

MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE

ANÁLISES, DIÁLOGOS E
CONFLITOS AMBIENTAIS

VOLUME III

ORGANIZAÇÃO

NEIDE KAZUE SAKUGAWA SHINOHARA
FÁBIO HENRIQUE P. C. DE OLIVEIRA
ISABEL LAUSANNE FONTGALLAND
HIGOR COSTA DE BRITO



AMPLLA
EDITORA

MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE

ANÁLISES, DIÁLOGOS E
CONFLITOS AMBIENTAIS

VOLUME III

ORGANIZAÇÃO

NEIDE KAZUE SAKUGAWA SHINOHARA

FÁBIO HENRIQUE P. C. DE OLIVEIRA

ISABEL LAUSANNE FONTGALLAND

HIGOR COSTA DE BRITO



AMPLLA
EDITORA



2022 - Editora Ampla

Copyright © Editora Ampla

Editor Chefe: Leonardo Pereira Tavares

Design da Capa: Editora Ampla

Diagramação: Higor Costa de Brito

Meio ambiente e sociedade: análises, diálogos e conflitos ambientais – Volume III está licenciado sob CC BY 4.0.



Esta licença exige que as reutilizações deem crédito ao criador. Ele permite que os reutilizadores distribuam, remixem, adaptem e construam o material em qualquer meio ou formato, mesmo para fins comerciais.

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, não representando a posição oficial da Editora Ampla. É permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores. Todos os direitos para esta edição foram cedidos à Editora Ampla.

ISBN: 978-65-5381-005-1

DOI: 10.51859/ampla.mas1051-0

Editora Ampla

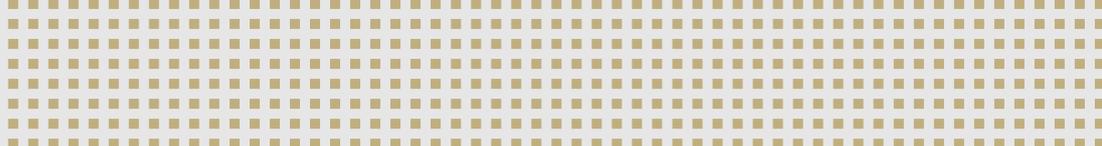
Campina Grande – PB – Brasil
contato@ampllaeditora.com.br
www.ampllaeditora.com.br



2022

CONSELHO EDITORIAL

Andréa Cátia Leal Badaró – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Andréia Monique Lermen – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Antoniele Silvana de Melo Souza – Universidade Estadual do Ceará
Bergson Rodrigo Siqueira de Melo – Universidade Estadual do Ceará
Bruna Beatriz da Rocha – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Caio César Costa Santos – Universidade Federal de Sergipe
Carina Alexandra Rondini – Universidade Estadual Paulista
Carla Caroline Alves Carvalho – Universidade Federal de Campina Grande
Carlos Augusto Trojaner – Prefeitura de Venâncio Aires
Carolina Carbonell Demori – Universidade Federal de Pelotas
Cícero Batista do Nascimento Filho – Universidade Federal do Ceará
Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Daniela de Freitas Lima – Universidade Federal de Campina Grande
Denise Barguil Nepomuceno – Universidade Federal de Minas Gerais
Dylan Ávila Alves – Instituto Federal Goiano
Edson Lourenço da Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Elane da Silva Barbosa – Universidade Estadual do Ceará
Érica Rios de Carvalho – Universidade Católica do Salvador
Gilberto de Melo Junior – Instituto Federal do Pará
Higor Costa de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
Italan Carneiro Bezerra – Instituto Federal da Paraíba
Ivo Batista Conde – Universidade Estadual do Ceará
Jaqueline Rocha Borges dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Jessica Wanderley Souza do Nascimento – Instituto de Especialização do Amazonas
João Henriques de Sousa Júnior – Universidade Federal de Santa Catarina
João Manoel Da Silva – Universidade Federal de Alagoas
João Vitor Andrade – Universidade de São Paulo
Joilson Silva de Sousa – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
José Cândido Rodrigues Neto – Universidade Estadual da Paraíba
Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Josenita Luiz da Silva – Faculdade Frassinetti do Recife
Josiney Farias de Araújo – Universidade Federal do Pará
Karina de Araújo Dias – SME/Prefeitura Municipal de Florianópolis
Laíze Lantyer Luz – Universidade Católica do Salvador
Lindon Johnson Pontes Portela – Universidade Federal do Oeste do Pará
Lucas Capita Quarto – Universidade Federal do Oeste do Pará
Lúcia Magnólia Albuquerque Soares de Camargo – Unifacisa Centro Universitário
Luciana de Jesus Botelho Sodrê dos Santos – Universidade Estadual do Maranhão
Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Luiza Catarina Sobreira de Souza – Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central
Manoel Mariano Neto da Silva – Universidade Federal de Campina Grande
Marcelo Alves Pereira Eufrazio – Centro Universitário Unifacisa
Marcelo Williams Oliveira de Souza – Universidade Federal do Pará
Marcos Pereira dos Santos – Faculdade Rachel de Queiroz
Marcus Vinicius Peralva Santos – Universidade Federal da Bahia
Marina Magalhães de Moraes – Universidade Federal de Campina Grande
Nadja Maria Mourão – Universidade do Estado de Minas Gerais
Natan Galves Santana – Universidade Paranaense
Nathalia Bezerra da Silva Ferreira – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Neide Kazue Sakugawa Shinohara – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Neudson Johnson Martinho – Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso
Patrícia Appelt – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Paulo Henrique Matos de Jesus – Universidade Federal do Maranhão



Rafael Rodrigues Gomides – Faculdade de Quatro Marcos
Reângela Cíntia Rodrigues de Oliveira Lima – Universidade Federal do Ceará
Rebeca Freitas Ivanicska – Universidade Federal de Lavras
Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Ricardo Leoni Gonçalves Bastos – Universidade Federal do Ceará
Rodrigo da Rosa Pereira – Universidade Federal do Rio Grande
Sabrynna Brito Oliveira – Universidade Federal de Minas Gerais
Samuel Miranda Mattos – Universidade Estadual do Ceará
Shirley Santos Nascimento – Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia
Silvana Carloto Andres – Universidade Federal de Santa Maria
Silvio de Almeida Junior – Universidade de Franca
Tatiana Paschoalette Rodrigues Bachur – Universidade Estadual do Ceará
Telma Regina Stroparo – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Thayla Amorim Santino – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Virgínia Maia de Araújo Oliveira – Instituto Federal da Paraíba
Virginia Tomaz Machado – Faculdade Santa Maria de Cajazeiras
Walmir Fernandes Pereira – Miami University of Science and Technology
Wanessa Dunga de Assis – Universidade Federal de Campina Grande
Wellington Alves Silva – Universidade Estadual de Roraima
Yáscara Maia Araújo de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
Yasmin da Silva Santos – Fundação Oswaldo Cruz
Yuciara Barbosa Costa Ferreira – Universidade Federal de Campina Grande



2022 - Editora Ampla

Copyright © Editora Ampla

Editor Chefe: Leonardo Pereira Tavares

Design da Capa: Editora Ampla

Diagramação: Higor Costa de Brito

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Meio ambiente e sociedade [livro eletrônico]: análises, diálogos e conflitos ambientais / organização Neide Kazue Sakugawa Shinohara. -- Campina Grande : Editora Ampla, 2022. 2 v.

Publicado volume 1 em 2020

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5381-004-4 (Volume 2)

ISBN: 978-65-5381-005-1 (Volume 3)

1. Recursos naturais. 2. Legislação ambiental.
3. Sustentabilidade. 4. Resíduos I. Shinohara, Neide Kazue Sakugawa. II. Título.

CDD-354.3

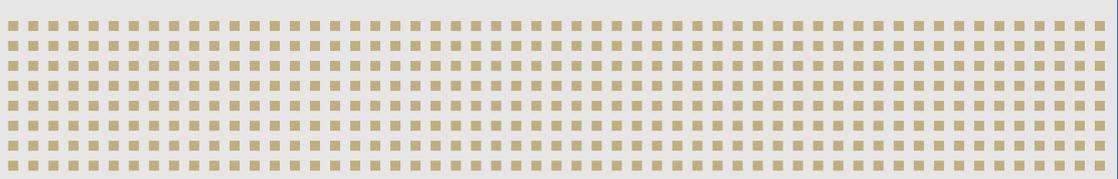
Sueli Costa - Bibliotecária - CRB-8/5213
(SC Assessoria Editorial, SP, Brasil)

Índices para catálogo sistemático:

1. Recursos naturais : 354.3

Editora Ampla

Campina Grande – PB – Brasil
contato@amplaeditora.com.br
www.amplaeditora.com.br



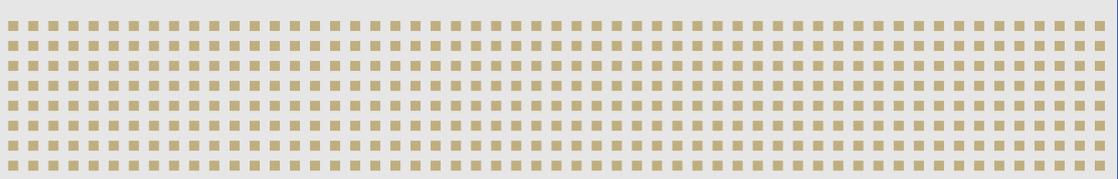
PREFÁCIO

A preocupação com o meio ambiente tem-se tornado meta para a economia global, porque envolve desafios de responsabilidade social alinhados com o desenvolvimento econômico sustentável. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) o mundo vive três crises ambientais simultâneas: as mudanças do clima, a vulnerabilidade da biodiversidade e a eutrofização em vários ecossistemas. O reconhecimento de que a natureza possui recursos naturais finitos tem motivado várias ações conjuntas, afim de proteger o ar, o ambiente aquático, o solo e suas biotas, permitindo o bom funcionamento dos diferentes ecossistemas, visto que os elementos ecossistêmicos estão intimamente interconectados em uma rede de influência mútua, trocando energia e matéria-prima.

Com o intuito de preservar o meio ambiente no planeta, os 193 países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) adotaram uma nova política global em 2015, a Agenda 2030, cuja proposta sintetiza as aspirações e integra as dimensões econômica, social e ambiental, baseado em cinco princípios orientadores (5P): Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias. Representam pactos universais que visam promover prosperidade econômica e justiça social, estimulando a economia verde e solidária, independentemente da localização geográfica e construção histórica das populações do planeta.

É preocupante que os ecossistemas têm sido cada vez mais afetados pela falta de conscientização de uma parcela da população que produz excedente de lixo doméstico, bem como as indústrias de transformação que podem lançar rejeitos e produtos químicos tóxicos em rios, barragens e oceanos. São essas ações humanas que comprometem a qualidade da água e do solo saudável para cultivo de alimentos, demandando o aumento de investimentos público e privado, uso de tecnologias mitigatórias dispendiosas para tratamento e reversão de poluentes ambientais. Ainda, os órgãos fiscalizadores devem monitorar que produtos oriundos dessa transformação atendam resoluções e legislações vigentes, garantindo que esse retorno à cadeia produtiva e de consumo, seja comprovadamente seguro para uso dos seres humanos e animais.





A queima de combustíveis fósseis e a emissão de poluentes tóxicos influencia a qualidade do ar e dos recursos hídricos, podendo comprometer a saúde pública, restringir a mobilidade das pessoas e potencializar impactos ambientais danosos, a exemplo da chuva ácida, intensificação do efeito estufa e florações de algas nos corpos d'água. Esses eventos, associados ao aquecimento global e outros desequilíbrios climáticos, tem feito o mundo assistir a episódios de secas ou enchentes em períodos não previstos, com impactos negativos na produção de alimentos, provocando desastres naturais e desigualdades sociais significativos.

