplicação das etapas posteriores, o que proporciona uma comparação antes, durante e após a aplicação das ações educativas.

2.2.2. Ações educativas

As ações de educação ambiental foram aplicadas em uma escola municipal e nas residências dos bairros analisados.

2.2.2.1. Educação ambiental no âmbito escolar

O conteúdo programático adotado na escola é apresentado abaixo (Quadro 1).

Quadro 1 - Atividades desenvolvidas com os alunos da escola

Público	**Alunos do 3º ao 5° ano e funcionários**			**4º ano e moradores**	**4º e 5º ano**
Ação educativa	Palestra educativa	Exposição dos resíduos	Desafio prático e distribuição do panfleto	Atividade prática	Exposição dos resultados finais

Descrição	Abordagem de conceitos (coleta seletiva, reciclagem, resíduos recicláveis, manuseio, destino adequado e questões relacionadas aos resíduos sólidos)	Recordar a diferença entre resíduo reciclável e rejeito por meio de atividade prática de segregação	Incentivar a coleta seletiva. Fixar, no mural da escola, informativos com os dias de coleta em cada bairro e panfleto da campanha educativa (Figura 3)	Promover a interação entre alunos e residentes do entorno da escola, por meio de um diálogo informativo, auxiliado por perguntas e respostas previamente elaboradas, e entrega do panfleto	Os resultados da campanha foram apresentados aos alunos e abordados nas aulas de matemática

Figura 3 - Panfleto utilizado na campanha educativa



Fonte: Autoras do trabalho e Luiz Antoniassi.

2.2.3. Educação Ambiental porta a porta

Com o objetivo de promover a divulgação da campanha, sensibilizar os moradores e inseri-los na coleta seletiva, foram realizadas visitas porta a porta, de forma aleatória, nas residências dos bairros em estudo, metodologia semelhante à adotada por Oduro-Kwarteng, Anarfi e Essandoh (2016) e Xu, Ling e Wu (2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Educação ambiental no âmbito escolar

A primeira ação educativa realizada na escola, a palestra educativa, proporcionou aos alunos o primeiro contato com diversos assuntos relacionados ao tema. Com a realização da atividade prática de segregação, foi observado que 95% dos alunos demonstraram conhecer os resíduos que podem ser enviados a cooperativa.

Os alunos visitaram as residências próximas à escola, permitindo a propagação do conhecimento, sendo que, quando um morador demonstrava consciência da importância da reciclagem, os alunos o denominavam “Morador Nota 10”.

A eficácia de programas de educação ambiental envolvendo alunos de escola primária, não apenas como população-alvo do projeto, mas também como portador de informações, é afirmado na literatura (FEO *et al*., 2019), uma vez que os alunos dialogam indiretamente com a população e seus familiares, impulsionando a divulgação de programas.

3.2. Educação Ambiental porta a porta

Como forma de intensificar o conhecimento intergeracional entre alunos/familiares e a propagação de conhecimento à comunidade, a educação ambiental porta a porta foi outra forma de intervenção educativa adotada neste trabalho, sendo de extrema importância, uma vez que o conhecimento necessita ser ampliado à comunidade (ESPINOSA, 2008).

A propagação do assunto nas residências permitiu diagnosticar a ausência de informação dos moradores frente ao gerenciamento dos RSU. Em alguns casos, os mesmos desconheciam o sistema de coleta seletiva municipal, no entanto, outra parcela de demonstrou conhecimento, porém, não realizavam a segregação dos resíduos por comodismo. Todavia, a maioria realizava a segregação parcialmente correta dos resíduos, mas destinava inadequadamente lâmpadas, eletrônicos, pneus e colchões.

3.3. Quantificação dos resíduos recicláveis

Durante a primeira quantificação, 357 kg de resíduos foram coletados, sendo 241 kg de recicláveis (67,5%) e 116 kg de rejeitos (32,5%). Essa porcentagem de rejeitos corrobora com dados da Secretaria da Agricultura e Meio Ambiente da cidade de Umuarama, que indicam envio de 30% de rejeitos a cooperativa da cidade. Esta estimativa supera a média nacional, de 26%, e se assemelha a outras localidades (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados comparativos de rejeitos enviados às cooperativas de reciclagem.

Referências	Região de estudo	Porcentagem de rejeitos (%)
Moura, Lima e Archanjo (2012)	Blumenau - SC	44%
Estudo atual	Umuarama - PR	32,50%
Moura, Pinheiro e Carmo (2018)	Itaúna - MG	30,50%
CEMPRE (2019)	Brasil (média nacional)	26%
Campos e Borga (2015)	Caçador - SC	11,40%

A venda de resíduos, realizada pelas cooperativas no Brasil, são muitas vezes limitadas a papel, garrafa PET e lata de alumínio (IPEA, 2016), o que impulsiona o aumento na parcela de rejeitos. Sendo assim, quanto maior a diversidade de materiais comercializados pelas cooperativas, menor tende a ser a geração de rejeitos e, consequentemente o descarte em aterros sanitários (FIDELIS; COLMENERO, 2018).

Após o início das atividades educativas na escola, a segunda quantificação foi realizada a fim de avaliar os efeitos das ações educativas. Nessa etapa, foi encaminhado à cooperativa 810 kg de resíduos, (673 kg de resíduos recicláveis e 137 kg de rejeitos), um aumento de 279% no montante de recicláveis, e um aumento de 18,1% na parcela de rejeitos. Esse aumento na parcela de rejeitos pode ser resultado do aumento no montante encaminhado a cooperativa, demonstrando a efetividade das ações. Entretanto, fatores externos influenciam na variação da geração de resíduos, conforme demonstra a literatura.

A última quantificação realizada, com o intuito de retratar os resultados alcançados após 4 (quatro) meses de campanha, resultou em 930 kg de resíduos coletados, um aumento de 17,4% no total de resíduos recicláveis e um aumento de 2,2% na porcentagem de rejeitos, se comparado à quantificação anterior. Esse aumento pouco expressivo da última pesagem pode ser explicado pelo fato de que no dia da coleta houve uma precipitação, contribuindo para que não houvesse a presença dos sacos dos recicláveis em parte das residências, situação bem diferente das quantificações anteriores.

A diversidade de materiais classificados como rejeitos pela COOPERUMA, como os orgânicos, resíduos de higiene pessoal, têxteis, calçados, plásticos flexíveis e resíduos perigosos, devido ao risco a saúde ou ao meio ambiente, como lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, é o reflexo da ausência de informação da população, e em alguns casos, de questões de mercado, pois parte dos rejeitos encaminhados à cooperativa possuem técnicas de reciclagem viáveis, entretanto, não são revendidos pela falta de compradores, impossibilitando a comercialização pela cooperativa. Moura, Pinheiro e Carmo (2018), identificaram que, dos 30,5% dos resíduos classificados como rejeitos no estudo deles, 8,9% eram de polímeros de classe 2, como embalagens plásticas de lanches e biscoitos, PET de acrílico e copo de plástico, que poderiam ser reciclados, situação semelhante a encontrada na COOPERUMA. O isopor e materiais de embalagens que possuem baixo preço de mercado provocam desestímulo financeiro à cooperativa (SALADIÉ; SANTOS-LACUEVA, 2016), que acaba descartando como rejeito em aterros sanitários.

No município de Umuarama outro fator que pode justificar a presença de rejeitos é a inexistência do acondicionamento diferenciado por parte da população, sendo que no dia específico para coleta de recicláveis pode ocorrer também à disposição de resíduos orgânicos e rejeitos. Sendo assim, os responsáveis pela coleta têm dificuldade em discernir entre as embalagens dispostas, coletando todo tipo de resíduo armazenado na lixeira e aumentando a parcela de rejeitos encaminhada à cooperativa.

Esquemas de coleta bicolor de contêiner para recicláveis e rejeitos, é uma das formas para segregar os resíduos (FAGNANI; GUIMARÃES, 2017), além da adoção de embalagens características para os resíduos recicláveis para potencializar a separação, coleta, destinação adequada e gerenciamento interno na cooperativa de reciclagem (YUKALANG; CLARKE; ROSS, 2018). Bernad-Beltrán, Simó e Bovea (2014), afirmam que, quando distribuídos embalagens diferenciadas aos moradores, a coleta dos resíduos recicláveis tende a aumentar consideravelmente.

Aliado aos aspectos comerciais, técnicos e estruturais, campanhas informativas e de sensibilização são necessárias para possibilitar um aumento na taxa de participação da população no sistema de coleta seletiva (IBÁÑEZ-FORÉS *et al*., 2018). Saladié e Santos-Lacueva (2016) apresentaram um aumento de 17,9% na parcela de recicláveis em uma universidade da Catalunha - Espanha após campanhas educativas e de sensibilização. Deste modo, a campanha educativa realizada nos quatro bairros apresentou uma elevação nas porcentagens se comparado ao estudo anterior, pois após quatro meses, houve um aumento de, aproximadamente, 330% no montante de recicláveis e uma redução de 17,5% na porcentagem de rejeitos, corroborando com informações de Mccolloug e Roesch (2004), que afirmam que em apenas dois meses as famílias se adaptam e iniciam o processo de reciclagem em

suas residências e Achillas *et al.* (2013) que afirmam a eficaz relação entre as partes interessadas e a melhoria no gerenciamento dos resíduos.

Após a aplicação de várias formas de educação ambiental, observa-se que pouco mais de 15% dos resíduos encaminhados à cooperativa são de rejeitos, melhorando o cenário em comparação a média nacional. Situação semelhante foi encontrada no estudo de Fagnani e Guimarães (2017), que após aplicar uma campanha ambiental em uma universidade de São Paulo, UNICAMP, 23,7% da massa de resíduos ainda eram de rejeitos. Desta forma, a aplicação da ferramenta de melhoria contínua é ideal para que as situações não resolvidas sejam melhoradas e solucionadas (FAGNANI; GUIMARÃES, 2017), como é o caso dos rejeitos enviados para a cooperativa, para que atinjam os padrões máximos de qualidade.

CONCLUSÃO

A partir deste estudo foi possível comprovar que ações de educação ambiental envolvendo a comunidade escolar e a sociedade geram efeitos positivos significativos na quantidade e qualidade dos resíduos enviados aos sistemas de coleta seletiva de recicláveis. Para que seja comprovada a efetividade dessas campanhas, estudos quantitativos dos resíduos recicláveis enviados às cooperativas permitem identificar os avanços no gerenciamento e a possibilidade de propor melhorias em diversos sistemas, servindo como instrumento para os gestores públicos e tomadores de decisão.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2020**. Disponível em: https://abrelpe.org.br/panorama-2020/. Acesso em: 01 fev. 2021.

ACHILLAS, C.; MOUSSIOPOULOS, N.; KARAGIANNIDIS, A.; BANIAS, G.; PERKOULIDIS, G. The use of multi-criteria decision analysis to tackle waste management problems: a literature review. **Waste Management & Research,** v. I31, n.2, 2013.

ALMASI, A.; MOHAMMADI, M.; AZIZI, A.; BERIZI, Z.; SHAMSI, K.; SHAHBAZI, A.; MOSAVI, S. A. Knowledge, attitude and practice of kermanshahi women in relation to the reduction, recycling and reuse of municipal solid waste. **Resources, Conservation and Recycling,** v. 141, p. 329-338, 2019.

ARIKAN, E.; ŞIMŞIT-KALENDER, Z.T.; VAYVAY, Ö. Solid waste disposal methodology selection using multi-criteria decision making methods and an application in Turkey. **Journal of Cleaner Production,** v. 14, p. 403-412, 2017.

BAAWAIN, M.; AL-MAMUN, A.; OMIDVARBORNA, H.; AL-AMRI, W. Ultimate composition analysis of municipal solid waste in Muscat. **Journal of Cleaner Production**, v. 148, p. 355-362, 2017.

BERNAD-BELTRÁN, D.; SIMÓ, A.; BOVEA, M. D. Attitude towards the incorporation of the selective collection of biowaste in a municipal solid waste management system. A case study. **Waste Management**, v. 34, n.12, p. 2434-2444, 2014.

BRASIL**. Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário oficial da União, Brasília, 28 abr. 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 04 jul. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF. Diário Oficial da União, seção 1, de 03 ago. 2010, pág. 03. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 01 abr. 2019.

CAMPOS, R. F. F.; BORGA, T., 2015. Gravimetric characterization of recyclable material intended for coocytes by the selective collection program of Caçador municipality. **Electronic Journal on Management, Education and Environmental Technology,** v. 19, n. 3, p. 325-338, 2015.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Review Cempre.** 2019. Disponível em: http://cempre.org.br/upload/CEMPRE-Review2019.pdf. Acesso em: 10 ago. 2019.

COBAN, A.; ERTIS, I.F.; CAVDAROGLU, N.A. Municipal solid waste management via multi-criteria decision making methods: a case study in Istanbul, Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 180, n .1, p. 159-167, 2018.

ESPINOSA, R. M.; TURPIN, S.; POLANCO, G.; DE LATORRE, A.; DELFÍN, I.; RAYGOZA, I. Integral urban solid waste management program in a Mexican university. **Waste Management**, v. 28, p. S27–S32, 2008.

FAGNANI, E.; GUIMARÃES, J. R. Waste management plan for higher education institutions in developing countries: The Continuous Improvement Cycle model. **Journal of Cleaner Production,** v. 147, p. 108-118, 2017.

FEO, G.; FERRARA, C.; IANNONE, V.; PARENTE, P. Improving the efficacy of municipal solid waste collection with a communicative approach based on easily understandable indicators. **Science of The Total Environment**, v. 651, n. 2, p. 2380-2390, 2019.

FIDELIS, R.; COLMENERO, J. C. Evaluating the performance of recycling cooperatives in their operational activities in the recycling chain. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 130, p. 152-163, 2018.

HOANG, T. T. P.; KATO, T. Measuring the effect of environmental education for sustainable development at elementary schools: A case study in Da Nang city, Vietnam. **Sustainable Environment Research.** v. 26, n. 6, p. 274-286, 2016.

HUSSEIN, I. A.; MONA, S. M. M. Solid waste emission: sources, composition, disposal, recycling and recovery. **Egyptian Oil Journal**, v. 27, n. 4, p. 1275-1290, 2018.

IBÁÑEZ-FORÉS, V.; COUTINHO-NÓBREGA, C.; BOVEA, M. D.; de MELLO-SILVA, C.; Feitosa-Virgolino, J. L. Influence of implementing selective collection on municipal waste management systems in developing countries: A Brazilian case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, p. 100-111, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. **Census – Sinopse**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/umuarama/pesquisa/23/27652?detalhes=true. Acesso em: 10 dez. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. **Média de moradores em domicílios ocupados**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/umuarama/pesquisa/23/27652?detalhes=true. Acesso em: 30 jul. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. **Panorama**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/umuarama/panorama. Acesso em: 07 out. 2019.

IPEA - Instituto Brasileiro de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos - Relatório de Pesquisa.** Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf. Acesso em: 03 jun. 2018.

IPEA - Instituto Brasileiro de Pesquisa Econômica Aplicada, 2013. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Disponível em: http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/130729_AtlasPNUD_2013.pdf. Acesso em: 03 dez. 2018.

IPEA - Instituto Brasileiro de Pesquisa Econômica Aplicada, 2016. **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional**. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160331_livro_catadores.pdf. Acesso em: 02 ago. 2018.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; WOERDEN, F. V. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. **World Ban**k, 2018.

KHAN, D.; KUMAR, A.; SAMADDER, S.R. Impact of socioeconomic status on municipal

solid waste generation rate. **Waste Management**, v. 49, p. 15-25, 2016.

LIMA, F. DE P. A.; DE OLIVEIRA F. G., 2017. Recycling and social technologies for sustainability: The Brazilian experience of waste pickers inclusion in selective collection programs. **Work,** v. 57, p. 363-377, 2017.

LINO, F. A. M.; ISMAIL, K. A. R. Recycling and thermal treatment of MSW in a developing country. **International Organization of Scientific Research Journal of Engineering (IOSRJEN),** v. 7, n. 7, p. 30-38, 2017.

MCCOLLOUGH, J., ROESCH, M. E. The learning curve's role in explaining household curbside recycling rates. **Journal of Environmental Systems**, v. 31, n. 4, p. 333-347, 2004.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 280, de 29 de junho de 2020.** Regulamenta os arts. 56 e 76 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, e o art. 8º do Decreto nº 10.388, de 5 de junho de 2020, institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR nacional. DF. Diário Oficial da União, seção 1, de 30 jun. 2020, pág. 95. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-280-de-29-de-junho-de-2020-264244199. Acesso em: 01 fev. 2021.

MOURA, A. A.; de LIMA, W. S.; ARCHANJO, C. do R. Análise da composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso - município de Itaúna - MG. **Synthesis Revista Digital,** v. 3, n.1, p. 4-16, 2012.

MOURA, J. M. B. M.; PINHEIRO, I. G.; CARMO, J.L. Gravimetric composition of the rejects coming from the segregation process of the municipal recyclable wastes. **Waste Management,** v. 74, p. 98-109, 2018.

ODURO-KWARTENG, S., ANARFI, K., ESSANDOH, H. Source separation and recycling potential of municipal solid waste in Ghana. **Management of Environmental Quality,** v. 27, n. 2, p. 210-226, 2016.

RONG, L.; CHENGLIANG, Z.; DONGSHENG, J.; ZIYUN D. Assessment of the potential utilization of municipal solid waste from a closed irregular landfill**. Journal of Cleaner Production**. v.142, n.1, p. 413-419, 2017.

ROUSTA, K.; BOLTON, K.; LUNDIN, M.; DAHLÉN, L. Quantitative assessment of distance to collection point and improved sorting information on source separation of household waste. **Waste Management**, v. 40, p. 22-30, 2015.

SAIDAN, M. N.; DRAIS, A. A.; AL-MANASEE, E. Solid waste composition analysis and recycling evaluation: Zaatari Syrian Refugees Camp, Jordan. **Waste Management**, v. 61, p. 58-66, 2017.

SALADIÉ, O.; SANTOS-LACUEVA, R. The role of awareness campaigns in the improvement of separate collection rates of municipal waste among university students: A Causal Chain Approach. **Waste Management**, v. 48, p. 48-55, 2016.

SANTAELLA, S. T.; BRITO, A. E. R. de M.; da COSTA, F. de A. P.; CASTILHO, N. M.; de MIO, G. P.; FILHO, E. F.; LEITÁO, R. C.; SALEK, J. M. Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira. Fortaleza: UFC/LABOMAR/NAVE. **Coleção Habitat**, v. 7, n. 2, 2014.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos**. 2017. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Disponível em: http://www.snis.gov.br. Acesso em: 22 out. 2020.

YUKALANG, N.; CLARKE, B.; ROSS, K. Solid waste management solutions for a rapidly urbanizing area in Thailand: recommendations based on stakeholder input. International **Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 7, p. 1302-1325, 2018.

XU, L.; LING, M.; WU, Y. Economic incentive and social influence to overcome household waste separation dilemma: A field intervention study. **Waste Management**, v. 77, p. 522-531, 2018.

ZON, J. L. N.; LEOPOLDINO, C. J.; YAMANE, L. H.; SIMAN, R. R. Waste pickers organizations and municipal selective waste collection: Sustainability indicators. **Waste Management**, v.118, p. 219-231, 2020.

THE ROLE OF ENVIRONMENTAL EDUCATION IN URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT

ABSTRACT – As a result of population growth, consumption of goods and services, and consequently the excessive generation and diversity of Solid Urban Waste (MSW), as Brazilian cities face financial, structural, technical and environmental difficulties to properly manage their waste. One of the tools that enables improvements in the proper management of waste and in aspects involving the quality and quantity of waste is environmental education. In the investigative process, no studies were found that simultaneously address the effectiveness of environmental education actions through qualitative and quantitative analyzes of waste sent for recycling, thus, this study aims to fill this gap by assessing the evolution of the quantity and quality of MSW according to a series of educational actions involving society and the school community in a city in the state of Paraná - Brazil. The sequence of environmental education activities was applied in four neighborhoods in the municipality and in a school, with lectures, intentional pedagogical practices, pamphlet

and door-to-door instructions. After four months, there was a significant increase in the amount of recyclables waste sent to the municipal cooperative, demonstrating that educational and environmental actions have a positive impact on the management of solid waste, being, therefore, effective tools for public managers regarding sustainable improvements in the management of municipal solid waste.

KEYWORDS: Recycling cooperatives; Selective collection; Urban sustainability.

CAPÍTULO 12

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MACHADINHO D'OESTE-RO: PROPOSTA DE GESTÃO AMBIENTAL

Nathalia Gallizzi Miguel
http://lattes.cnpq.br/0606685804751815
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, Paraná

Rodrigo Camilo
http://lattes.cnpq.br/6266998844527920
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, Paraná

Yara Campos Miranda
http://lattes.cnpq.br/0018928274834963
Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, Paraná

RESUMO – Com a crescente inovação tecnológica, os produtos tornaram-se cada vez mais descartáveis, e juntamente com o padrão de consumo humano atual destaca-se a problemática da geração de resíduos sólidos urbanos, que são aspectos ambientais responsáveis por ocasionar impactos na qualidade do solo, água e ar. Nesse sentido, o presente trabalho, caracterizado como estudo de caso, buscou realizar um diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Machadinho D'Oeste, localizado em Rondônia, visando propor melhorias em tal processo. Para tanto, a primeira etapa consistiu no levantamento de dados pertinentes ao percentual coletado e destinado no município por meio de entrevistas e consulta a órgãos públicos e demais documentos relevantes a temática. A partir da obtenção de tais dados, realizou-se uma análise que resultou no diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos da área de estudo. Por fim, apresentou-se medidas para adequação do município. Os resultados demonstraram que Machadinho D'Oeste não possui uma gestão de resíduos sólidos implementada, necessitando assim de ajustes de acordo com a legislação ambiental, seguindo as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, assegurando assim, a qualidade do meio ambiente e uma adequada utilização dos recursos naturais.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Integrada de Resíduos; Educação Ambiental; Política Nacional de Resíduos Sólidos.