As políticas de Estado devem contar com planejamento estratégico ambiental, incentivando a criação, manutenção e proteção de áreas de preservação e reserva legal, definidos como espaços delimitados com características naturais relevantes e considerados essenciais do ponto de vista econômico e de sustentabilidade, por protegerem os recursos hídricos, a biodiversidade natural e da compensação de perdas causadas pelas ações humanas. Essas áreas também tem como objetivo oportunizar interesses na economia verde, como ponto de partida para financiamento de projetos sustentáveis para o bem estar das populações, com redução dos impactos ambientais negativos e oportunidade de geração de emprego e renda, a exemplo de projetos de reciclagem que transformam a coleta de produtos inservíveis em produto rentável.

Espera-se que grandes desafios ambientais possam conscientizar e mobilizar governos de diferentes etnias, a sociedade humana, agências reguladoras e organizações intergovernamentais de cooperação internacional, para frear ações que possam comprometer o meio ambiente e a sobrevivência das gerações futuras. Nesta perspectiva, os trabalhos presentes nessas obras são contribuições científicas atualizadas abordando esta temática, a fim de que possamos, a partir dos diferentes ramos das ciências, compartilhar o conhecimento, fatos e ações que visam à promoção de estratégias viáveis para lidar com os desafios no meio ambiente no Brasil e no Mundo.

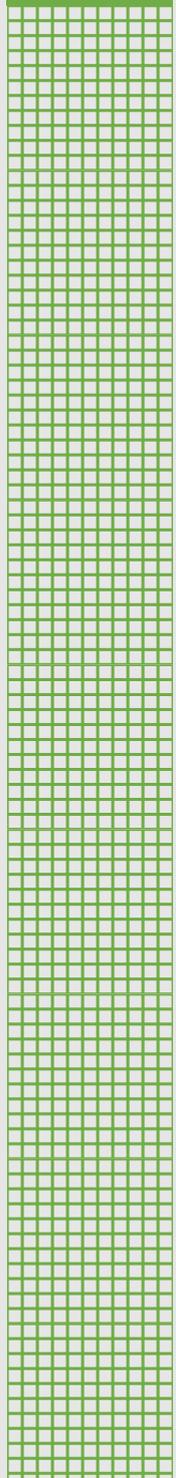
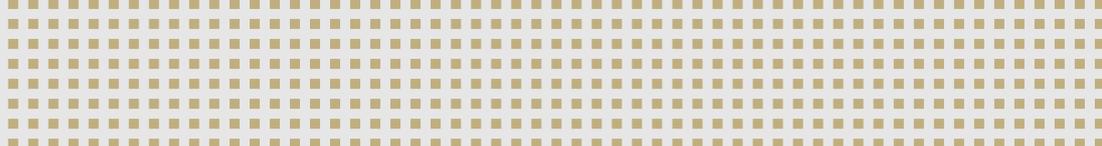
Neide Kazue Sakugawa Shinohara
*Graduação em Farmácia-bioquímica e Tecnologia em Gastronomia.
Especialização em Bioética, Mestrado em Nutrição, Doutorado em Ciências Biológicas.*

Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira
*Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas.
Mestrado em Biotecnologia de Produtos Bioativos e doutorado em Botânica.*



SUMÁRIO

CAPÍTULO I - AS QUALIDADES DO MEDIADOR AMBIENTAL	10
CAPÍTULO II - A QUESTÃO HÍDRICA NO NORDESTE E A SUPERAÇÃO DE UM PARADIGMA TERRITORIAL DEFICITÁRIO	24
CAPÍTULO III - REVISÃO EM ESTUDOS AMBIENTAIS: RESERVA LEGAL E ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	38
CAPÍTULO IV - FLORESTAS SECUNDÁRIAS DA AMAZÔNIA CONTINENTAL: DEPOSIÇÃO E ESTOQUE DE SERAPILHEIRA AO LONGO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA	53
CAPÍTULO V - PRESSÕES AGRÍCOLAS FACE AOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUAPORÉ (RS/BRASIL)	64
CAPÍTULO VI - INFLUÊNCIA DO ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO NO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO	90
CAPÍTULO VII - PERSPECTIVAS SOBRE O TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE LODO DE ESTAÇÕES DE ÁGUA E ESGOTO: UMA REVISÃO	103
CAPÍTULO VIII - SUSTENTABILIDADE APLICADA À AQUICULTURA - UMA REVISÃO DE LITERATURA	124
CAPÍTULO IX - DESENVOLVIMENTO DE FILTRO COMPOSTO POR CLORETO DE QUITOSANA – ÓXIDO DE GRAFENO, BASALTO E AREIA, NO TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS	132
CAPÍTULO X - PLANEJAMENTO DO USO DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: ÁREAS AGRÍCOLAS, ÁREAS URBANAS E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	148
CAPÍTULO XI - REÚSO DA ÁGUA: PERSPECTIVAS SOBRE A REALIDADE BRASILEIRA E EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS COM ENFOQUE NO ARCABOUÇO LEGISLATIVO	163
CAPÍTULO XII - ECOTOXICOLOGIA AMBIENTAL: UTILIZAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS E ÍNDICES BIÓTICOS PARA O BIOMONITORAMENTO DA ÁGUA DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS	175
CAPÍTULO XIII - USO CORRETO DE AGROTÓXICOS NA COMUNIDADE DO SÍTIO NOVO EM PEDREIRAS-MA	191
CAPÍTULO XIV - QUÍMICA VERDE: REVISÃO DE MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO	207
CAPÍTULO XV - ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E DADOS SATELITÁRIOS APLICADOS NA AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS	223
CAPÍTULO XVI - MINERAÇÃO E A EXPANSÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA- PA: ANÁLISE MULTITEMPORAL NOS ANOS DE 2004 A 2014	231
CAPÍTULO XVII - O USO DE PLANTAS MEDICINAIS NA COMUNIDADE ARRAIAL SANTA ISABEL ARACOIABA – CE	247
CAPÍTULO XVIII - RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS: UMA REVISÃO SOBRE AS ALTERNATIVAS DE GESTÃO E TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO	260
CAPÍTULO XIX - PRODUÇÃO DE CORPOS DE PROVA ARGAMASSADOS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA POR GRÂNDULOS DE BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS	274
CAPÍTULO XX - ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DE RCD NA CAMADA DE SUB-BASE DO PAVIMENTO	286



CAPÍTULO XXI - HISTÓRIA DE VIDA DAS ABELHAS MAMANGAVAS DE CHÃO (HYMENOPTERA: APIDAE: BOMBINI), IMPORTÂNCIA SOCIOAMBIENTAL E DECLÍNIO DE ESPÉCIES	300
CAPÍTULO XXII - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: INCIDÊNCIA E CONTROLE DA MOSCA-DOS-CHIFRES (<i>HAEMATOBIA IRRITANS</i>) EM GRANDES FELINOS	310
CAPÍTULO XXIII - PANDEMIA DE COVID-19 E POLUIÇÃO PLÁSTICA: IMPACTOS, DESAFIOS E ESTRATÉGIAS DE GESTÃO PARA O CENÁRIO BRASILEIRO	319



CAPÍTULO I

AS QUALIDADES DO MEDIADOR AMBIENTAL

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS1051-1

Silvana Brendler Colombo Tombini ¹

¹ Doutora em Direito pela PUC/PR. Professora do curso de Direito. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai-URI.

RESUMO

A mediação vem sendo aplicada de forma progressiva no ordenamento jurídico brasileiro e sua importância é crescente, despertando o interesse dos profissionais do direito e dos legisladores. No Brasil, a publicação da Resolução nº 125 do Conselho Nacional de Justiça em 2010, que trata da política nacional dos meios adequados à solução de conflitos, a inserção de artigos sobre esta matéria no Código de Processo Civil (2015) e também a regulamentação da mediação judicial e extrajudicial pela Lei nº 13.140/2015, impulsionou a sua utilização em áreas como o direito de família e o direito civil. Entretanto, a mediação carece de aprimoramentos em outras áreas do direito, como na ambiental, que, por se tratar de direitos difusos pertencentes às atuais gerações e futuras, não pode *a priori* ser objeto de renúncia ou disposição pelos seus legitimados. Dessa forma, pretende-se abordar as qualidades do mediador ambiental, que têm a função de ajudá-los na resolução de seu conflito. Ou seja, a definição da figura de mediador exige que se especifiquem os requisitos de acesso à atividade mediadora.

Palavras-chave: Mediador. Efetividade. Meio ambiente. Idoneidade. Responsabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A análise da mediação ambiental pode ser realizada sob a perspectiva da objetividade, no qual foi abordado o conflito e os requisitos para que este possa ser submetido à mediação, e também da subjetividade, que perpassa pela definição de quem são os sujeitos que podem participar de mediação. Eles são classificados em principais e secundários. O primeiro grupo é formado pelos mediados, autorresponsáveis pela solução que encerra o conflito, e o mediador, cuja presença é obrigatória na mediação. No segundo, incluem-se os sujeitos cuja participação é de

assessoria às partes, por exemplo, os peritos, advogados e especialistas na área ambiental.

Assim, neste tópico, será discorrido sobre as especificidades dos sujeitos essenciais da mediação ambiental, iniciando com as partes, para depois analisar o papel do mediador. Antes de adentrar de forma específica no conceito de partes, é importante tecer duas observações. A primeira refere-se à constatação de que a participação das partes na mediação é mais ativa e intensa do que no processo judicial ou arbitral. Este papel ativo delas é visualizado na escolha do meio e na construção da saída para resolvê-lo. Diante do papel ativo exercido pelas partes, sua participação na mediação é indispensável, pois, somente elas podem alcançar o consenso e expressar seus interesses e as razões das suas posições.

A segunda observação consiste na dificuldade de ser apresentado um conceito de parte que seja aplicado a todos os conflitos submetidos à mediação, em decorrência do seu caráter flexível e informal. Em sede de direito público, a identificação das partes é uma tarefa mais complexa do que nos conflitos privados, diz Cebola (2011b). Pensemos, por exemplo, em um conflito ambiental decorrente da instalação de uma indústria frigorífica na região oeste de Santa Catarina. Pode-se citar a existência de vários polos relacionados: os representantes da empresa, com interesses econômicos; os moradores da região, dedicados a evitar novas fontes de poluição; o Município, devido à necessidade de desenvolver economicamente a região; as autoridades com competência ambiental; grupos de ecologistas, com interesse na proteção da flora e fauna, afetadas pela instalação da indústria; o Ministério Público, como representante da coletividade.

No direito brasileiro, como o legislador foi omissivo quanto à definição do conceito de parte, recorre-se ao direito comparado. A Lei Federal de Responsabilidade Ambiental mexicana, que regula a utilização dos métodos autocompositivos na área ambiental, não conceituou de forma expressa o conceito de parte, mas atribuiu o direito de iniciar a mediação aos legitimados para acionar judicialmente a responsabilização por danos ambientais.

Embora o estudo de Souza (2012) seja voltado para os conflitos coletivos nos quais se discutem a execução de políticas públicas, é apropriado trazer o posicionamento da autora em relação aos participantes da mediação devido à

proximidade com o tema de pesquisa. Diz ela, que é fundamental incluir na mediação os atores que são direta e significativamente afetados pelo conflito e/ou titulares de competências, conhecimentos técnicos e/ou recursos financeiros para resolver o conflito. É fundamental convidar também os atores que tenham legitimidade jurídica para questionar o conteúdo do acordo, como o órgão ministerial, ou, dependendo do caso, os atores que atuem no controle externo, por exemplo, os tribunais de contas.