1. INTRODUÇÃO

As transformações no período da Revolução Industrial trouxeram inúmeras consequências para o meio ambiente, perceptíveis nos séculos seguintes, destacando-se a problemática sobre disposição

dos resíduos sólidos que dominaram o cenário urbano e trouxeram consequências à saúde da população.

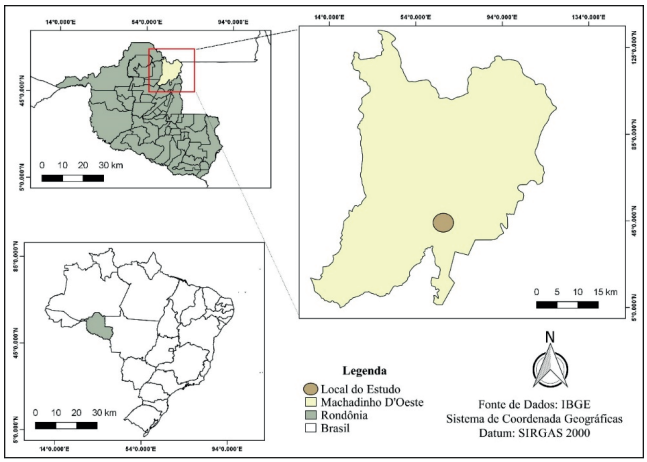
Visando mitigar tal aspecto no Brasil, em 2010 promulgou-se a Lei 12.305, denominada como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual dispõe de conceitos e diretrizes importantes para regulamentação a dos resíduos sólidos, desde a sua geração até sua disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). Para muitos municípios, principalmente os de pequeno porte, ainda há dificuldades para o cumprimento dessa lei.

De acordo com a Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019) em 2019, o país gerou em torno de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. A cobertura de coleta em 2017 atingiu 92%, sendo que 40% desses não foram dispostos em locais corretos, ou seja, foram descartados em lixões ou aterros controlados, os quais não possuem controle de passivos ambientais e são responsáveis por um elevado impacto ambiental.

Para Moura, Pinheiro e Carmo (2018) a maioria dos centros urbanos apresentam dificuldades em destinar os resíduos sólidos urbanos (RSU) de maneira correta, tendo como principais problemas encontrados na deficiência da coleta seletiva, aspecto este relacionado a falta de educação ambiental da população.

O município de Machadinho D'Oeste pertence ao estado de Rondônia, localizado a 290 km da capital, Porto Velho. Possui uma extensão territorial de 8.509,30 km² e é limitado pelas cidades de Porto Velho, Cujubim, Rio Crespo, Ariquemes, Vale do Anari e mais a nordeste pelos estados do Mato Grosso e Amazonas (Figura 1).

Figura 1 – Localização do município de Machadinho D'Oeste-RO.



Fonte: Os autores (2020)

A cidade completou 32 anos em 2020, e de acordo com o último senso, conta com cerca de 39.097 habitantes, com uma população urbana de 20.309 habitantes. (SEMOSP, 2020). Quanto a gestão de resíduos sólidos, atualmente, o município de Machadinho D'Oeste participa do Consórcio Intermunicipal - CISAN, que ocorre no município de Ariquemes – RO, possibilitando a destinação final adequada de seus resíduos sólidos de acordo com a Lei nº 12.305/10 - Política Nacional de Resíduos Sólidos. Localizado a cerca de 150 km de Machadinho D'Oeste, está situado o Aterro Sanitário de Ariquemes que recebe todos os resíduos sólidos urbanos de Machadinho D'Oeste e de mais treze municípios consorciados da região.

Apesar deste aspecto positivo, os municípios atendidos ainda apresentam uma deficiência na coleta e segregação dos resíduos gerados. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi propor melhorias relacionadas a gestão ambiental no que tange os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do município De Machadinho D'Oeste – RO.

2. METODOLOGIA

Prodanov e Freitas (2013), determinam que o estudo de caso como uma estratégia para quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos no contexto de uma realidade. Portanto, diante dos objetivos propostos, foi adotada a metodologia de estudo de caso para apresentar a atual situação do município quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

Foram coletadas informações por meio de entrevistas com a Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos (SEMOSP), sobre todas as etapas de gerenciamento dos resíduos, ou seja, as formas de acondicionamento, coleta até disposição final. Também a qual forneceu as planilhas de coleta e transporte referentes aos custos da prefeitura por tonelada do ano de 2018 e 2019, e os gastos por toneladas no transporte, que se refere a distância do transbordo até a destinação final, assim como os dados municipais do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SINIS de 2018.

Com intuito de conhecer melhor a disposição final dos RSU do município, também foi realizada uma visita técnica ao local de transbordo no dia 8 de janeiro de 2020. Por fim, a partir dos dados levantados, realizou-se o uso de ferramentas computacionais para facilitar o entendimento da gestão de resíduos sólidos urbanos de Machadinho do Oeste. A partir de revisão de literatura, realizou-se um diagnóstico do local com base nos resíduos gerados no município, tornando possível propor melhorias na gestão dos resíduos, como também a elaboração de um Plano de Ações para execução prática das propostas sugeridas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando a gestão de resíduos sólidos de Machadinho D'Oeste, foi possível verificar que até o ano de 2016 todos os resíduos gerados, inclusive os de origem hospitalar, eram encaminhados para o lixão da cidade. O local de descarte era localizado ao lado do Cemitério Municipal (Figura 2), contava com uma área de aproximadamente 3,5 hectares e ficava cerca de dois quilômetros do centro da cidade.

O terreno ainda pertence a prefeitura, e não há registros da obtenção de licença ou outorga de funcionamento de um órgão ambiental estadual para tal despejo. Os resíduos eram dispostos de forma irregular e sem nenhum tipo de segregação, onde eram aproveitados os cortes do terreno originados de uma antiga escavação de exploração da jazida de cascalho para a disposição. Também havia a presença de catadores e diversos animais.

Figura 2 - Resíduos invadindo o Cemitério em Machadinho D'Oeste em 2014



Fonte: Marques (2014)

No início de 2015 o Consórcio Intermunicipal de Saneamento da Região Central de Rondônia (CISAN) disponibilizou para a prefeitura o Aterro Sanitário de Ariquemes, com o objetivo de dar uma destinação adequada aos resíduos. Em busca de se adequar a legislação pertinente, no mesmo ano, a prefeitura adquiriu um terreno localizado na Linha MP 57, km 14, lote 0307, Gleba 02, que serviria para uma estação de transbordo e uma futura instalação de um Aterro Sanitário (SEMOSP, 2020).

Atualmente, uma empresa terceirizada faz a coleta de todos os resíduos domésticos e comerciais, com dois caminhões compactadores,

abrangendo Machadinho D'Oeste e também seus dois distritos: 5º BEC e Estrela Azul. Sua periodicidade no centro da cidade é diária, nas regiões próximas ao centro e nos distritos duas vezes na semana, e nos bairros mais afastados uma vez na semana.

São coletadas em média 10 toneladas de resíduos por dia, o que acarreta em uma média de 0,25 kg/hab./dia, porém se considerar apenas a população em área urbana (cerca de metade da população total), obtém-se uma média de geração de cerca de 0,5kg/hab./dia. Todos esses resíduos são enviados para a estação de transbordo, a qual possui apenas uma rampa de terra e abaixo dela dois contêineres onde são despejados os resíduos, que ao atingirem o volume máximo, são fechados e transportados até o Aterro Sanitário de Ariquemes (SEMMA, 2020).

Como não há coleta seletiva, os moradores dispõem os resíduos gerados de forma incorreta, sem nenhum tipo de segregação dos resíduos orgânicos, recicláveis ou rejeitos (Figura 3). Outro passivo encontrado é quanto ao mal acondicionamento desses resíduos, que em muitos casos são dispostos em frente as residências sem nenhum tipo de recipiente adequado. Tal fato atrai animais e vetores de doenças, acarretando ainda na poluição das ruas.

Figura 3 – Lixeiras Improvisadas em Machadinho D'Oeste - RO.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Neste tipo de acondicionamento, a maioria desses recipientes são ou ficam abertos, deixando os resíduos expostos ao tempo. De acordo com Flauzino *et al*. (2011), o manejo inadequado dos resíduos é um dos fatores responsáveis pela manutenção da endemia da dengue, pois podem gerar um grande número de criadouros potenciais do vetor. No mesmo sentido, Silva, Ariano e Scopel (2008), trazem que o fato do *Aedes aegypti* L. se reproduzir em qualquer local se torna uma grande barreira para o seu controle, pois esses recipientes que ficam acumulados nas casas se tornam o habitat ideal

para os mosquitos após períodos de chuvas.

Quando se analisa a quantidade de toneladas de resíduos gerados por mês no município (Tabela 1), percebe-se que ocorre uma possível relação no aumento do regime de chuvas em meses que coincidem com os mais caros pagos pela prefeitura, ou seja, que teoricamente apresentaram uma maior quantidade de resíduos coletados. Pode-se destacar, por exemplo, que a diferença entre o mês de janeiro (um dos meses mais chuvosos) para maio (fim do período chuvoso), no ano de 2019, fica em torno de noventa toneladas.

Possivelmente, a maior quantidade não se dá pelo aumento da geração dos resíduos em si, mas sim pelo mal acondicionamento (sem cobertura) e que juntamente com elevados índices de precipitação, acabam aumentando o peso dos resíduos nos meses chuvosos (destacados em azul), uma vez em que são contabilizados por meio de uma balança que quantifica o peso bruto total. Em vermelho foram destacados os meses de seca, que são os meses com menor quantidade de resíduos coletados.

Tabela 1 – Quantidade de Resíduos Sólidos coletados por ano em Machadinho D'Oeste - RO

Período	2018 (t)	2019(t)	
Janeiro	x	328,540	
Fevereiro	x	264,510	
Março	258,470	277,920	
Abril	262,926	286,660	
Maio	230,410	279,420	≅ 90 T
Junho	257,560	236,200	
Julho	245,370	271,600	
Agosto	272,010	240,310	
Setembro	243,340	273,920	
Outubro	287,010	276,220	
Novembro	313,160	271,120	
Dezembro	x	272,000	
Total	2370,256	3278,42	

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A quantidade de resíduos sólidos coletados por mês, nos anos de 2018 e 2019 totalizaram um montante de 2370,256 toneladas e 3278,42 toneladas respectivamente. Por conta de um rompimento de contrato com a empresa responsável na época, a própria prefeitura realizou a coleta temporária com caminhões próprios de forma improvisada, com isso, ocorrem

lacunas na Tabela 1, que são referentes a esse período, visto que a prefeitura não realizou a pesagem.

Desta forma, deve-se corrigir a forma de acondicionamento e coleta dos resíduos. Para isso, de acordo com o Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal - (BRASIL, 2001), os recipientes (lixeiras) de armazenamento adequado dos resíduos sólidos domiciliar devem conter no máximo o peso de 30kg, incluindo a carga.