A partir do exposto, e não existindo uma definição legal, partes são todos os sujeitos afetados diretamente pelo conflito ou os representantes com poderes suficientes para negociar, pois na mediação de conflitos ambientais a participação de pessoas coletivas é recorrente. São essas pessoas que detêm legitimidade para iniciar o procedimento de mediação. Este conceito diferencia-se do conceito de interveniente ou também denominado de sujeito não essencial da mediação. Enquanto esses participam de forma ativa na construção da resolução do conflito, aceitam e vinculam-se aos termos do acordo, os intervenientes podem participar da mediação, mas não têm poderes para pactuar, sustenta Cebola (2011b).

Do ponto de vista prático, a primeira etapa requer a identificação de todas as partes afetadas pelo conflito, para permitir que a solução construída responda a todas as pretensões em jogo. Posteriormente, em uma segunda etapa, elegem-se os representantes dos diferentes grupos identificados, para que sejam seus porta-vozes.

Por último, a mediação proporciona aos sujeitos essenciais da mediação não apenas a participação no debate, mas especialmente a deliberação sobre uma solução que lhes pareça mais adequada ao conflito. Esta participação no âmbito da resolução de conflitos ambientais leva à descentralização e transparência do processo de tomada de decisão que, por sua vez, gera a melhoria da legitimidade e qualidade da solução encontrada. Discorrido sobre o conceito de parte e a atuação do Ministério Público, no próximo item será abordado as qualidades necessárias para o bom desempenho da função de mediador.

2. AS QUALIDADES DO MEDIADOR JUDICIAL

Inicialmente, cabe frisar que, embora o mediador não possa interferir no conflito, ele tem um papel essencial na mediação. Especialmente, porque é a pessoa encarregada de ajudar as partes a encontrar uma resposta consensuada por meio da

facilitação do diálogo entre elas. Neste sentido, este item propõe a desvelar às condições exigidas para o exercício da função de mediador, as diretrizes éticas que devem conduzir sua atuação profissional e as qualidades para ser um bom mediador ambiental. Quanto às condições exigidas para exercer a função de mediador judicial, a Lei de Mediação exige que o interessado seja uma pessoa capaz, graduado há pelo menos dois anos em qualquer curso de ensino superior de instituição reconhecida pelo Ministério da Educação e ter obtido capacitação em escola ou instituição formadora reconhecida pelo ENAM ou pelos tribunais. Diversamente, para exercer a função de mediador extrajudicial, além de ser pessoa capaz, o interessado deve ter a confiança das partes e ser capacitada para fazer mediação, não sendo exigida a inscrição em conselho, entidade de classe ou associação.

Embora a atividade de mediador como uma profissão esteja em fase de consolidação no Brasil, a função exercida por ele envolve responsabilidades que são divididas em positiva, a qual abrange o dever de fazer algo durante o procedimento, tal como o dever de diligência, e negativa, ou seja, o dever de não adotar determinadas condutas, a exemplo do favorecimento a uma das partes. Diante do aspecto ético inerente à função exercida pelo mediador, é preciso elucidar as diretrizes que orientam o seu comportamento para à boa condução dos trabalhos (SOUZA, 2014).

O estabelecimento de requisitos e condições para o exercício individual da função de mediador, como ocorre na legislação brasileira, é essencial para assegurar a credibilidade e a qualidade do procedimento de mediação. A permissão para os mediadores atuarem sem uma formação adequada e experiência prática incluem desde a insatisfação do público até a generalização da ideia de que a mediação corresponde a uma justiça de segunda classe, diz Cebola (2011b) e Welsh (2005).

Entretanto, é necessário fazer um alerta acerca dos riscos envolvidos na definição dos critérios de qualificação dos mediadores. Como diz Goldberg et al. (2007), o engessamento destes requisitos poderá criar barreiras inadequadas ao acesso à profissão, dificultando, por conseguinte, a renovação e inovação para a qualidade técnica da mediação. Para amenizar este risco, a determinação dos requisitos para o exercício da atividade de mediador deve transitar na linha tênue entre não excluir pessoas com talento natural e a proteção de todos aqueles que recorrem à mediação da atuação de profissionais mal preparados, defende Singer (1994).

Delineado a importância de serem predefinidos normativamente alguns requisitos para o acesso à atividade de mediador, convém mencionar como o direito comparado aborda esta matéria. Conforme pode ser extraído da análise dos requisitos previstos pela lei francesa, semelhante à lei brasileira, o mediador precisa ter formação ou experiência em mediação, bem como respeitar as garantias de independência inerentes ao exercício de sua função. Outro requisito exigido é possuir a qualificação exigida pela natureza do conflito, além de não ter sido condenado, declarado incapaz ou autor de atos contrários à honra (PLUYETTE, 1997).

O artigo 12 da Lei nº 21/2007 portuguesa, além do curso de ensino superior, é exigido a capacitação em mediação penal, reconhecida pelo Ministério da Justiça, como requisito para o exercício da função de mediador. É exigido às condições de idade mínima de 25 anos, estar no gozo de seus direitos políticos e civis, ter o domínio da língua portuguesa e ser idôneo para o exercício desta função. A Lei de Mediação austríaca exige que o mediador tenha idade mínima de 28 anos, requisito que pretende assegurar a experiência de vida necessária ao mediador, seja pessoa confiável, provada mediante a apresentação do registro de antecedentes penais, e qualificação profissional, materializada no treinamento adequado, conhecimento das técnicas de mediação, e domínio dos seus princípios, relata Cebola (2011b) e Knötzl (2007).

Na Espanha, a Lei de Mediação da Catalunha assemelha-se à lei brasileira, quanto à exigência da capacitação em mediação e graduação em curso de ensino superior. No entanto, as pessoas que querem exercer esta função precisam estar vinculadas à categoria profissional ou pertencer a uma associação profissional.

Feita esta breve explanação entorno do cenário legal sobre os critérios exigidos para o exercício da função, cabe enfatizar a importância de os mediadores subordinarem sua atividade a códigos deontológicos que estabeleçam os seus compromissos éticos e morais. A fixação de um código de ética específico dos mediadores tem três finalidades principais. A primeira é assegurar que a atividade com os mediados seja conduzida de acordo com valores éticos, para resguardar a sociedade dos maus profissionais. A segunda é assegurar os direitos das pessoas que optaram por submeter o seu conflito à mediação. Por fim, a terceira finalidade é garantir a qualidade e a credibilidade da mediação com igual valor da resolução de conflitos por meio de sentença (MARTÍN DIZ, 2010; MUNIZ, 2009)



No Brasil, esta importância é reconhecida e reforçada pela Resolução nº125/2010 do CNJ que estabeleceu o Código de Ética dos Mediadores e Conciliadores Judiciais, norteado por dois pontos. O primeiro são os princípios e garantias da mediação e as regras que regem o seu procedimento. O segundo ponto diz respeito às responsabilidades e sanções direcionadas ao mediador, especialmente a exclusão do mediador do respectivo cadastro e o impedimento para atuar nesta função em qualquer outro órgão do Poder Judiciário nacional, no caso de não serem observadas as normas previstas no referido Código ou no caso de condenação definitiva em processo criminal. Qualquer conduta inadequada do mediador poderá ser informada ao Juiz Coordenador para que sejam tomadas as providências cabíveis.

Igualmente, o CPC prevê a exclusão do mediador do cadastro a qual pertence, caso ele agir com dolo ou culpa na condução da mediação, violar o dever de sigilo ou atuar impedido ou suspeito. Nestas hipóteses, ele deverá ser afastado de suas atividades pelo período de até 180 dias, por decisão fundamentada do juiz do processo ou o juiz coordenador do CEJUSCs, que deverá informar o acontecimento ao Tribunal para a instauração do respectivo processo administrativo, garantindo-se ao réu o direito ao contraditório e a ampla defesa.

Acerca das disposições de um Código de Ética, Cebola (2011a) e também Martín Diz (2010), considera essencial a previsão de três setores distintos. A primeira parte deverá conter os princípios fundamentais para a atuação do mediador. Uma segunda parte deverá dedicar-se a concretização destes princípios na prática da mediação, estipulando quais as informações que os mediadores podem fornecer às partes e os impedimentos ao exercício da profissão. A última parte deve conter a previsão de um regime sancionador, com a prescrição de infrações possíveis e sanções correspondentes. Por fim, o controle da aplicação do Código de Ética deve ser atribuído a uma entidade independente, que poderá ser a mesma entidade responsável pelo registro de mediadores. As entidades podem formar um comitê para analisar os dilemas éticos que vão surgindo da prática cada vez mais frequente da mediação. Estes comitês foram criados pela SPIDR (Society for Professionals in Dispute Resolution) e pela ACR (Association for Conflict Resolution) (MOORE, 1998).

Sobre a regulamentação legal da responsabilidade profissional do mediador, é preciso tecer duas observações. A primeira observação diz respeito à importância da

regulamentação legal da responsabilidade dos mediadores para conferir credibilidade à mediação. A segunda consiste nas circunstâncias suscetíveis de gerar a responsabilidade dos mediadores.

Por sua vez, embora não seja o objeto central deste item, a proteção do mediador pode ocorrer por meio da contratação de um seguro de responsabilidade civil, para fins de cobrir os danos causados no decorrer de sua atividade. No Reino Unido, por exemplo, alguns centros de mediação preveem a contratação de um seguro como requisito obrigatório para seus membros. Esta forma de proteção é defendida por Brown e Marriot (1999) e Cebola (2011b).

No caso dos conflitos ambientais, a questão ética abrangerá outro compromisso por parte do mediador em decorrência bem jurídico em questão, qual seja o meio ambiente, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida da atual e futura geração. Ou seja, o compromisso ético do mediador não se restringe àquele consagrados no Código de Ética e no próprio conteúdo da Lei de Mediação, mas também um compromisso que decorre da qualidade do bem em questão, como bem salienta Passos de Freitas e Ahmed (2015).

Definida a importância do Código de Ética, é preciso abordar os deveres atribuídos aos mediadores. O primeiro é o dever de alertar as partes sobre a necessidade de perícia técnica para que elas possam fazer escolhas livres e informadas na mediação. O Código de Ética para Mediadores do CONIMA, dispõe que cabe ao mediador “sugerir a busca e/ou a participação de especialistas na medida em que suas presenças se façam necessárias a esclarecimentos para a manutenção da equanimidade” (subitem V, 6). Mas, ele deve abster-se de prestar consultoria jurídica ou de qualquer outra natureza, para não extrapolar os limites de seu papel (SOUZA, 2014).

Outro dever relevante do mediador, arrolado pela autora supracitada, é a obrigação de verificar se o acordo elaborado pelas partes é exequível. Notadamente na área ambiental, cuja finalidade da mediação é estabelecer as condições para fazer cessar a conduta irregular e/ou reparação do dano ambiental, a atuação do mediador assume outra nuance, como o dever de zelar pela viabilidade do cumprimento do acordo.

Embora não é papel do mediador se posicionar acerca do mérito da solução encontrada pelas partes, o mediador tem a responsabilidade de zelar pelos interesses de terceiros afetados, denominados de “parties not al table” por Susskind (2004). Dito

de outra forma, os interesses de terceiros não presentes à mesa devem ser levados em consideração no conteúdo do acordo, em especial nos conflitos que envolvem o Poder Público, para assegurar que este seja viável e, por conseguinte, seja cumprido pelas partes.

Além dos deveres atribuídos ao mediador, não é demais registrar as características necessárias para o bom desempenho da função de mediador, graficamente representado por uma edificação em formato de pirâmide, conforme proposto por Brown e Marriot (1999). Na base dela há quatro elementos. O primeiro é a compreensão teórica, ou seja, o mediador deve ter conhecimentos ligados à sua função, como os princípios da mediação. O segundo elemento é as habilidades práticas, como por exemplo, o domínio de técnicas necessárias para a gestão da mediação. O terceiro consiste na postura ética que deve guiar a atuação do mediador. O quarto elemento refere-se à sensibilidade emocional para entender e interpretar os sentimentos das partes.

No segundo degrau da pirâmide os autores entendem que o mediador deverá ter três características. A primeira delas é o bom senso (sound judgment) para gerenciar a mediação. A segunda é a empatia pessoal, para fins de compreensão das posições e interesses das partes. A terceira é o conhecimento especializado na matéria correlata ao conflito. O terceiro degrau da pirâmide exige do mediador criatividade, para incentivar às partes a gerar alternativas de resolução do conflito, e flexibilidade, para possibilitar a adaptação do procedimento e método ao conflito. Por último, o topo da pirâmide indica que ele deverá ter equilíbrio para agir com imparcialidade (BROWN; MARRIOT, 1999).

Desta forma, a análise da pirâmide acima colacionada mostra que essas características do mediador não se restringem a particularidades objetivas, as quais podem ser desenvolvidas com treinamento, mas abrangem também particularidades subjetivas próprias de cada pessoa. Entre as características subjetivas normalmente elencadas, destacam-se: sensatez, criatividade, paciência, capacidade de escuta, serenidade e credibilidade (CEBOLA, 2011b; SOUZA, 2014; WILDE, 2003)

A análise trazida no decorrer deste texto denota cinco observações gerais acerca do mediador. A primeira é a importância do seu papel na condução da resolução do conflito pelas partes, embora ele não tenha o poder de decisão. Segundo Deutsche

(2004), o mediador tem a função de auxiliar as partes a identificar os pontos divergentes e convergentes; ajudá-las a criar circunstâncias e condições favoráveis ao diálogo produtivo; permitir que a comunicação seja compreendida da mesma forma por todos os envolvidos no conflito; ajudá-las a construir um acordo que seja viável para as partes e criar regras justas de procedimento.

A segunda observação reforça a relevância da existência de um Código de Ética que oriente as atividades exercidas pelo mediador, para assegurar a credibilidade e qualidade da mediação. Em outras palavras, o Código de Ética é um instrumento de controle da qualidade quanto à prestação de serviços de mediação, já que os mediados poderão conferir à condução da resolução de seus conflitos a um profissional que tenha formação adequada e que poderá ser responsabilizado por sua conduta negligente.

A terceira observação refere-se às características imprescindíveis à atividade exercida pelo mediador: a neutralidade e a imparcialidade. A neutralidade significa a inexistência de qualquer relação do mediador com o resultado final da mediação. Destaca-se, neste ponto, a opinião de Vezzulla (2015), para quem a neutralidade do mediador é impossível, visto que a sua presença por si só já modifica de forma substancial a realidade dos mediados. No mesmo sentido Blanco Carrasco (1999), reforça que a neutralidade não pode ser absoluta diante do papel relevante exercido pelo mediador no decorrer do procedimento de mediação. Concorde-se com os referidos autores, no entanto, esta impossibilidade de qualificar o mediador como neutro de forma absoluta, não pode levá-lo a cercear a liberdade das partes em estabelecer a solução que lhes pareça mais adequada ao conflito.

Se a neutralidade se refere à relação do mediador com o resultado do procedimento, não sendo possível que influencie o seu conteúdo, a imparcialidade significa que o mediador deve manter uma relação equidistante com ambas as partes envolvidas no conflito, para evitar o favorecimento da posição de uma delas ou servir ao seu próprio interesse. Assim, sob o viés prático, o mediador deve assegurar que as partes tenham igualdade de oportunidades para se manifestar, além de ouvi-las sem emitir juízo de valor ou opinar. Inclusive deve ser cuidadoso com sua postura física, para que não pareça que está dando mais atenção a uma parte do que outra. (BLANCO CARRASCO, 1999).

A quarta observação que merece atenção é a co-mediação, ou seja, a presença de mais de um mediador atuando junto às partes nos conflitos ambientais, em razão da sua natureza multipartes e multidisciplinar. Partilha desta posição Ahmed e Passos de Freitas (2015, p.17), para quem a mediação ambiental exige “a composição dos conflitos com atenção às diversas dimensões do meio ambiente (natural, cultural, artificial e do trabalho), sem embargo de cada dimensão exigir vários aspectos a serem considerados, de ordem social, econômica, cultural”

A última observação geral refere-se à pertinência ou não de ser exigido do mediador o pertencimento a um centro de mediação. Antes de apresentar a opinião da pesquisadora sobre este tema, é preciso reiterar que a lei brasileira adota condições diferenciadas para o exercício da função de mediador judicial e extrajudicial. Além disso, as câmaras privadas de mediação podem optar ou não pelo cadastro junto ao Tribunal de Justiça para a realização de sessões de mediação, em conformidade com o artigo 12-C da Resolução nº 125/2010 do CNJ. Mas uma vez feita a opção pelo cadastro, as câmaras terão que observar as regras desta Resolução, inclusive no que tange à capacitação, e do CPC. Neste sentido, a autora discorda da posição de Rendón (2016) e Cebola (2011a), para quem o mediador deve necessariamente estar vinculado a uma instituição, não apenas pelo fato da lei brasileira permitir a figura do mediador independente, mas especialmente porque a dificuldade de comprovação e controle de sua formação é suprida pela atribuída às partes para escolher o mediador que lhes pareça mais confiável e preparado, em como definir os critérios para sua seleção

Neste contexto, além da confidencialidade, é preciso indicar algumas condições que por sua essencialidade devem ser comuns aos mediadores para lidar com os conflitos ambientais. Entre elas, destaca-se:

- Formação adequada em mediação: o mediador deverá ter formação genérica em mediação e, também, recomenda-se que tenha participado de curso específico em mediação ambiental, em função das especificidades dos conflitos ambientais. Ou seja, a mediação deve ser realizada por profissional especializado na área de conhecimento a que se refere o conflito. No Brasil, apenas pode ser mediador judicial na área de direito de família, a pessoa que tenha realizado o curso básico de mediação e também o curso específico. Em Portugal, a formação específica também é exigida. Além deste curso teórico, é recomendável a realização de um módulo prático, com a finalidade do

mediador aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos. O legislador brasileiro, neste ponto, acertou ao incluir o curso teórico e estágio como requisito para ser mediador judicial. Por fim, a formação do mediador deve ser contínua, para que ele possa aprender novas técnicas e reciclar os seus conhecimentos

- Ser brasileiro: o mediador precisa conhecer a realidade no qual o conflito ambiental está inserido, devido à interface econômica, social e política de boa parte dos danos ao meio ambiente, para ajudar as partes a identificar as soluções adequadas ao conflito. Em sentido semelhante, o entrevistado 1 sugeriu incluir entre os requisitos exigidos para ser mediador a residência no local do conflito. Por último, como uma de suas tarefas é remover os bloqueios no processo de comunicação entre as partes envolvidas no conflito, sugere-se que ele domine a linguagem do país no qual exercerá sua profissão.

- Conhecimento na área ambiental: é importante que o mediador tenha conhecimento na matéria do conflito, ou seja, ele deverá entender a questão em debate para ajudar as partes na construção da resposta ao conflito. Esta ideia é reforçada pelo entrevistado 22, para quem o mediador precisa conhecer os princípios ambientais básicos e o artigo 225 da Constituição. Embora o mediador não precise ser graduado em Direito, é recomendável que ele tenha um conhecimento na área jurídica para assegurar que tanto o procedimento quanto o acordo sejam realizados em conformidade com as normas vigentes. Para Cebola (2011b), o mediador deve dominar alguns conceitos jurídicos gerais que, inclusive podem ser ensinados nos cursos de mediação, para melhor conduzir a mediação. Ademais, o conhecimento jurídico deve ser uma das qualidades exigidas do mediador para que ele possa identificar os pontos inegociáveis em matéria ambiental, conforme posição do entrevistado

- Idoneidade: além de ser física e mentalmente idôneo (capacidade civil), assim como exigido pela lei brasileira, o mediador ambiental deve ter uma conduta moral compatível com a função exercida. Neste sentido, o Brasil considera que não haverá idoneidade se a pessoa tiver sido condenada de forma definitiva em processo criminal, ou então, tenha praticado qualquer conduta incompatível com o exercício da função. Por fim, as múltiplas tarefas atribuídas ao mediador ambiental requerem que ele reúna não apenas as capacidades naturais e habilidades técnicas, que podem ser desenvolvidas por intermédio de um curso específico, mas também à subordinação de



sua atividade ao Código de Ética. Deste modo, o exercício da atividade do mediador deve ser pautado pelo respeito aos deveres éticos, e não apenas por regras metodológicas e técnicas, para proteger a sua própria reputação e a qualidade da mediação.

Frisa-se, assim, que a profissão de mediador ambiental deve ser vista com a seriedade que ela exige, o que demanda deste profissional três condições. A primeira delas é ter as qualificações necessárias para satisfazer as expectativas razoáveis das partes, o que requer o aprimoramento constante de seu conhecimento e habilidades relacionadas à mediação. A segunda condição é exercer sua atividade de forma independente ou sem vínculos, pois, o seu único compromisso é com a resolução do conflito, e não com os interesses dos mediados, inclusive de terceiros. A terceira condição é conduzir a mediação de tal forma que a solução encontrada pelas partes afete o menos possível o meio ambiente, mas sem deixar de lado o viés social e econômico. Assim, emerge a importância de um sistema de certificação que assegure condições mínimas de qualificação e também de idoneidade dos mediadores

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mediação é um mecanismo caracterizado pela intervenção de um terceiro neutro e imparcial em relação ao conflito e também às partes para que, sob a guarda dos princípios que regem sua atuação, possa auxiliá-las na construção da solução do conflito por meio do diálogo e da cooperação.

Os mediadores exercem um papel relevante na mediação, pois auxiliam as partes na construção de uma solução que abrigue os diversos posicionamentos envolvidos no conflito. Além de ser um profissional independente, imparcial e neutro também é preciso que sejam determinadas em Lei as condições de exercício dessa atividade para garantir a sua preparação e qualificação profissional.

A submissão da atividade exercida pelo mediador a um Código de Ética e a definição de um regime de responsabilidade são medidas que favorecem a integridade e credibilidade da mediação e da atividade de mediador. Além das capacidades naturais, habilidades técnicas, o mediador precisa ter conhecimentos mínimos sobre o Direito, embora não seja um requisito exigido por Lei, e também na área ambiental.

Por derradeiro, o conflito ambiental abrange diversas áreas do conhecimento, e uma equipe de mediação poderá ser uma alternativa para atender a esta peculiaridade.

Apesar da importância de serem estabelecidos requisitos para o exercício da atividade, é preciso ter o cuidado para não engessar o que é para ser ágil.