Para coleta manual os sacos/sacolas plásticas devem estar bem fechadas para garantir a segurança dos trabalhadores que irão recolhê-las, e as lixeiras precisam ser rígidas e permanecerem fechadas com tampas, principalmente nas épocas chuvosas para que os resíduos não molhem. Já para recipientes maiores, geralmente usados em estabelecimentos comerciais, o mesmo manual do IBAM recomenda os que são fabricados em polietileno de alta densidade (PEAD) (BRASIL, 2001)

Essas medidas sobre o acondicionamento devem ser explicitadas durante a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS), e informadas à população, fazendo o uso de campanhas, principalmente antecedendo os meses mais chuvosos. É importante expor os riscos de um mal acondicionamento dos resíduos para a saúde e também economicamente, demonstrando como seria fazê-lo de forma ideal. Para isso, é possível utilizar meios de comunicação virtuais, carros de som e anúncio na rádio da cidade.

Partindo para a coleta, a população poderá separar os resíduos em dois grupos, uma denominada Resíduos Recicláveis que é destinada para coleta seletiva, e a outra em Não Recicláveis que irá para coleta convencional. Para implantação desse tipo de coleta, é preciso determinar a frequência da coleta seletiva e convencional, especificando os dias da semana e horários, com rotas pré-definidas para que haja otimização da coleta, e depois informar a população para que disponham os resíduos nos dias e horários corretos.

Alguns resíduos ainda podem ser recolhidos em Ecopontos, que funcionam com o mesmo intuiu da PEV, para coletar materiais como óleo de cozinha, pilhas, baterias, materiais eletrônicos, lâmpadas, pneus e embalagens de agrotóxico.

É considerável também, a parceria com supermercados e estabelecimentos comerciais com grande fluxo de pessoas, para que cedam um espaço para a instalação dos Ecopontos ou para que patrocinem a instalação dos mesmos. Segundo Lacerda (2002), os processos de logística reversa tem trazido consideráveis retornos para as empresas. O reaproveitamento de materiais e a economia com embalagens retornáveis têm trazido ganhos que estimulam cada vez mais novas iniciativas e esforços em desenvolvimento e melhoria nos processos de logística reversa. Os

distritos de 5º BEC e Estrela Azul também devem ser beneficiados com esses pontos de entrega voluntária e coleta seletiva.

Quanto aos resíduos de varrição das vias públicas, o município conta com vinte trabalhadores para varrição e vinte para capina e roçada. A limpeza pode ser manual utilizando pás, rastelos, enxadas e vassouras ou também com auxílio de roçadeiras. Apesar de estar localizado dentro do bioma da Floresta amazônica, a cidade dispõe de pouca arborização urbana, portanto, o serviço de poda não é frequente, logo, gera pouca quantidade de resíduos. Tal serviço também é realizado por empresa terceirizada, em que se paga em um valor fixo mensal e não dispõe de um cronograma definido, sendo o trabalho executado de acordo com a necessidade de limpeza da cidade.

No que se diz respeito aos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde (RSS), fica a cargo do CIMCERO (Consórcio Intermunicipal da Região Centro Leste do Estado de Rondônia) no qual o município é ente e, portanto, responsável pela contratação da empresa especializada que faz a coleta no hospital e postos de saúde. Cumpre-se então a resolução do CONAMA nº358/05 que dispõe sobre tratamento e a disposição final dos RSS, onde confere uma solução adequada para tal.

Após a realização da coleta dos RSU, os veículos realizam a pesagem em uma balança comercial no pátio da SEMOSP e então se deslocam pela RO 133, cerca de 16 km do centro da cidade até chegarem ao local do transbordo (Figura 4). Os resíduos gerados na limpeza de vias públicas, também são encaminhados para a estação de transbordo. Os resíduos de poda são dispostos diretamente no solo sem nenhum tipo de controle.

Figura 4 – Containers e disposição de resíduos na estação de transbordo de Machadinho D'Oeste.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Em uma visita técnica feita ao local no dia 8 de janeiro de 2020, pôde-se notar que na entrada, havia uma porteira de madeira e uma placa de sinalização, indicando aos moradores os dias da semana, horário e os tipos de resíduos permitidos a serem descartados no local. Porém, não foi observado nenhum tipo de vigilância. O transbordo contava com uma rampa

de terra para acesso dos veículos e dois contêineres para disposição dos resíduos (Figura 4). Não havia também, nenhum tipo de cobertura, o que recai no mesmo problema do mal acondicionamento dos resíduos na cidade, pois eles também ficam expostos a chuva na estação de transbordo.

Segundo o engenheiro responsável da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, frequentemente há catadores no transbordo e com a visita foi observado vários sacolões com materiais recicláveis que confirmam que há pessoas separando estes materiais no local. Haviam, também, pilhas de material eletrônico, entulhos, galhos e troncos. No entanto, na visita, não foi constatada a presença de ninguém no local.

Para a o funcionamento da estação de transbordo e a implementação e operação da cooperativa com sistema de triagem é necessário o cumprimento da Lei Estadual de nº 3.686/15 que dispõe sobre o Sistema de Licenciamento Ambiental do Estado de Rondônia e dá outras providências. A adequação da área de transbordo deve seguir a recomendação técnica do manual da FUNASA (2014), contido no Anexo C que dita a respeito das obras necessárias para proteção ambiental do local.

No item II do primeiro parágrafo, artigo 18 da PNRS (2010), deixa claro que ficam priorizados os recursos da união para os municípios que implementarem a coleta seletiva que inclua cooperativas ou outras formas de participação dos catadores de materiais recicláveis. Portanto uma alternativa adequada é a implementação de uma cooperativa no município, dessa forma garante-se a importância dos catadores informais que já fazem esse trabalho na estação de transbordo, podendo assim priorizá-los, formalizando-os e garantindo seus direitos. O Setor de Comunicação MNRC (2019), afirma ainda que os catadores são responsáveis pela coleta de 90% de tudo que é reciclado hoje no Brasil.

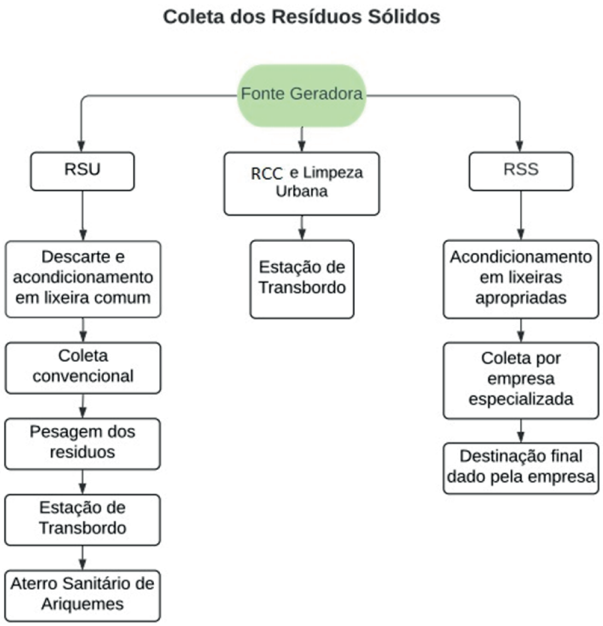
De acordo com o guia do Instituto Projetos e Pesquisas Socioambientais – IPESA (2013), a CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem, apresenta que a implantação de uma cooperativa de catadores requer um conjunto de condições básicas para transporte, triagem, beneficiamento e comercialização dos resíduos, bem como de apoio aos cooperados: capacitá-los para o gerenciamento é condição fundamental para a consolidação da cooperativa como empreendimento auto gestionário, solidário e popular. Para as recomendações cerca da construção da cooperativa, também pode ser adotado o manual da FUNASA (2014), onde consta no anexo D sobre a Construção de unidade de recuperação de recicláveis.

Com a criação da cooperativa, além da implementação de mais uma medida de destinação aos resíduos que é a reciclagem, é possível assegurar melhores condições de trabalho para os catadores. Para a prefeitura, ter um centro de triagem também significa economia, pois dessa forma os recicláveis não serão mais transportados para o município de Ariquemes, contribuindo

ainda com o aumento da vida útil do aterro.

Após serem preenchidos na estação de transbordo, os contêineres são encaminhados por um caminhão do tipo *roll on off* até seu destino final, o Aterro Sanitário de Ariquemes. Essas viagens são feitas de duas a três vezes na semana. No Aterro, há um centro de triagem, pois Ariquemes possui coleta seletiva, no entanto, como os resíduos de Machadinho D'Oeste não são segregados previamente, vão direto para a célula de disposição final do aterro. O fluxograma abaixo (Figura 5) representa as etapas de coleta e destinação final dos resíduos na área de estudo.

Figura 5 – Fluxograma do processo de gerenciamento de resíduos sólidos de Machadinho D'Oeste.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Desta forma, a destinação final dos resíduos sólidos de Machadinho D'Oeste está ambientalmente adequada, desde que sejam realizadas estratégias de diminuição dos resíduos gerados, incentivo a coleta seletiva e implementação de cooperativa de reciclagem na cidade. Para Quintas (2006), a prática da gestão ambiental só acontece quando une a presença do Estado com a sociedade civil. Logo, o Poder Público e a sociedade civil não podem se opor, mas devem trabalhar em ações compartilhadas

A partir desta consideração de união do Estado com a cooperação

da população, seria de suma importância o cumprimento da lei 12.305/2010 que prevê no Art. 18º a elaboração e implementação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, onde dispõe de diretrizes a serem cumpridas para uma gestão ambiental adequada. Segundo Philippi Junior *et al* (2012), esta lei traz a união de várias dimensões importantes e foi além do aspecto técnico para levar um conceito amplo, incluindo assim pilares econômicos (políticos), ambientais e culturais (sociais).

Para a obtenção de resultados promissores em uma gestão ambiental, também é necessário atender a ordem de prioridade dada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010): "não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos" (BRASIL, 2010, art 9°).

Assim a não geração, redução e reutilização, são as primeiras e principais opções a serem consideradas, opções essas que são implementadas na sociedade através da Educação Ambiental (EA), pois dependem mais da conscientização das pessoas, o que talvez seja o maior desafio, porém de grande importância para uma gestão integrada de resíduos sólidos eficaz.

Grimberg e Blauth (1998) concluem ainda, que experiências centradas nas mudanças de valores, percepções e sentimentos garantem que, quando o estímulo é incorporado e as pessoas estão motivadas para a nova "causa" - a de separar seu lixo, reduzir seu lixo ou, numa escala mais global, assumir sua responsabilidade na melhoria da qualidade do ambiente - não é mais necessário um reforço educativo. As pessoas "compram" a ideia, mudando comportamentos de forma permanente, ou seja, o objetivo do ato de educar é atingido.

Com isso, além de estratégias relacionadas a coleta e acondicionamento de resíduos (Plano de ação em anexo) destaca-se que a educação ambiental é uma estratégia que deve ser implementada e incentivada durante todo o processo de adequação ambiental do município no que diz respeito aos resíduos sólidos urbanos, uma vez que desta forma, garante-se o sucesso das estratégias propostas.

4. CONCLUSÃO

A realização deste trabalho possibilitou identificar as etapas de gerenciamento dos resíduos gerados no município de uma forma geral, contribuindo com a elaboração de um diagnóstico para a proposição de melhorias. Destaca-se então, a importância de um Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos, pois é este o documento que garantirá as diretrizes e decisões a serem tomadas mediante a realidade do município. É importante, também, a realização de ações que contemplem a Educação Ambiental para que os moradores sejam orientados na etapa de acondicionamento, que associado ao regime de chuva da região, acaba

refletindo por fim em prejuízos econômicos para prefeitura.

Em resumo, fica a cargo do Poder Público o cumprimento das legislações apresentadas, assim como o incentivo a ordem de prioridade dada pela PNRS. Juntamente com o desenvolvimento da cooperativa da cidade para implantação da coleta seletiva, dos Ecopontos, entre outras atividades que envolvam a comunidade com projetos ambientais.

Por fim, espera-se que com este estudo seja possível identificar os pontos mais importantes e urgentes a serem melhorados no que tange a gestão dos resíduos sólidos do município, e que, com o plano de ação, a organização das metas a serem alcançadas seja facilitada.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** ABRELPE 2019.

BRASIL, 2010. Presidência da República. **Lei n° 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. 2001. 200 p. Disponível em: http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf. Acesso em: 25 jun. 2020

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Gestão de Resíduos Orgânicos**. 2016. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos.html. Acesso em: 01 set. 2020.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n° 358 de 29 de abril de 2005. **Dispõe sobre o tratamento e disposição final de resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências**.

FLAUZINO, R. F.; SOUZA-SANTOS, R.; OLIVEIRA, R. M. de. Indicadores socioambientais para vigilância da dengue em nível local. **Saude soc.** São Paulo. v. 20, n. 1, p.225-240, mar. 2011.

FUNASA. **Manual de orientações técnica para elaboração de proposta para o programa de resíduos sólidos**. 1. ed. 30 p. Brasília. DF, 2014.

GRIMBERG, E., BLAUTH, P. Coleta Seletiva. Reciclando Materiais, Reciclando Valores. **Revista Pólis**, 31, 103 p., 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Panorama de Ariquemes** Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/ariquemes/panorama. Acesso em: 03 dez 2020.

IPESA. Instituto Projetos e Pesquisas Socioambientais. **Do lixo à cidadania: guia para a formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis**. São Paulo: Peirópolis Ltda., 2013. 239 p. Disponível em: https://base.socioeco.org/docs/dolixoacidadania.pdf. Acesso em: 03 out. 2020.

LACERDA, L. Logística Reversa: Uma visão sobre os conceitos básicos e práticas operacionais. **Revista Tecnologística**, n 74, p. 46-50, São Paulo: jan 2002.

MARQUES, E. **Sem espaço, lixão invade cemitério em Machadinho do Oeste, RO**. 2014. Figura 1. Disponível em: http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/05/sem-espaco-lixao-invade-cemiterio-em-machadinho-do-oeste-ro.html. Acesso em: 18 fev. 2020.

MOURA, J. M. B. M; PINHEIRO, I. Gohr; CARMO, J. L. Gravimetric composition of the rejects coming from the segregation process of the municipal recyclabe wastes. **Waste Management***,* vol. 74, p. 98-109, 2018.

PHILIPPI JUNIOR, A. *et al*. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. In: JARDIM, Arnaldo. **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Brasil: Manole, 2012. p. 230-243.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2013.

QUINTAS, J. S. **Introdução à gestão ambiental pública**. 2ª ed. revista. – Brasília: IBAMA, 2006. Coleção Meio Ambiente. Série Educação ambiental, 5.

RONDÔNIA. Lei nº 3.686, de 08 de dezembro de 2015. **Esta Lei Dispõe Sobre o Sistema de Licenciamento Ambiental do Estado de Rondônia e dá outras providências**. Porto Velho.

SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS. Machadinho D'Oeste. 2020. **Dados disponibilizados por meio de entrevista**. SEMOSP.

SEMMA - SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. Machadinho D'Oeste. 2020. **Dados disponibilizados por meio de entrevista**. SEMMA.

SETOR DE COMUNICAÇÃO MNCR. Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis. **Quantos Catadores existem em atividade no Brasil?** 2019. Disponível em: http://www.mncr.org.br/sobre-o-mncr/duvidas-frequentes/quantos-catadores-

existem-em-atividade-no-brasil. Acesso em: 06 jul. 2020

SILVA, J. S.; ARIANO, Z. DE F.; SCOPEL, I. A dengue no Brasil e as políticas de combate ao Aedes aegypti: da tentativa de erradicação às políticas de controle. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 4, n. 6, 25 jun.

URBAN SOLID WASTE IN MACHADINHO D'OESTE-RO: ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PROPOSURE

ABSTRACT – With the increasing technological innovation, products are becoming way more disposable, and along with the current human consumption pattern we have the problem of generating large amounts of urban solid waste, which are environmental aspects responsible for impacting soil, water and air quality. In this sense, the current study, characterized as a case study, seeks to perform a diagnosis of the urban solid waste management in the city of Machadinho D' Oeste, situated in the state of Rondônia, aiming to propose improvements in the process. To do so, in the first place, it will be conducted a research to evaluate pertinent data such as the percentage of urban waste that is collected and destined in the city through interviews and inquiry with public offices and other documents that are relevant to the theme. After obtaining such data, it will be conducted an analysis that will result in the diagnosis of the city's solid waste management. In the end, measures are presented to adapt the city to the environmental legislation, following the guidelines of the National Policy of Solid Waste, thus ensuring, the quality of the environment and an adequate use of natural resources.

KEYWORDS: Integrated Management of Solid Waste; Environmental Education; Nacional Policy of Solid Waste.

Plano de Ação					
Cenário	Pontos Fortes		Limitações	Oportunidades	Ameaças
	Cidade de pequeno porte; Participante do consórcio CISAN; Meios de comunicação (rádio, internet);		Recursos financeiros e técnicos;	Melhoria da equipe técnica ambiental; Troca de gestão da prefeitura; Criação de cooperativa de catadores; Geração de Empregos; Melhoria da qualidade ambiental; Cumprimento da Lei nº 12.305/10	Ausência de Educação Ambiental na população;
Objetivo	Implementação de melhorias na Gestao de Resíduos Sólidos				
Plano de Ação	Ações	Onde	Meta	Prazo	Responsável
	Criar equipe responsável pelo PMGIRS	SEMMA	Estabelecer responsáveis e distribuir funções	15 dias	SEMMA
	Levantamento de dados	Em toda cidade e nos distritos	Conhecimento da situação atual	1 mês	Engenheiro Ambiental
	Iniciação de programas de EA	Aplicação em toda a população	Consumo consiente; Reconhecer a importancia do meio ambiente	1 mês	SEMMA
	Regularização legal dos catadores	Cooperativa	Assegurar os direitos dos catadores	20 dias	SEMMA
	Aquisição de equipamentos	Prefeitura	Assegurar a coleta adequada e triagem dos materiais	6 meses	SEMMA
	Construção do barracao da cooperativa	Transbordo	Local para triagem dos materiais	3 meses	SEMMA
	Capacitação dos funcionários	Não definido	Garantir a qualidade e eficiencia da coleta	1 mês	SEMMA
	Definição de rotas e horários da coleta	Todo o município e distritos	Otimizar o tempo e custo da coleta	15 dias	SEMMA
	Criação de estratégias de controle	Cooperativa	Manutenção dos serviços e garantir o cumprimento dos prazos	15 dias	SEMMA
	Definição dos Ecopontos em áreas urbanas	Escolas, praças e espaços públicos	Pontos estratégicos	10 dias	SEMMA
	Busca de parcerias para os Ecopontos	Mercados, farmácias e estabelecimentos comerciais em geral	Adquirir espaços e patrocínio para disposição dos Ecopontos	20 dias	SEMMA
	Definição de pontos de coleta em áreas rurais	Pontos próximos a zona urbana	Acessibilidade da maior população rural possivel	10 dias	SEMMA
	Incentivo a compostagem	área rural	redução dos resíduos descartados	permanentes, com campanhas periódicas	SEMMA

SEÇÃO 4

RECURSOS HÍDRICOS

CAPÍTULO 13

AVALIAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO SOCIAL EM AÇÕES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

Alessandra Chacon-Pereira
http://lattes.cnpq.br/2851106511957380

Elza Neffa
http://lattes.cnpq.br/748998065316873

Luciene Pimentel da Silva
http://lattes.cnpq.br/5649390252824515

RESUMO – No contexto de crise hídrica, a educação ambiental apresenta-se como um instrumento capaz de estimular posturas críticas sobre os fatores geradores dessa crise e contribuir junto à comunidade local e à diversos setores da sociedade na busca de soluções para a problemática hídrica. No entanto, estudos apontam para a fragilidade metodológica dos programas/projetos de educação ambiental voltados para a gestão de recursos hídricos. Percebe-se que a maioria dos programas/projetos em desenvolvimento não especificam a vertente de educação ambiental que adotam e privilegiam práticas educativas pontuais e reducionistas. Nessa perspectiva, este estudo/pesquisa aborda o Sistema de Avaliação de Programas e Projetos de Educação Ambiental para Gestão de Recursos Hídricos (SAPEA-Água). Em seguida, discute a categoria de análise "Participação" do SAPEA-Água, seus indicadores e meios de verificação. Com esse sistema espera-se subsidiar o processo de avaliação dos referidos projetos/programas e ampliar a quantidade, a qualidade e a efetividade de programas/projetos de educação ambiental no âmbito da gestão das águas. Considera-se que o SAPEA-Água pode contribuir para o aperfeiçoamento da concepção teórica e prática dos programas/projetos de educação ambiental para a gestão das águas, privilegiando processos educativos críticos.

PALAVRAS-CHAVE: Educação ambiental; Gestão integrada de recursos hídricos; Avaliação.

1. INTRODUÇÃO

Apesar do conhecimento adquirido ao longo da trajetória civilizatória em torno da gestão dos recursos hídricos, em muitos espaços do mundo têm crescido as tensões entre os recursos hídricos disponíveis e as demandas sociais (MADANI, 2014).

WADA et al. (2014) realizaram uma análise global que revela uma crescente dependência da sociedade em relação ao uso de

água doce derivado de reservas de água subterrânea, o que contribui para o esgotamento destas reservas e tende a agravar a escassez de água no futuro.

Assim, a crise hídrica aponta para a necessidade urgente de investimentos em preservação de nascentes e mananciais, adoção de medidas públicas para melhor gerenciamento da distribuição de água potável, utilização de águas de reuso, tratamento de efluentes, mudanças de estratégia no setor elétrico e educação ambiental. No entanto, esta crise, que afeta vários estados brasileiros, não tem convergido para um ponto específico, sendo esta uma resultante do descaso, da falta de investimentos no setor hídrico, do consumo indiscriminado de água, sendo estes fatores que agravam o cenário hídrico (SILVA et al., 2016).