REFERÊNCIAS

- BLANCO CARRASCO, Marta. **Mediación y sistemas alternativos de resolución de conflictos: un a vision jurídica**. Espanha/Madrid: editora Reus, 2009.
- BRASIL. **Resolução nº 125, de 29 de novembro de 2010**. Dispõe sobre a Política Judiciária Nacional de tratamento adequado dos conflitos de interesses no âmbito do Poder Judiciário e dá outras providências. Disponível em: Acesso em: 08 jan. 2017.
- BROWN, Henry; MARRIOTT, Arthur. **ADR: Principles and Practices**. 2. ed. Londres: Sweet & Maxwell, 1999.
- CEBOLA, Cátia Marques. **La mediación Amambiental: um nuevo método de resolución de conflictosurbanísticos y ambeintales**. In: Atas de la VII conferencia Internacional del foro Mundial de Mediación, vol. I, p.175-188, 2011a.
- CEBOLA, Cátia Marques. **La mediación: Un nuevo instrumento de la Administración de la Justicia para la solución de conflictos**. 2011. Tesis Doctoral (Doctorado Europeo) - Universidad de Salamanca, Espanha, 2011b.
- GOLDBERG, Stephen B. et al. **Dispute Resolution**. Negotiation, Mediation, and Other Processes, 5. ed. Nueva York: Aspen Publishers, 2007.
- KNÖTZL, Bettina; ZACH, Evelyn. **Taking the Best from Mediation Regulations**. Arbitration International, v. 23, n. 4, p. 663-685, 2007.
- MARTÍN DIZ, Fernando. **La mediación: sistema complementario de Administración de Justicia**, 1. ed. Consejo General del Poder Judicial, Madrid, 2010. MARTÍN, Nuria González. **Un acercamiento al acceso a la justicia a través de la mediación como medio alterno de solución de conflitos**. 2014. Disponível em:Acesso em:20 mar. 2018.
- MUNIZ, Tânia Lobo. **A ética na mediação**. In: CASELLA, Paulo de Borba; SOUZA, Luciane Moessa de (Coord.). **Mediação de conflitos: novo paradigma de acesso à justiça**. Belo Horizonte: Fórum, 2009. p. 103-117.
- RENDÓN, Angelina Isabel Valenzuela. **Ventajas y Desventajas de la Conciliación en la Resolución de Conflictos**. Sobre Reparación del Daño al Medio Ambiente. Revista Internacional Consinter de Direito Publicação, Curitiba, Ano II, Número III, 2016.
- SINGER, Linda. **Settling Disputes: Conflict Resolution in Business, Families, and the Legal System**. Westview Press: Boulder, 1994.

SOUZA, Luciane Moessa de; OLIVEIRA, Igor Lima Goettenauer de (Org). **Resolução consensual de conflitos coletivos envolvendo políticas públicas**. Brasília, DF: Fundação Universidade de Brasília/FUB, 2014.

SUSSKIND, Lawrence. **Expanding the ethical obligations of the mediator: mediator accountability to parties not at the table**. In: MENKEL-MEADOW, Carrie; WHEELER, 242 Michael. What's fair: Ethics for negotiators. San Francisco: Jossey-Bass, 2004. p. 513- 518.

VEZZULLA, Juan Carlos. Mediação. **Teoria e Prática**. Guia para utilizadores e profissionais, 2. ed. Lisboa: Agora Comunicação, 2015.

WELSH, Nancy A. **Institutionalization and Professionalization**, The Handbook of Dispute Resolution, Edit. Michael L. Moffitt y Robert C. Bordone, 1. ed. Jossey-Bass, San Francisco, 2005.

WILDE, Zulema; GAIBROIS, Luis. **O que é a Mediação**. Lisboa: Agora Publicações, 2003.

CAPÍTULO II

A QUESTÃO HÍDRICA NO NORDESTE E A SUPERAÇÃO DE UM PARADIGMA TERRITORIAL DEFICITÁRIO

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-2

Aldeíze Bonifácio da Silva ¹

¹ Graduada e Mestra em Geografia. Integrante do Grupo de Pesquisa História da Cidade, do Território e do Urbanismo (HCUrb). Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

RESUMO

O déficit hídrico na região Nordeste é uma questão complexa que perpassa o aumento da sua população, as mudanças no estilo de vida local, a urbanização e as alterações climáticas que levam à escassez hídrica. Portanto, a questão hídrica na região “cujas representações foram forjadas sob a égide do discurso determinista ambiental, historicamente construído e entrelaçado no imaginário social” (SANTOS, 2012, p. 21) fez da região Nordeste um problema a ser enfrentado para o desenvolvimento regional. Perante o exposto, o presente trabalho objetiva refletir sobre as principais questões que perpassam a construção de um imaginário territorial no qual a região se configura como um problema devido às irregularidades pluviométricas que impactam o seu abastecimento hídrico. Para tanto, os procedimentos metodológicos utilizados foram a pesquisa bibliográfica e documental, no intuito de compreender as narrativas e discursos que perpassam a construção imaginária do Nordeste brasileiro como o “território das secas”. Os resultados obtidos demonstram que o caminho para a resignificação desse território seria a desconstrução do discurso de combate à seca para a concepção de convivência com a seca, com a valorização local, da diversidade cultural e da identidade territorial.

Palavras-chave: Irregularidades pluviométricas. Determinismo ambiental. Resignificação territorial.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado quanto ao volume de recursos hídricos em seu território, pois abriga cerca de 13,7% da água doce do mundo. Todavia, a disponibilidade desses recursos não é uniforme. A região Nordeste é a porção territorial brasileira que mais sofre com a escassez de água por localizar-se numa área de semiaridez e apresentar regimes pluviométricos e de temperaturas bastante irregulares, o que implica diretamente na hidrografia da região com o predomínio de rios temporários (CAVALCANTE; SILVA, 2016).

Dessa forma, quando nos debruçamos sobre a região Nordeste observamos que o seu déficit hídrico é uma questão complexa que perpassa o aumento da sua população, as mudanças no estilo de vida local, a urbanização e as alterações climáticas que levam à escassez hídrica. Portanto, a questão hídrica na região ultrapassa as dimensões natural e populacional “cujas representações foram forjadas sob a égide do discurso determinista ambiental, historicamente construído e entrelaçado no imaginário social” (SANTOS, 2012, p. 21) como um problema a ser enfrentado para o desenvolvimento regional.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo refletir sobre as principais questões que perpassam a construção de um imagético territorial no qual a região se configura como um problema devido às irregularidades pluviométricas que impactam o seu abastecimento hídrico. Para tanto, os procedimentos metodológicos utilizados foram a pesquisa bibliográfica e documental, com consultas a hemerotecas e acervos digitais como o da Biblioteca Nacional, o acervo Oswaldo Lamartine de Faria e do Grupo de Pesquisa História da Cidade, do Território e do Urbanismo (HCurb – UFRN), no intuito de compreender as narrativas e discursos que perpassam a construção imagética do Nordeste brasileiro como o “território das secas” e seus desdobramentos.

Assim, de acordo com o objetivo elencado, a discussão proposta perpassa três eixos centrais: a região Nordeste em foco: características gerais de uma região heterogênea, a região Nordeste e o semiárido brasileiro como territórios de escassez e os discursos em prol da superação de um paradigma deficitário.

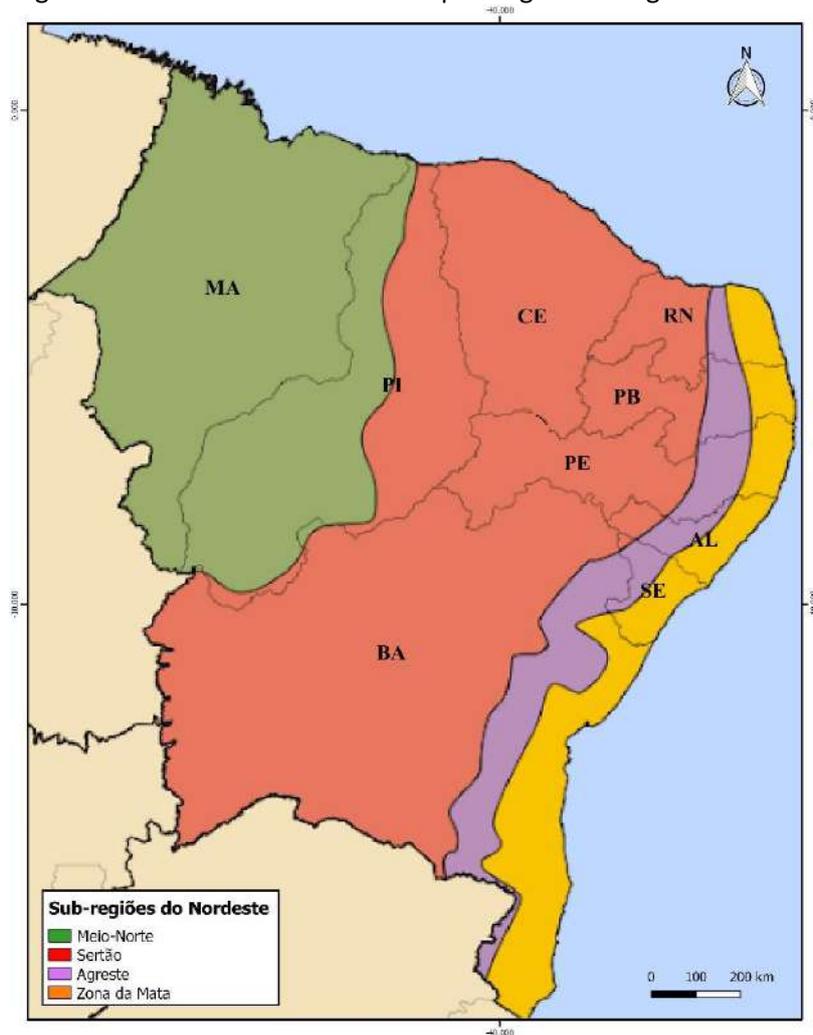
2. A REGIÃO NORDESTE EM FOCO: CARACTERÍSTICAS GERAIS DE UMA REGIÃO HETEROGÊNEA

A região Nordeste do Brasil representa um complexo territorial que vai desde a porção leste do Maranhão até o Norte de Minas Gerais, sendo em sua porção oriental banhada pelo Oceano Atlântico. Sua área territorial com aproximadamente 1.558.196 km², representa 20% do território nacional onde vivem aproximadamente 30% da população brasileira (CAVALCANTE; SILVA, 2016).

Em suma, do ponto de vista fisiográfico e biogeográfico, a região Nordeste é “constituída pelo conjunto das terras situadas na porção norte-oriental do país, de clima semiárido quente e vegetação de caatinga, com orlas marinhas de clima tropical úmido e vegetação primitiva do tipo florestal” (MELO, 1962, p. 504). Todavia, com base na sua extensão e diversidade territorial podemos dizer que o Nordeste é constituído de diferentes Nordestes, com disparidades econômicas e naturais em suas diversas áreas.

Nessa perspectiva, a região Nordeste divide-se em quatro grandes regiões naturais: a Zona da Mata, o Agreste, o Sertão (Semiárido) e o Meio-Norte, conforme expresso na Figura 1 - A porção territorial definida como Zona da Mata é uma região de clima tropical úmido, originalmente coberta por densas florestas. É uma faixa paralela à costa que se estende do Rio Grande do Norte ao Sul da Bahia e corresponde a 8% do território nordestino.

Figura 1 – Divisão do Nordeste em quatro grandes regiões naturais



Fonte: Garcia (1984) adaptado pela autora, 2021.

Segundo Garcia (1984), na região as chuvas são regulares, apesar de apresentarem intensidades diferenciadas espacialmente. Em suma, as precipitações pluviométricas são superiores a 1.000 mm/ano e o clima quente úmido é marcado por duas estações bem definidas (chuvosa e seca), com temperaturas médias anuais de 25°C.

O Agreste e o Sertão, que juntos representam cerca de 60% do território nordestino, apresentam clima tropical semiárido, sujeitos a secas periódicas. Sendo que o Agreste que se estende paralelamente a Zona da Mata se caracteriza como uma zona de transição entre a Zona da Mata e o Sertão, apresentando um misto de vegetações exuberantes e plantas xerófilas, adaptadas à escassez hídrica, e clima tropical semiárido, porém, com índices pluviométricos maiores que o Sertão, o que faz com que a região seja menos suscetível à seca, mesmo que igualmente afetada pelas grandes estiagens.