Diante do cenário de necessidade de uma gestão hídrica eficiente, este estudo concentra-se na busca de alternativas envolvendo a educação ambiental, que possam contribuir para a minimização ou resolução de problemas e perdas geradas pela escassez de água.

A educação ambiental apresenta-se como instrumento capaz de contribuir para a compreensão dos fatores geradores da crise hídrica, para a sensibilização imbuída de utilização mais racional e sustentável com base na valorização da água. A educação ambiental é um processo pelo qual as pessoas aprendem como funciona o ambiente, como dependem dele, como o afetam e como podem promover a sua sustentabilidade (DIAS, 2004).

Esta educação diferencia-se da educação em geral, por acrescentar uma especificidade: compreender as relações sociedade-natureza e intervir sobre os problemas e conflitos ambientais, contribuindo para uma mudança de valores e atitudes (CARVALHO, 2004).

O pensamento de REIGOTA (1994) complementa estas ideias ao considerar que a educação ambiental deve ser entendida como uma educação política por reivindicar e preparar os cidadãos para exigir justiça social, autogestão e ética nas relações sociais e nas que estabelece com a natureza em sua luta pela sobrevivência e pela conquista da cidadania.

QUINTAS & GUALDAS (1995) apontam que a educação ambiental deve assumir o papel de articulação da sociedade por meio da participação social. Desta forma, a educação ambiental para a gestão participativa das águas insere-se no processo de instrumentalização social para a ação política capaz de compreender a dinâmica da crise hídrica e de contribuir na mediação dos conflitos que envolvem os múltiplos usos da água.

Apesar dos autores acima ressaltarem a importância da educação ambiental, diversos estudos apontam para a fragilidade metodológica dos programas/projetos de educação ambiental voltados para a gestão de recursos hídricos, nos espaços formal e não formal. Percebe-se que os projetos que estão em desenvolvimento não apresentam homogeneidade no

que diz respeito à vertente de educação ambiental que adotam e privilegiam práticas educativas pontuais e reducionistas (CHACON-PEREIRA et al. (2016), GUANABARA et al. (2008), LOUREIRO (2011), NEFFA et al. (2014), VEIGA & BRANCO (2009).

Este diagnóstico articula-se ao objetivo deste trabalho, cuja finalidade reside em discutir o papel da participação em programas/projetos de educação ambiental para gestão integrada das águas. A participação diz respeito ao processo democrático que incentiva a participação comunitária visando ao controle social e à conservação do meio ambiente, ou seja, refere-se ao estímulo à ampliação de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social, capacitando as pessoas a trabalharem conflitos ecológicos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Sistema de Avaliação de Programas e Projetos de Educação Ambiental para Gestão de Recursos Hídricos (SAPEA-Água) é uma ferramenta criada a partir do estudo de CHACON-PEREIRA (2018) para a avaliação de programas/projetos de educação ambiental para gestão integrada de recursos hídricos, a partir da fundamentação teórico-metodológica crítica e emancipatória.

O SAPEA-Água é composto por seis categorias de análise: Contextualização, Interdisciplinaridade, Participação, Comunicação, Sustentabilidade do Programa/Projeto e Auto Avaliação. Cada uma dessas categorias de análise é avaliada por meio de dois ou três indicadores, ou seja, o número de indicadores por categoria de análise não é necessariamente o mesmo, visto que se trata de uma análise qualitativa. O SAPEA-Água possui um total de 15 indicadores. Por sua vez, os indicadores são aferidos através de meios de verificação. O número de meios de verificação por indicador também é variável. O sistema apresenta um total de 43 meios de verificação.

O Quadro 1, a seguir, resume o número total de categorias de análise, indicadores e meios de verificação do SAPEA-Água, assim como, os valores sugeridos para avaliação dos programas/projetos de educação ambiental no contexto dos recursos hídricos.

Cabe ao responsável pelo programa/projeto, a instituição financiadora ou ao órgão fiscalizador avaliar se os meios de verificação estão presentes, o que resultará em uma soma que indica em que nível a abordagem metodológica do programa/projeto em análise corresponde aos pressupostos básicos da educação ambiental para gestão das águas.

Quadro 1 - Número total de categorias de análise, indicadores e meios de verificação, além de valores sugeridos para quantificação do SAPEA-Água

CATEGORIA DE ANÁLISE	Nº DE INDICADORES	Nº DE MEIOS DE VERIFICAÇÃO	PESO	SOMATÓRIO
Contextualização	3	6	1	+6
Interdisciplinaridade	2	7	1	+7
Participação	2	5	2	+5 x (2) = +10
Comunicação	3	9	1	+9
Sustentabilidade do Programa/Projeto	3	9	1	+9
Auto Avaliação	2	7	1	+7
Total	15 indicadores	43 meios de verificação		+48

Fonte: Chacon-Pereira, 2018.

Sugere-se, também, que a categoria de análise Participação tenha peso 2, visto que a educação ambiental crítica é fundamentada principalmente no processo de participação dos atores sociais em situação de vulnerabilidade socioambiental. O peso 2 atribuído à categoria de análise Participação se justifica também pela importância de instrumentalizar e incentivar a inserção da comunidade nos processos decisórios, priorizando os grupos sociais mais vulneráveis, visto que estes foram excluídos da participação pública.

Outro aspecto inerente ao somatório do SAPEA-Água diz respeito à classificação dos programas/projetos em faixas de qualidade, de acordo com a pontuação alcançada. Assim, propõe-se uma classificação para os programas/projetos de educação ambiental para a gestão de recursos hídricos, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação dos programas/projetos de educação ambiental e recursos hídricos de acordo com o somatório alcançado no SAPEA-Água.

SOMATÓRIO	CLASSIFICAÇÃO	COR
De 37 a 48 pontos	ÓTIMO	
De 25 a 36 pontos	BOM	
De 13 a 24 pontos	REGULAR	
De 0 a 12 pontos	INSUFICIENTE	

Fonte: Chacon-Pereira, 2018.

O somatório final permite que o gestor compare os programas/projetos de educação ambiental para gestão de recursos hídricos.

Neste estudo, será discutida a categoria de análise “Participação” do SAPEA-Água, assim como seus indicadores e meios de verificação utilizado

o sistema SAPEA-Água para avaliação de projetos no que diz respeito a categoria de análise Participação. Os indicadores e meios de verificação desta categoria de análise são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Indicadores e meios de verificação da categoria de análise Participação do SAPEA-Água

PARTICIPAÇÃO	
INDICADORES	**MEIOS DE VERIFICAÇÃO**
Proposta de ações educativas do programa/ projeto com a participação dos atores sociais locais em situação de vulnerabilidade.	Relata as demandas apontadas e negociadas com os atores sociais locais em situação de vulnerabilidade em relação à conservação e à gestão das águas.
	Apresenta número, descrição, listagem de presença, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico dos encontros para a proposta das ações educativas do programa/projeto.
Capacitação e instrumentalização de atores sociais locais em situação de vulnerabilidade para participação em processos decisórios e no controle social da aplicação dos recursos financeiros arrecadados com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e financiamentos públicos na bacia hidrográfica.	Apresenta número, descrição, período de realização, listagem de presença, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico das atividades de capacitação e instrumentalização dos atores sociais locais para intervenção qualificada em processos decisórios e controle social relacionados aos recursos hídricos.
	Apresenta materiais produzidos nas atividades de capacitação, instrumentalização e controle social.
	O número e o perfil dos participantes nas atividades de capacitação, instrumentalização e controle social são significativos e estão em consonância com as metas previstas.

Fonte: Chacon-Pereira, 2018.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O indicador do SAPEA-Água “Proposta de ações educativas do programa/projeto com a participação dos atores sociais locais em situação de vulnerabilidade” avalia se o programa/projeto de educação ambiental garante a participação dos principais interessados no planejamento do projeto ou programa de educação ambiental. O primeiro meio de verificação desse indicador é o “Relato das demandas apontadas e negociadas com os atores sociais locais em situação de vulnerabilidade em relação à conservação e à gestão das águas”. E, o segundo, é a “Apresentação do número, descrição, listagem de presença, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico dos encontros para a proposta das ações educativas do programa/ projeto.” O segundo meio de verificação, de forma cruzada, permite a

avaliação em profundidade do primeiro meio de verificação.

Esses meios de verificação baseiam-se sobretudo nos pensamentos de QUINTAS (2006), que sugere o seguinte instrumental para facilitar a caracterização do problema ambiental:

1. Identificar os principais atores envolvidos e suas formas de organização;

2. Relacionar os efeitos sobre o meio físico-natural que podem gerar riscos à qualidade de vida dos grupos sociais afetados;

3. Identificar o posicionamento dos grupos sociais envolvidos ou afetados;

4. Identificar, na legislação ambiental federal, aspectos relacionados ao problema ou conflito ambiental e as possibilidades de sua utilização pelos órgãos ambientais e pela sociedade civil;

5. Aplicar procedimentos que facilitem a participação dos atores sociais envolvidos e afetados na busca de solução do problema socioambiental e na difusão dos resultados.

Os pensamentos de QUINTAS (2006), alinhados com CARVALHO & SCOTTO (1995), favorecem à caracterização dos problemas ambientais locais e ampliação da discussão para o maior número de atores sociais envolvidos ou afetados. Quintas distingue o problema, do conflito ambiental. O primeiro, é entendido como situação onde há risco ou dano ambiental sem reação dos atingidos, enquanto o segundo, conflito ambiental, se apresenta como situação em que há confronto de interesses de diversos atores sociais, em torno da utilização ou gestão do meio ambiente. Mas, segundo Quintas, “todos os conflitos ambientais envolvem um problema ambiental ou a disputa em torno da defesa e/ou controle de determinada potencialidade ambiental, mas nem todo problema ambiental envolve um conflito”. Dessa forma a proposta do primeiro meio de verificação pretende induzir a discussão dos problemas ambientais com atores sociais, e que estes percebam os danos e os riscos ambientais, motivando-se à participar da busca pela solução.

A proposta de QUINTAS (2006) contextualiza e discute o problema ambiental no processo de capacitação de grupos sociais envolvidos ou afetados, tendo como objetivo aumentar a participação destes agentes na busca de soluções. Assim, esses grupos sociais podem influir nas decisões dos órgãos ambientais, na discussão de conflitos institucionalizados no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica, exercer pressão política direta, mobilizar a sociedade, dentre outros procedimentos.

Esses meios de verificação garantem o alinhamento do SAPEA-Água com a educação ambiental crítica, já que vão além da simples promoção da conscientização da população sobre a crise hídrica global, sem vínculo explícito com a problemática específica local. Não apenas estimulam a

economia doméstica de água sem considerar as atividades produtivas que consomem água em maior escala, mas promovem a contextualização, a consideração dos usos múltiplos da água, identificação dos impactos socioambientais e a identificação de soluções integradas que articulem usuários, sociedade civil organizada e poder público. Promovem a discussão dos impactos em recursos hídricos locais com vistas a soluções integradas, isto é, que articulam-se socialmente, politicamente e economicamente.