O Sertão, que equivale a mais de 50% do território nordestino, possui um clima tropical semiárido e vegetação caatinga, onde predominam as plantas xerófilas que recobrem quase a sua totalidade territorial que abarca parte dos territórios dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Piauí.

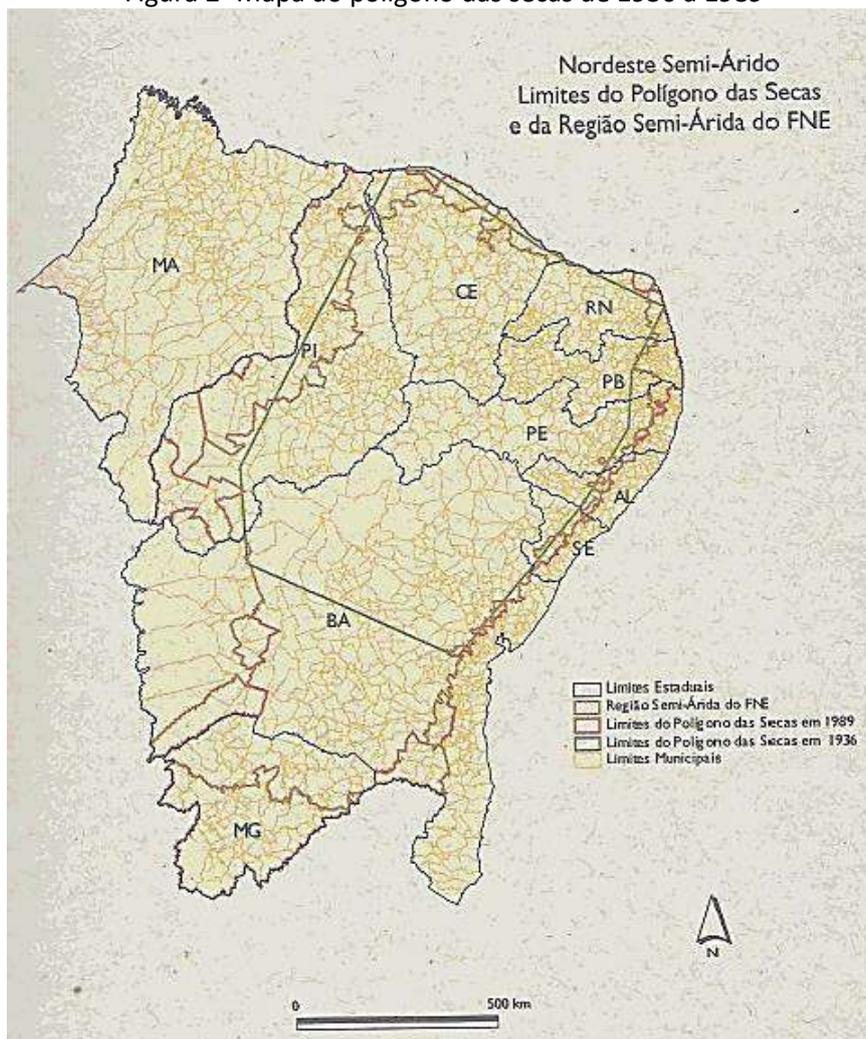
O Meio-Norte, que se estende pelo estado do Maranhão e por parte do território do Piauí, configura uma área de transição entre o Nordeste seco, o Norte e o Centro-Oeste brasileiro, representando 27% do território nordestino. Entre as principais características dessa porção territorial está a pluviosidade média anual que situa-se acima de 1000 mm, o que faz com que a região sofra com a escassez de chuvas somente nas grandes estiagens, e uma vegetação bastante diversificada, com o predomínio de árvores características do cerrado, da floresta amazônica e da caatinga (GARCIA, 1984).

A diversidade de seus atributos físicos/naturais faz com que a região Nordeste se configure como uma heterogeneidade onde coexistem áreas modernas e porções territoriais mais tradicionais, com distintos espaços geoeconômicos que resultam em diferentes “leituras” sobre a região, dentre as quais podemos citar: a região Nordeste e o semiárido como territórios de escassez e a região Nordeste como potencialidade, perspectiva atrelada aos discursos de convivência com a seca.

3. A REGIÃO NORDESTE E O SEMIÁRIDO BRASILEIRO COMO TERRITÓRIOS DE ESCASSEZ

No âmbito da região Nordeste encontramos o recorte territorial denominado de semiárido brasileiro, que faz parte de um conjunto de áreas da América do Sul oriental formadas a aproximadamente 13 mil anos no período da última mudança climática sob ação de fatores paleogeográficos e paleoecológicos que desencadearam a dinâmica ambiental presente, com a formação dos biomas caatinga e cerrado e o surgimento de plantas e animais adaptados às condições climáticas atuantes nesses territórios (AB'SABER, 1999). É nesse domínio que se encontra o Polígono das Secas (Figura 2), que compreende áreas repetidamente sujeitas aos efeitos do fenômeno da seca no país.

Figura 2- Mapa do polígono das secas de 1936 a 1989



Fonte: Carvalho e Egler, 2003.

A porção territorial que hoje conhecemos como semiárido teve um papel secundário na formação econômica e territorial brasileira. As características físicas dos lotes que conformavam as capitanias hereditárias “sujeitas ao flagelo das secas, cuja repetição se registra dentro de uma periodicidade oscilante”, conforme exposto na Tabela 1, fez com que o seu povoamento ocorresse mais tarde com uma população oriunda de outras partes do país (ALVES, 2018, p. 4). Logo, o povoamento tardio associado às condicionantes naturais da região, como clima e estrutura geológica, que não favorecem a existência de rios perenes, por exemplo, contribuíram para a construção de uma identidade territorial deficitária.

Tabela 1 – Secas no Nordeste brasileiro – Século XVII a XIX

Ceará	Rio Grande do Norte	Paraíba	Pernambuco
1722	1710-11	1710-11	1709-11
1721-25	1721	1721	1720-21
---	1723-27	1723-27	1723-27
---	---	1730	---
1736-37	1736	1736-37	1735-37
1745-46	1744	1746-47	1744-47
---	---	---	1748-51
1754	1754	---	---
1760	1760	---	---
1766	1766	---	---
1772	1772	---	1771-72
1777-78	1777-78	1777-78	1776-78
---	1784	---	1783-84
1791-93	1791-93	1791-93	1790-93
1804	---	1803-04	---
---	1808	---	---
1810	1814	---	---
---	---	---	1819-20
1824-25	1825	1824-25	1824-25
---	1833	---	1833-35
1844-45	1845	1845-46	1845-46
1877-79	1877-79	1877-79	1877-79
1888-89	1888-89	1888-89	1888-89
1898	1898	1898	1898
1900	1900	---	1900

Fonte: Alves, 2018.

Todavia, apesar do semiárido brasileiro ser identificado pela seca e pelo rigor das prolongadas estiagens, este território tem implicações muito mais complexas, pois nele se estabeleceram diferentes atividades econômicas e relações sociais que ultrapassam os limites meramente físicos, como a escassez de chuvas ou outros fenômenos naturais (CAVALCANTE; SILVA, 2016). Nesse sentido, constata-se que o grande entrave para o desenvolvimento da região Nordeste foi a adoção de um determinismo ambiental no qual,

O clima do semiárido foi estereotipado e a ele se incutiu a culpa pelos principais problemas sociais existentes ao longo da história dessa região, as elites políticas e intelectuais conduziram um discurso que escamoteou, durante muito tempo, a ausência de políticas sociais adequadas para o desenvolvimento regional. A seca e a miséria foram consideradas naturais do clima, o que levou a uma naturalização dos problemas das sociedades que se desenvolveram em interação com esse meio. (MELO, 2011, s/p).

Assim, desde os primórdios do período colonial persiste a falsa ideia de que a seca constitui uma anormalidade e um empecilho para o desenvolvimento da região





Nordeste, fazendo com que a região semiárida tenha uma longa tradição de intervenções de caráter centralizador e fragmentário no setor hídrico, pois as iniciativas sempre partiram de decisões governamentais de caráter unilateral e, não raro, para atender interesses pontuais, particulares ou setoriais, quer seja na construção de barragens, em projetos de irrigação, perfuração de poços ou construção de adutoras (GARJULLI, 2003).

Nessa conjuntura, o gerenciamento dos recursos hídricos na região sempre foi realizado de forma compartimentada e não integrada, partindo-se do princípio de tratar e distribuir a água para a população em caminhões-pipa durante os períodos críticos emergenciais, com a obtenção de subsídios econômicos para a população atingida através de frentes emergenciais de trabalho (SOBRAL, 2011).

Portanto, como expõe Silva (2003, p. 362), no discurso institucional o Nordeste surge como a “terra das secas”, merecedora de atenção especial do poder público traduzida em termos de “auxílio aos flagelados” e nas “obras contra a seca”, que tornam-se um poderoso instrumento regionalista para unificação do discurso de grupos políticos dominantes do “Norte”. Assim, a seca, divulgada nacionalmente como um grave problema, torna-se um argumento político quase irrefutável para conseguir recursos, obras e outras benesses que seriam monopolizadas pelas elites dominantes locais.

Em suma, a política hídrica para a região priorizou a construção de obras sem garantir o uso público da água acumulada em milhares de açudes, de pequeno e médio porte, que se tornaram “privados” por estarem localizados dentro de propriedades particulares. Quanto aos grandes reservatórios administrados por órgãos estatais, garantiu-se sua utilização pública sem, contudo, articular esta disponibilidade de água com outras políticas públicas, tais como as políticas agrícolas e agrárias, o que serviu para potencializar a capacidade produtiva de quem já era proprietário de terra, quer seja nas proximidades dos açudes ou mesmo ao longo dos vales que se tornaram perenes devido à liberação de águas desses reservatórios nos períodos de escassez (GARJULLI, 2003).

Como decorrência econômica direta dessa forma de intervenção estatal, as áreas úmidas do Nordeste semiárido tornaram-se supervalorizadas, pois passaram a contar com terra e água, sendo que esse processo de valorização resultou em mais

concentração de renda e exclusão social dos segmentos que não detêm a propriedade da terra e da água na região.

Portanto, como o acesso à água para fins produtivos na região semiárida sempre esteve muito vinculado à propriedade da terra, a demanda da população pobre manteve-se restrita ao abastecimento de água para consumo humano, quer seja nos períodos de seca, através de carros pipa e perfuração de poços ou, de forma mais permanente, com a construção de pequenas barragens, adutoras e cisternas (GARJULLI, 2003). Assim, historicamente, a questão hídrica na região Nordeste e as tentativas de solucionar os problemas do semiárido perpassam a disponibilização de água em quantidade e qualidade, de forma a reproduzir as condições de vida e produção encontradas nas demais regiões brasileiras, configurando uma problemática a ser enfrentado para o desenvolvimento nacional.

4. OS DISCURSOS EM PROL DA SUPERAÇÃO DE UM PARADIGMA DEFICITÁRIO

Grande parte dos diagnósticos e proposições sobre o semiárido brasileiro tem como referência imagens historicamente construídas sobre um espaço-problema, terra das secas e da miséria. Essas imagens são fruto de julgamentos superficiais sobre a realidade do semiárido e dos interesses políticos das elites locais que explicavam a miséria, a fome e o atraso como produtos de condições naturais adversas, do clima, da terra e da formação de sua gente. (SILVA, 2003, p. 361).

Sob essa premissa “durante os séculos XIX e XX, a principal estratégia do governo brasileiro no Semiárido foi o combate à seca. A orientação política promoveu a adoção de ações emergenciais e soluções hidráulicas” (SANTOS, 2012, p. 56).

Todavia, desde o final da década de 1950, o economista Celso Furtado já afirmava que as ações governamentais de combate à seca, além de ineficazes, contribuíram para reprodução das crenças difundidas pelas elites locais de que a seca era responsável pelo subdesenvolvimento regional (SILVA, 2003), quando na verdade a questão envolve uma dimensão mais complexa e abrange a concentração de terras, a ocupação predatória, o manejo do solo, a ausência de políticas públicas efetivas, entre outros fatores.

A partir dos anos 1960 ocorre a implantação de polos agroindustriais que se especializaram em fruticultura irrigada para exportação na região, conjuntura da qual



emerge um novo olhar sobre o semiárido brasileiro, com uma sutil mudança no paradigma de territorialidade deficitária. Nesse contexto, a irrigação ao lado da solução hídrica passa a constituir um sonho de redenção regional.

Assim, numa conjuntura de continuidade, surge na década de 1980 outro discurso sobre a realidade regional pautada em alternativas sustentáveis para o desenvolvimento da região. Um conjunto de organizações não-governamentais (ONG 's) e algumas instituições públicas de pesquisa e extensão rural, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Embrater), passaram a desenvolver propostas e a experimentar alternativas baseadas na ideia de que é possível e necessário conviver com a seca e o semiárido (SILVA, 2003).

A partir dos anos de 1980 e 1990, em decorrência de discussões em torno da perspectiva de convivência com o semiárido, a região

Passa a ser o território das possibilidades, vem à tona as ideias do desenvolvimento integrado sustentável, que vai se efetivando aqui e ali, através da agroecologia; das cisternas familiares de captação da água de chuva nos telhados, garantindo água de chuva para o consumo humano e também visando a produção; barragens subterrâneas; cisternas na roça; associações de fundo de pasto; produção de caprinos e ovinos; apicultura etc, e todos baseados na agricultura familiar e na busca de segurança alimentar e nutricional. (CARVALHO, 2010, p. 213).

Esses diferentes enfoques e imagens historicamente construídas influenciam até hoje as propostas de desenvolvimento do semiárido brasileiro. Não se trata apenas de opções políticas diferentes quanto a uma problemática regional. Percebe-se que estas duas perspectivas, a de combate à seca e a da convivência com o semiárido, estão estreitamente articuladas com diferentes paradigmas de desenvolvimento que informam sobre as percepções que diferentes agentes possuem sobre aquela realidade (SILVA, 2003).

Todavia, para Silva (2003), a convivência com a seca perpassa a melhoria da qualidade de vida da população aliada a construção de novas perspectivas sobre o meio ambiente. Caso contrário, o discurso da convivência torna-se vazio sem dar respostas à situação da miséria que prevalece no semiárido.

Portanto, como contraponto às ações estatais de combate à seca, a expressão “convivência com o semiárido” busca promover uma harmonização entre as pessoas e o ambiente onde vivem, utilizando como gatilho as ideias de sustentabilidade e de

economia solidária. Mudança pragmática que tem início com a atuação de ONG 's, mas que atualmente conta com a presença do Estado que se apropriou da ideia (PEREIRA, 2016).

A principal mudança discursiva observada, que também repercute nas ações normativas, tem por base a passagem da concepção de meio ambiente marcado por secas inevitáveis e uma sociedade fadada pelo fatalismo, para o meio ambiente como inspiração na qual a sociedade pode melhorar a sua qualidade de vida e coexistir com o fenômeno das secas. Como resultado desse processo as representações territoriais são ressignificadas. “Saem de cena os solos rachados e uma população faminta para dar lugar ao semiárido que, se bem cuidado, pode ser verde e produtivo” (PEREIRA, 2016, s/p).

Em linhas gerais, a problemática da irregularidade pluviométrica associada às ações de combate à seca tem dado lugar a um novo discurso paradigmático de convivência com a seca. Segundo Costa (2013) essa nova perspectiva busca apresentar alternativas viáveis para solucionar os problemas advindos da seca, com o intuito de possibilitar uma vida digna e a permanência das pessoas no local em que vivem. O caminho proposto leva em consideração o desenvolvimento de tecnologias sociais (TS) atreladas à característica regional, que tem como uma das suas funções, garantir o acesso à água para consumo e para a produção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos dizer que a construção do fenômeno das secas enquanto “enfermidade” territorial encontra um terreno fértil para se desenvolver a partir das ações de interiorização e integração do território nacional que colocou em evidência o caráter dual do fenômeno, que se manifesta a partir de condicionantes naturais da região semiárida, sobretudo, climáticas, mas também, socioculturais, que se imbricam quando nos debruçamos sobre os problemas ocasionados pelos longos períodos de estiagem que vão além da questão do abastecimento hídrico, com o aumento da migração, do desemprego e da violência.

Nesse sentido, superar o construto sociocultural do semiárido como problema social perpassa a desconstrução dos discursos que deram visibilidade e conformaram esse ideário no imaginário popular geral. O caminho para a ressignificação desse



território seria a desconstrução do discurso de combate à seca para a concepção de convivência com a seca, com a valorização local, da diversidade cultural e da identidade territorial.

Os paradigmas contemporâneos fundamentam-se num conjunto de iniciativas que abarcam desde práticas produtivas apropriadas a região até ações educativas que possibilitam uma relação de sustentabilidade entre homem-natureza, diferindo dos modelos desenvolvimentistas anteriores que preconizavam a dominação da natureza, tendo em vista que os problemas hídricos na região não se restringem ao balanço entre a oferta e a demanda de água, envolvem suas particularidades geoambientais e socioculturais.

Nesse contexto, inúmeros são os desafios para a ressignificação territorial da região Nordeste, e sobretudo, do semiárido nordestino. Podemos dizer que o principal desses desafios é uma mudança na forma de gerenciamento do fenômeno da seca, que sempre foi realizada de forma compartimentada e não integrada. A premissa de convivência com a seca permite a implantação de uma gestão integrada e sistêmica que considere todos os atores envolvidos no processo, além da garantia da conservação e recuperação da biodiversidade existente na região e melhoria dos serviços de saneamento ambiental através de ações de educação ambiental.

Portanto, apesar das limitações naturais, o semiárido nordestino possui uma infinidade de potencialidades que se dinamizadas por meio de políticas efetivas e técnicas adequadas, podem conduzir a um processo de desenvolvimento sustentado capaz de elevar a qualidade de vida da população nordestina, através de hábitos coletivos de captação e uso mais eficiente da água disponível, com o desenvolvimento da região.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. Dossiê nordeste seco nordeste sertanejo: a região semiárida mais povoada do mundo. **Revista Eletrônica Estudos Avançados**, São Paulo, v. 13, n. 36, 1999. Disponível em: <http://anpocs.com/index.php/estudos-avancados/user-item/6615-revista-estudos-avancados/3304-nordeste-sertanejo-a-regiao-semi-arida-mais-povoada-do-mundo>. Acesso em: 04 set. 2021.
- ALVES, J. **História das secas (século XVII a XIX)**. 2018. Disponível em: <http://www.colecaomossoroense.org.br>. Acesso em: 05 set. 2021.

- CARVALHO, L. D. **Ressignificação e reapropriação social da natureza:** práticas e programas de convivência com o semiárido no território do Juazeiro – Bahia. 2010. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010. Disponível em: http://ri.ufs.br/bitstream/riufs/5476/1/LUZINEIDE_DOURADO_CARVALHO.pdf. Acesso em: 01 set. 2021.
- CARVALHO, J. O.; EGLER, C. A. G. **Alternativas de desenvolvimento para o Nordeste semiárido.** Fortaleza: BNB, 2003.
- CAVALCANTE, M. B.; SILVA, G. R. Gerenciamento dos recursos hídricos para a convivência com o semiárido nordestino. *In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO*, 2016, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize, 2016. Disponível em: <http://editorarealize.com.br/index.php/edicao/detalhes/anais-i-conidis?page=25>. Acesso em: 30 ago. 2021.
- COSTA, A. B. *et al.* **Tecnologia Social e Políticas Públicas.** São Paulo: Instituto Pólis, 2013.
- GARCIA, C. **O que é o Nordeste brasileiro.** São Paulo: Editora brasiliense, 1984.
- GARJULLI, R. Os recursos hídricos no semiárido. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 38-39, 2003. Disponível em: cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400021. Acesso em: 05 set. 2021.
- MELO, M. L. Bases geográficas dos problemas do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia**, n. 4, p. 503-541, 1962. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1962_v24_n4.pdf. Acesso em: 05 set. 2021.
- MELO, P. P. A importância dos estudos climáticos para a história ambiental. **Cadernos de História**, v. 8, n. 8, 2011. Disponível em: <http://periodicos.ufpe.br/revistas/cadernosdehistoriaufpe/article/download/110043/21966>. Acesso em: 01 set. 2021.
- PEREIRA, S. As representações territoriais e o processo de gestão do semiárido brasileiro (*Sertão*), 1985-2016. **L'Ordinaire des Amériques**, n. 221, 2016. Disponível em: <http://journals.openedition.org/orda/3032>. Acesso em: 05 set. 2021.
- SANTOS, L. S. **Desconstruindo a aridez:** dizeres e práticas da convivência com o semiárido na resignificação do território. 2012. Dissertação (Mestrado em Cultura e Sociedade) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/23701>. Acesso em: 28 ago. 2021.



SILVA, R. M. A. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semiárido. **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 18, n. 1/2, p. 361-385, 2003. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/sociedade/article/download/5041/4573/8960>. Acesso em: 01 set. 2021.

SOBRAL, M. *et al.* Avaliação do Sistema de Monitoramento da Água em Bacias Hidrográficas Tropicais no Nordeste do Brasil. **Gestão de bacias hidrográficas e bacias hidrográficas** - IWA. Edimburgo, 2002.

SOBRAL, M. C. M. Estratégia de gestão dos recursos hídricos no semiárido brasileiro. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 76-82, 2011. Disponível em: www.revistarede.ufc.br/rede/issue/view/8. Acesso em: 30 ago. 2021.

CAPÍTULO III

REVISÃO EM ESTUDOS AMBIENTAIS: RESERVA LEGAL E ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS1051-3

Bruno Marcos Nunes Cosmo¹
Tatiani Mayara Galeriani²
Willian Aparecido Leoti Zanetti³
Adolfo Bergamo Arlanch⁴
Bruno César Góe⁵
Gabriel Lima Barbosa⁶

¹ Doutorando em Agricultura (Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

² Doutoranda em Agricultura (Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

³ Doutorando em Agronegócio e Desenvolvimento. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

⁴ Doutorando em Irrigação e Drenagem (Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

⁵ Doutor em Agronegócio e Desenvolvimento. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

⁶ Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

RESUMO

O elevado crescimento populacional e o desenvolvimento das cidades, tem proporcionado grandes modificações na paisagem natural. Estas modificações muitas vezes são referentes aos processos de degradação dos recursos ambientais e adoção de práticas irregulares tanto na produção agrícola, como no desenvolvimento industrial e urbano. As práticas agrícolas, assim como a construção de edifícios, implantação de estradas e afins, são fundamentais para o desenvolvimento da humanidade, porém, devem ser regidas por aspectos legais que buscam um equilíbrio com a preservação do meio ambiente. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo elaborar uma análise na forma de revisão bibliográfica sobre as alterações na legislação florestal, com ênfase nas Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL). A revisão inicia pela caracterização das políticas públicas voltadas à preservação ambiental e sua inserção nas esferas governamentais federal, estadual e municipal. Em seguida são apresentadas informações para definição e caracterização das áreas de preservação permanente e reservas legais, buscando descrever princípios e aplicações do Código Florestal para as mesmas. Na sequência a revisão direciona-se para cada uma destas áreas, apresentando suas especificidades, possível sobreposição e demais informações em concordância ao Código Florestal. No decorrer da revisão são inseridos outros conceitos como corredores ecológicos, módulos fiscais, servidão ambiental e afins que devem ser compreendidos na diferenciação das áreas de preservação permanente e reservas legais. Conclui-se que a compreensão destes conceitos preenche lacunas para o planejamento e reivindicação destas áreas nos ambientes rurais e urbanos e o Código Florestal apresenta-se como a forma de regulamentar e assegurar o menor impacto possível ao meio ambiente, mas garantindo o desenvolvimento adequado das atividades antrópicas.