O segundo indicador de Participação do SAPEA-Água, é "Capacitação e instrumentalização de atores sociais locais em situação de vulnerabilidade para participação em processos decisórios e no controle social da aplicação dos recursos financeiros arrecadados com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e financiamentos públicos na bacia hidrográfica." Este indicador é associado a três meios de verificação: 1. Apresentação do número, descrição, período de realização, listagem de presença, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico das atividades de capacitação e instrumentalização dos atores sociais locais para intervenção qualificada em processos decisórios e controle social relacionados aos recursos hídricos; 2. Apresentação dos materiais produzidos nas atividades de capacitação, instrumentalização e controle social; 3. Revelar se o número e do perfil dos participantes nas atividades de capacitação, instrumentalização e controle social são significativos e estão em consonância com as metas previstas.

Este indicador alinha-se com o discurso de BERLINCK et al. (2003), que ressaltam que a simples promulgação da Lei das Águas no Brasil, que incorpora em seu texto legal o conceito de gestão participativa, não assegura, per si, a materialização do processo de participação social, visto que a sociedade brasileira não possui tradição de participação social e apresenta um grande segmento de excluídos da alfabetização, vida cultural e econômica. Desta forma, é preciso capacitar e instrumentalizar os atores sociais para participação.

Novamente, QUINTAS (2004) aponta que é fundamental garantir a participação e o controle social na gestão ambiental e inserir os diversos atores envolvidos nos processos decisórios acerca dos recursos ambientais. O mesmo deve ser preconizado no contexto dos recursos hídricos, de forma a garantir espaços de gestão pública participativa, tais como os Comitês de Bacia Hidrográfica. Mas, cabe ao Estado criar condições para transformar o espaço técnico da gestão ambiental em espaço público, evitando que os consensos se deem apenas entre os grupos sociais com grande visibilidade e influência social.

JACOBI (2003) sinaliza que os desafios para a ampliação da participação estão estritamente associados a predisposição dos governos locais para a criação de espaços públicos de articulação e participação, através dos quais os conflitos se tornem visíveis e os diversos interesses se confrontem, ampliando a participação popular nos processos de decisão

como forma de fortalecer a sua corresponsabilidade na fiscalização e controle dos atores responsáveis pelos impactos socioambientais. O autor completa ao afirmar que

> "a educação para a cidadania representa a possibilidade de motivar e sensibilizar as pessoas para transformar as diversas formas de participação em potenciais fatores de dinamização da sociedade e de ampliação do controle social da coisa pública, inclusive pelos setores menos mobilizados. Trata-se de criar as condições para a ruptura com a cultura política dominante e para uma nova proposta de sociabilidade baseada na educação para a participação. Esta se concretizará principalmente pela presença crescente de uma pluralidade de atores que, pela ativação do seu potencial de participação, terão cada vez mais condições de intervir consistentemente e sem tutela nos processos decisórios de interesse público, legitimando e consolidando propostas de gestão baseadas na garantia do acesso à informação e na consolidação de canais abertos para a participação, que, por sua vez, são precondições básicas para a institucionalização do controle social." (JACOBI, 2003, p. 203).

No entanto, cabe ressaltar, que a abertura dos espaços para gestão pública dos recursos hídricos não garante a participação social efetiva. É fundamental que este processo de criação e ampliação de espaços públicos sejam acompanhados por programas/projetos de educação ambiental que capacitem a sociedade para enxergar de forma crítica a problemática envolvendo os usos múltiplos da água, além de habilitarem as mesmas para lidar com conflitos. A participação é um processo de desenvolvimento da consciência crítica e de aquisição de poder, além de ser algo que se aprende e se aperfeiçoa. A participação não é capaz de gerar a ausência de conflito, no entanto traz uma maneira mais evoluída e civilizada de resolvê-los (BORDENAVE, 1994).

Estes indicadores e seus respectivos meios de verificação, alinham-se com a Resolução CNRH nº 98/2009 (BRASIL, 2009) sobre a orientação dos programas/projetos de educação ambiental a partir da "promoção de uma educação crítica, participativa e emancipatória". Desta forma, posiciona a educação ambiental para gestão de recursos hídricos no campo teórico-metodológico da educação ambiental, definindo claramente sua inserção na vertente crítica emancipatória.

Estes indicadores também preenchem lacunas apontadas por CASTRO (2008), quando analisou os investimentos aplicados pelo CEIVAP até o ano de 2007. O autor observou a seguinte composição em relação ao total de investimentos aplicados na bacia hidrográfica: 79% em ações

estruturais, 15% em ações de planejamento e 6% em ações de gestão. E concluiu que o reduzido orçamento aplicado em atividades de mobilização e comunicação social, de capacitação e de educação ambiental reflete uma restrita contribuição para a emancipação social e construção da cidadania, além de ações focadas no "gerenciamento dos problemas ambientais" ao invés da "gestão dos conflitos socioambientais". Para o autor, gerenciar problemas ambientais significa caminhar rumo à "modernização ecológica" e à capacidade institucional do mercado de solucionar problemas ambientais através da técnica, desconsiderando os atores sociais envolvidos. Em contrapartida, gerir conflitos socioambientais pressupõe o diálogo com a política e a integração dos sujeitos sociais no enfrentamento da problemática socioambiental na qual estão inseridos.

4. CONCLUSÕES

Espera-se que o SAPEA-Água possa contribuir positivamente para a ampliação do processo participativo de atores sociais em situação de vulnerabilidade por meio de programas e projetos de educação ambiental para a gestão integrada de recursos hídricos críticos e emancipatórios.

Por último, este estudo propõe a ampliação de pesquisas sobre avaliação em educação ambiental no campo de recursos hídricos, a fim de garantir práticas compatíveis com as complexas demandas da sociedade que requerem interpretações e soluções integradas, contribuindo para a minimização dos conflitos entre as disponibilidades hídricas e as demandas sociais.

REFERÊNCIAS

BERLINCK, C.N.; CALDAS, A.L.R.; MONTEIRO, A.H.R.R.; SAITO, C.H. **Contribuição da educação ambiental na explicitação e resolução de conflitos em torno dos recursos hídricos.** *Ambiente e Educação*, Rio Grande, 8:117-129, 2003.

BORDENAVE, J.E.D. **O que é participação.** 8ª ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1994.

BRASIL, Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8001 de 13 de Março de 1990 que modificou a Lei 7990 de 28 de Dezembro de 1990. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 1997.

BRASIL, Resolução CNRH nº 98, de 26 de março de 2009. Estabelece princípios, fundamentos e diretrizes para a educação, o desenvolvimento de capacidades, a mobilização social e a informação para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos

no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2009.

CARVALHO, I.C.M. **Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico.** São Paulo: Cortez, 2004.

CASTRO, Krishna Neffa Vieira de. **O Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP: um campo sócio político- ambiental em disputa.** 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Rio de Janeiro. 2008.

CHACON-PEREIRA, A.; PIMENTEL DA SILVA, L., NEFFA, E.; BARBOSA, G.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M. **Educação ambiental e gestão participativa nos comitês de bacia hidrográfica do estado do Rio de Janeiro.** *Revista Interface*, 12, 70-83, 2016.

CHACON-PEREIRA, A. **Sistema de avaliação de programas e projetos de educação ambiental para gestão de recursos hídricos (SAPEA-ÁGUA).** 2018. 255 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, Rio de Janeiro. 2018.

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas.** 9. ed. São Paulo, Gaia, 2004.

GUANABARA, R.; GAMA, T. O.; SILVA, A. C.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M. **Educação ambiental e gestão de bacias hidrográficas: análise de algumas experiências.** In: IV ENANPPAS - Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade, 2008, Brasília. *Anais do IV Encontro da ANPPAS* (CD-ROM e internet). Brasília: ANPPAS, 2008.

JACOBI, P. R. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade.** *Cadernos de Pesquisa*, n. 118, p. 189-205, 2003.

LOUREIRO, C. F. B. & GOMES, G. F. A. **Resolução nº 98/2009 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e a educação ambiental para a gestão das águas.** *Diálogo*, São Paulo, n. 8, 2011.

MADANI, K. **Water management in Iran: what is causing the looming crisis?** J. *Environ. Stud. Sci.* 4 (4), 315–328, 2014. http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-2776-4_8.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo.** 2ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

NEFFA, E., CAVALCANTE, D.K., LEANDRO. L, MELLO, M.B & FELIPPE, N. **Saberes**

e práticas de educação ambiental da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IMOS, 2014.

QUINTAS, J. S. **Educação no processo de gestão ambiental: uma proposta de educação ambiental transformadora e emancipatória.** In: Philippe Pomier Layrargues (coord.). *Identidades da educação ambiental brasileira.* Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

QUINTAS, J.S. **Introdução à gestão ambiental pública.** 2 ed. Brasília: IBAMA, 2006.

QUINTAS, J.S. & GUALDA, M.J. **A formação do educador para atuar no processo de gestão ambiental**, v.1, Série Meio Ambiente em Debate, Brasília: IBAMA, 1995.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental.** São Paulo: Brasiliense,1994.

SILVA, E. M. S.; JANETE DE MESQUITA FABIAN, J. M.; CAMARGO, M.; SANTOS, M. R.; HÜBNER, M. **Sustentabilidade e responsabilidade socioambiental: o uso indiscriminado de água.** *Revista Maiêutica*, Indaial, v. 4, n. 1, p. 57-66, 2016.

VEIGA, B. A & BRANCO, M. **As diretrizes de Educação Ambiental no Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH). A trajetória da Resolução CNRH nº 98/2009. Textos para se pensar a educação ambiental.** Coleciona Especial Água Volume 1/2009. OG/PNEA - DEA/MMA - CGEA/MEC SRHU/MMA, 2009.

WADA, Y.; WISSER, D. & BIERKENS, M, F, P. **Global modeling of withdrawal, allocation and consumptive use of surface water and groundwater resources.** *Earth System Dynamics* 5, 15-40, 2014. https://doi.org/10.5194/esd-5-15-2014

XIII DIÁLOGO INTERBACIAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015. Apresentações do diálogo e encontro formativo disponíveis para download. Disponível em: <http://dialogointerbacias.org/apresentacoes-do-dialogo-e-encontro-formativo-disponiveis-para-download/> Acesso em janeiro de 2018.

ASSESSMENT OF SOCIAL PARTICIPATION IN ENVIRONMENTAL EDUCATION ACTIONS FOR INTEGRATED WATER RESOURCE MANAGEMENT

ABSTRACT - In context of water shortage, environmental education can be an instrument to stimulate critical thinking about the factors that generate this problem and contribute to finding solutions, including by changing the behavior of various sectors of society. However, some studies have indicated

the methodological fragility of environmental education programs/projects focused on management of water resources. Unfortunately, most of these initiatives fail to specify the current of environmental education adopted and involve isolated and reductionist educational practices. Therefore, this paper presents the “System to Evaluate Environmental Education Programs and Projects for Management of Water Resources” (SAPEA-Water). It then discusses the SAPEA-Água “Participation” analysis category, its indicators and means of verification. This led to the creation of Application of this system can support the evaluate process such initiatives, increasing the quantity, quality and effectiveness of environmental education focused on water management. We believe that the SAPEA-Water can help improve the theoretical conception and practices of environmental education programs/projects aimed at water management, by placing priority on critical and participative educational processes.

KEYWORDS: Environmental education; Integrated water resource management; Evaluation.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento 9, 16, 25, 28, 35, 38, 39, 42, 47, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 62, 66, 67, 68, 73, 79, 193

Abastecimento público 66, 67

Agricultura 9, 12, 78, 80, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 157

Água 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 42, 47, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 71, 72, 74, 75, 76, 79, 80, 81

Água subterrânea 12, 13, 14, 15, 24, 25, 26

Água tratada 9, 29, 34, 38, 42, 49, 53

AHP-TOPSIS 43, 53, 59

Ambiental 10, 25, 30, 52, 61, 78, 80, 86, 88, 89, 90, 91, 93, 96, 103, 104, 109, 117, 118, 120, 121, 130, 131, 132, 133, 135, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 157, 160, 161, 164, 166, 167, 168, 169, 174, 175, 176, 178, 182, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 194

Análise 10, 12, 13, 22, 23, 24, 25, 32, 40, 41, 42, 46, 54, 60, 62, 70, 73, 74, 80, 87, 95, 96, 101, 102, 109, 111, 116, 119, 131, 136, 141, 143, 149, 150, 152, 154, 163, 166, 182, 184, 185, 186, 191

Aterro sanitário 109, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 118, 122, 125, 143, 144, 145, 167, 168, 169, 174

Avaliação 9, 10, 12, 13, 23, 24, 25, 32, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 79, 88, 92, 102, 105, 106, 130, 134, 144, 182, 184, 185, 186, 187, 190, 191

B

Babaçu 60, 61, 62, 63, 64

Bioindicador 66, 68, 74

Biorreator a membrana 9, 78

C

Carvão ativado 9, 60, 61, 62, 63, 64, 94, 101, 193

Carvão vegetal 60, 61

Casca de tamarindo 9, 27, 30, 31, 36

Coagulante 27, 28, 29, 30, 32, 34, 35, 36

Coagulantes Naturais 27, 29, 30

Coco de dendê 60, 61, 62, 63, 64

Coleta Seletiva 130, 132, 140, 143, 151, 156, 158, 159, 171, 173, 174

Composto residual 100, 101, 102, 103, 104

Construção 8, 10, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 48, 54, 67, 109, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 126, 128, 129, 141, 145, 147, 173, 189

Consumo humano 9, 15, 16, 17, 24, 28, 34, 60, 61, 64, 68, 165

Cooperativas de reciclagem 149, 157

D

Decisão 38, 39, 40, 42, 54, 57, 73, 133, 159, 187

Degradação enzimática 93, 101, 102, 103

Diagnóstico 10, 47, 120, 121, 122, 124, 128, 131, 135, 136, 151, 153, 161, 163, 165, 167, 175, 183

Diagnóstico Ambiental 135

E

Educação ambiental 10, 142, 144, 149, 151, 152, 153, 154, 156, 159, 160, 166, 175, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 191

Efluente 9, 16, 22, 24, 27, 28, 48, 51, 52, 64, 66, 70, 73, 74, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 111, 183

Esgotamento sanitário 38, 42, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58

Estudo preliminar 9, 27

F

Feira de Santana 9, 12, 13, 23, 24, 26

Filtração 28, 34, 60, 61, 62, 63, 64, 79, 81, 86

Fitoplâncton 66, 67, 74

Fungos 93, 95, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106

G

Gerenciamento 14, 118, 120, 121, 122, 130, 133, 135, 136, 137, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 156, 158, 159, 167, 171, 173, 175, 176, 177, 178, 183, 190, 191, 192

Gestão 10, 12, 13, 24, 25, 39, 42, 45, 48, 49, 57, 58, 61, 75, 87, 89, 90, 109, 118, 120, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 143, 144, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 166, 168, 169, 172, 175, 176, 177, 178, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192

Gestão ambiental 10, 109, 132, 133, 165, 167, 174, 175, 177, 187, 191

Gestão integrada 10, 133, 135, 143, 165, 171, 175, 177, 181, 183, 189

I

Impactos ambientais 109, 118, 148

Indicadores 9, 15, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 78, 83, 86, 88, 152, 176, 182, 184, 185, 186, 189

Integração 50, 58, 66, 67, 68, 74, 75, 189, 190

IQNAS 12

L

Irrigação 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 91, 117

Legislação ambiental 186

M

Machadinho D'Oeste 165, 166, 167, 168, 169, 170, 174

Marituba 10, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119

Membrana 78, 79, 80, 81, 83, 84, 86, 91

Métrica 38, 39, 40, 42, 43, 44, 46, 54, 58

Micorremediação 93, 95, 100, 103

Monitoramento 9, 13, 23, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 48, 50, 52, 54, 57, 58, 62, 66, 68, 71, 73, 86, 87, 130, 132, 142

Multicritério 38, 39, 45, 46, 54, 57

Município 10, 12, 13, 17, 23, 25, 39, 47, 49, 58, 67, 68, 90, 111, 117, 120, 122, 131, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 153, 154, 159, 163, 166, 167, 168, 171, 173, 174, 176, 177

P

Paraná 27, 60, 109, 120, 122, 134, 135, 136, 148, 149, 152, 163, 165, 193

Participação Social 10, 181, 187, 188

Pequeno porte 10, 133, 135, 136, 166

Permeado 9, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88

Plano municipal 38, 39, 40, 46, 57, 58, 122, 128, 143, 171, 175

PMSB 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 122

Política Nacional 39, 120, 121, 132, 133, 135, 136, 143, 147, 150, 160, 165, 166, 167, 175, 176, 189

Potencial de reuso 78, 90

Programas de abastecimento 9, 38, 42, 49, 53, 54, 57, 58

Projeto 25, 35, 39, 48, 50, 51, 58, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 118, 129, 138, 140, 145, 147, 156, 173, 176, 177, 181, 182, 183, 185, 186, 190, 191

Público 28, 35, 40, 42, 58, 66, 67, 68, 86, 116, 143, 149, 154, 159, 165, 167, 174, 176, 177, 185, 187, 188

Q

Qualidade 9, 12, 13, 14, 16, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 34, 38, 39, 40, 41, 47, 48, 50, 52, 57, 62, 64, 66, 67, 69, 72, 74, 79, 80, 83, 87, 88, 89, 97, 104, 118, 122, 130, 131, 133, 136, 137, 145, 150, 160, 166, 176, 182, 185, 187

Qualidade da água 9, 12, 13, 14, 16, 23, 24, 25, 28, 47, 50, 62, 64, 66, 68, 73, 88

R

Recicláveis 120, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 136, 137, 138, 139, 140, 143, 146, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 157, 158, 159, 161, 169, 171, 174, 178

Recursos hídricos 10, 13, 24, 28, 49, 60, 75, 181, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 193

Região 9, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 49, 66, 67, 68, 74, 111, 117, 125, 136, 137, 143, 157, 167, 168, 172, 175

Rejeitos 123, 124, 125, 127, 128, 136, 137, 140, 143, 150, 151, 153, 154, 157, 158, 159, 169, 175

Remoção 9, 60, 61, 63, 64, 78, 79, 83, 85, 94, 95, 101, 102, 103, 104, 106

Resíduos 10, 36, 93, 94, 96, 101, 109, 110, 111, 112, 115, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 154

Resíduos sólidos 10, 93, 109, 110, 115, 119, 120, 121, 122, 123, 128, 130, 131, 132, 133, 135, 136,

137, 138, 140, 142, 143, 147, 148, 149, 150, 152, 154, 160, 162, 163, 164, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 175, 176, 177

Restaurante 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 133, 143

Reuso 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 182

Revisão 4, 5, 10, 39, 41, 46, 47, 48, 93, 96, 104, 106, 151, 167

Rio São Francisco 66, 67, 68, 73, 74, 75

S

Saneamento básico 36, 38, 39, 42, 43, 45, 46, 57, 58, 122, 128

Sanitário 9, 10, 15, 23, 38, 39, 42, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 78, 79, 80, 81, 83, 85, 88, 89, 91, 110, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 119, 123, 125, 126, 128, 129, 144, 145, 146, 158, 159, 168, 169, 170, 175

Saúde pública 73, 103, 132, 144

Semiárido 22, 66, 67, 75, 89, 91

SIAGAS 12, 13, 14, 18, 23, 26

Social 39, 109, 119, 150, 151, 162, 163, 181, 182, 183, 185, 187, 188, 189, 191

Sólidos 10, 12, 13, 14, 16, 17, 21, 22, 23, 24, 81, 93, 109, 110, 115, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 128, 130, 131, 132, 133, 136, 137, 138, 139, 141, 143, 144, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 156, 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 178

Sustentabilidade 54, 133, 149, 182, 183, 184, 190, 191

T

Tamarindo 9, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37

Tempo 16, 22, 28, 32, 81, 95, 101, 102, 129, 150

Têxteis 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 158

Tratamento 9, 10, 16, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 35, 36, 51, 61, 64, 66, 73, 78, 79, 80, 81, 89, 91, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 110, 118, 119, 122, 123, 130, 145, 146, 148, 149, 151, 173, 176, 177, 183, 194

Tratamento de Água 28, 29, 30, 35, 36, 61, 89, 97, 193

Tratamento de efluentes 9, 10, 78, 79, 93, 95, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105

U

Umuarama 78, 93, 120, 122, 128, 133, 134, 135, 149, 152, 153, 157, 158, 161, 165, 193

Urbana 35, 116, 133, 138, 139, 144, 145, 149, 152, 167, 169, 172, 193

V

Vegetal 60, 61, 62, 63, 64, 94, 105, 115

Vitória 38, 39, 42, 46, 47, 48, 49, 53, 54, 56, 57, 58, 59

Z

Zinco 60, 61, 62, 63, 64

SOBRE AS ORGANIZADORAS

Andrea Sartori Jabur

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Maringá (1998), Mestrado em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá (2002) e Doutorado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (2010) e pós-doutorado no programa de pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2013). É professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Hidrologia e Saneamento, atuando principalmente nos seguintes temas: Hidrologia Urbana, Técnicas Compensatórias para Drenagem Urbana (telhado verde, aproveitamento de água pluvial e pavimento permeável) e Saneamento Ambiental.

Simone de Lima Bazana

Possui graduação em Tecnologia em Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Maringá (2006), graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro de Ensino Superior de Maringá (2018), mestrado e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (2014 e 2019). Possui experiência na área de tratamento de água para abastecimento com carvão ativado e meios porosos granulares. Atualmente, é professora colaboradora da Universidade Estadual de Maringá, campus Umuarama.

Bookerfield

Avanços em Saneamento e Recursos Hídricos

www.bookerfield.com
contato@bookerfield.com
@bookerfield
Bookerfield Editora

Bookerfield

Avanços em Saneamento e Recursos Hídricos

www.bookerfield.com
contato@bookerfield.com
@bookerfield
Bookerfield Editora

ISBN: 978-65-89929-07-9
CBL
9 786589 929079