Palavras-chave: Regulamentação ambiental. Código florestal. Legislação.

1. INTRODUÇÃO

Com a expansão dos centros urbanos e de áreas agrícolas destinada à produção de alimentos, podem ocorrer grandes ameaças ao meio ambiente. Necessitando refletir sobre a conservação dos recursos naturais e buscar alternativas para delimitar as mudanças relacionadas ao uso da terra em áreas de importante conservação, instituindo limites às ações humanas, como forma de preservar a biodiversidade (MORAES, 2015).

Estas necessidades resultaram no surgimento do código florestal em 1934, mostrando que a conservação das florestas e dos ecossistemas naturais é um fator de interesse geral, pois são elas que garantem serviços ambientais básicos (regulação do ciclo das chuvas, proteção da biodiversidade, polinização, controle de pragas, controle do assoreamento de rios e o equilíbrio do clima) que sustentam a vida e a economia de todo o país (CARVALHO, 2014). Considerado um conceito que veta a ocupação urbana ou agrícola de áreas de risco (sujeitas a inundações e deslizamentos de terra). Determinando a obrigação de se preservar áreas sensíveis e de se manter uma parcela da vegetação nativa no interior das propriedades rurais (Áreas de Preservação Permanentes e Reserva Legal) (LOPES; TASSIGNY; TEIXEIRA, 2017)

Estas áreas desencadearam conceitos importantes, como a implantação dos termos Reserva Legal (RL), que são caracterizadas por áreas de vegetação natural em um imóvel rural, com intuito da utilização economicamente sustentável dos recursos naturais do imóvel e as Áreas de Preservação Permanente (APP), que são áreas protegidas, com propósito de garantir a preservação dos recursos hídricos, a paisagem, a biodiversidade e etc. Definições relevantes à recuperação e preservação do meio ambiente (BORGES et al., 2011).

A atual Lei que rege o código florestal – Lei 12.651 de 25/05/2012 dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, esta Lei altera as Leis nºs 6.938, de 31/08/1981, 9.393, de 19/12/1996, e 11.428, de 22/12/2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15/09/1965, e 7.754, de 14/04/1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24/08/2001 entre outras providências (BRASIL, 2012a; BRASIL, 2012b).

O Código Florestal é uma importante ferramenta que busca assegurar o mínimo impacto relacionado ao meio ambiente, como forma de preservar os recursos naturais



para as gerações presentes e futuras do país. Garantindo a necessidade de preservação e regulamentação para adoção dos termos legais (COSTA; OLIVEIRA; SANTOS, 2018).

Nesse princípio o estudo teve como objetivo, elaborar uma análise atualizada em formato de revisão, diante das contínuas, sucessivas e expressivas alterações na legislação florestal pertinente, identificando as condições técnicas que competem à situação de Área de Preservação Permanente e de Reserva Legal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTUDOS AMBIENTAIS

2.1.1. ÁREAS CONSOLIDADAS

Os conceitos de Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) se enquadram em mais de uma categoria de área: integrando também o conceito de áreas consolidadas. Definidas como as áreas de APPs, Reserva legal e/ ou áreas ocupadas pelo homem com edificações, consolidação de melhorias, agrossilvipastoris (com adoção do sistema de pousio) ou turismo rural, estabelecidas no período anterior à 22 de julho de 2008. Exemplos dessas áreas são classificadas como várzeas ocupadas por atividades agrícolas, como o arroz, encostas com café, uva, aviários e outros (ANTUNES, 2015).

Esse conceito surgiu na consolidação do Novo Código Florestal com a finalidade de estabelecer conflitos ou irregularidades, perante as alterações presentes nas legislações ambientais, delimitando principalmente as pequenas propriedades e para aquelas em que as políticas agrícolas anteriormente vigentes permitiam exploração, como exemplo, as áreas de cerrado (AZEVEDO; OLIVEIRA, 2014). Essas áreas podem ser mantidas e ainda continuar com as atividades, desde que sejam atendidas algumas condições e regulamentações. Garantindo medidas de não oferecimento de riscos à população e ao meio ambiente, cumprindo alguns critérios que dizem respeito à conservação do solo e da água, padrões estes que deverão ser indicados pelo Programa de Regularização Ambiental (PRA) (PEREIRA et al., 2013).

Atribuindo que é proibido utilizar novas APPs e RL, além das ocupadas antes de 22/07/2008. Para fiscalização da situação da área, o órgão ambiental poderá utilizar imagens de satélites armazenadas em seus arquivos antes de 22/07/2008. Estabelecendo que situações em que as áreas não se enquadram em áreas consolidadas,

tanto em APP quanto em RL será necessário iniciar os processos de recuperação dessas áreas, conforme orientações do órgão ambiental (WOLLMANN; BASTOS, 2015).

Desta forma, para os produtores rurais o conhecimento destes termos garante não apenas estruturar sua propriedade conforme as normas legislativas, mas também assegurar a exata metragem que determina o código florestal, ficando isento da criminalização e estando em dia com os órgãos fiscalizadores para as APPs, RL ou de uso restrito (ANSOLIN et al., 2018).

2.1.2. DIFERENÇAS ENTRE RESERVA LEGAL E ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Muitas vezes os conceitos de reserva legal e área de preservação permanente (APP) causam problemas de compreensão. No entanto, a diferença entre esses termos está na definição dos limites de uso de terras pelos produtores rurais, a partir das normas de sustentabilidade. Derivando na competência de suas notabilidades jurídicas distintas, desenvolvidas a partir do contexto de Direito Ambiental (SILVA et al., 2016).

A Reserva Legal representa a área no interior da propriedade ou de posse rural, com possível exploração, desde que respeitados os limites estabelecidos. Definindo demarcações em porcentagens de vegetação que devem ser conservadas, como forma de assegurar sustentavelmente os recursos naturais e zelar pela biodiversidade nativa, de acordo com a região ou bioma. Para evitar o desgaste exagerado, ou seja, evitar a degradação (manejo insustentável) (LIMA; FERREIRA, 2018).

Em contrapartida, a Área de Preservação Permanente é definida como a área protegida por Lei (cobertas ou não por vegetação nativa), com a finalidade de garantir a preservação de áreas nativas, os recursos hídricos, a estabilidade geológica, a biodiversidade, a fauna e a flora. As APPs devem existir tanto em áreas públicas, quanto privadas, como em áreas urbanas. Proporcionando aos seres vivos a estabilidade e segurança como resultado de preservar o meio ambiente e manter o seu bem-estar (OLIVEIRA; REIS, 2017).

Em síntese, esses termos se distinguem basicamente, pela reserva legal permitir uma porcentagem de exploração, deste que seja estabelecido limites sustentáveis. Já o conceito de APPs é delimitado como áreas vedadas pela exploração, com ressalva para

fins de pesquisas biológicas, preservação e reflorestamento (PELUZIO; SANTOS; FIEDLER, 2010).

2.1.3. MÓDULO FISCAL

O termo de Módulo Fiscal foi introduzido pela Lei nº 6.746/79, de estabelecimento de imposto em relação a propriedades territoriais rurais que se enquadram nos critérios de progressividade e regressividade. Definindo como uma norma que instaura os direitos e atribuições referentes à imóveis rurais, em termos de competências aferidas pela reforma agrária e impulso da política agrícola nacional. Expressando como a unidade de medida de área, em hectares (ha), cujo valor é estabelecido pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), para cada município, considerando particularidades locais (NASCIMENTO; GOMES, ARAÚJO, 2015), sendo elas:

- A) O padrão de exploração predominante (hortifrutigranjeira, cultura permanente ou temporária, florestal ou pecuária);
- B) A arrecadação atingida com o tipo de exploração predominante;
- C) Outras categorias de explorações presentes no município que, independentemente de não serem predominantes, são relevantes para renda ou da área utilizada;
- D) O conceito de "propriedade familiar".

No Brasil os valores definidos para módulo fiscal variam de 5 a 110 ha. Porém a proporção fixada varia de acordo com o município onde se localiza a propriedade (EMBRAPA, 2019a). Esses valores representam a área mínima fundamental para indicar a viabilidade econômica de uma unidade produtiva. Refletindo no valor da alíquota no cálculo do ITR (Imposto Territorial). Sua categorização de imóveis rurais é estabelecida pela Lei nº 8.629/1993 (Art. 4, II e III), definindo imóveis com área entre 1 e 4 módulos fiscais delimitada como pequena propriedade, com área superior a 4 e até 15 módulos fiscais como média propriedade, já imóveis com área superior a 15 módulos fiscais com classificação de grande propriedade. Definindo minifúndio áreas com módulo fiscal inferior a 1 (EMBRAPA, 2019a).

Com análise aos princípios do Código Florestal, o módulo fiscal é imprescindível para delimitação de áreas suscetíveis à exploração de APPs, além de assegurar eventuais atribuições de recomposição de vegetação (ARAÚJO; MATIAS, 2017).



2.1.4. CORREDORES ECOLÓGICOS

São caracterizados como as faixas de vegetação ou habitat nativo com a finalidade de interligar remanescentes separados, proporcionando a locomoção de animais, distribuição de sementes, além de garantir a preservação da cobertura vegetal. Atuando como ferramenta para manutenção das espécies, pela redução da extinção, uma vez que geram a recolonização de segmentos nos quais ligam-se populações, resultando no crescimento das possibilidades de manutenção de inúmeras espécies (FONSECA et al., 2012; MENDONÇA, 2019).

Os corredores ecológicos são regulamentados pela Lei 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. O seu emprego e delineamento são estabelecidos no domínio da Unidade de Conservação, com o intuito de promover a inserção entre a vida econômica e social dos grupos vizinhos. Reduzindo os impactos promovidos pelas ações humanas perante o meio ambiente e procurando um arranjo entre as atividades ecológicas e humanas no mesmo território (BRASIL, 2019).

2.2. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

O termo foi estabelecido pela Lei n. 12.651/2012, definindo toda área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com o intuito ambiental de assegurar os recursos hídricos, paisagem, estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012a; ALMEIDA; PAULA, 2014). Proporcionando a redução das atividades de impacto provocadas pelas ações do homem ao ambiente. Sustentando a sua importância na preservação da fauna e flora, de acordo com a categorização quanto a sua localização (SCHÄFFER et al., 2011): i) Em marginais de qualquer curso de água natural; ii) Nos entornos das nascentes, olhos d'água perenes, lagos e lagoas naturais e no entorno de reservatórios d'água artificiais; iii) Nas encostas ou em partes destas com declividade superior a 45°; iv) Nos topos de morros, montanhas e serras; e v) Áreas em altitude superior a 1.800 metros.

No desenvolvimento e classificação em áreas consideradas consolidadas de APP, a Lei 12.651/2012, instituiu normas transitórias, retratando as proporções mínimas a serem recompostas com intuito de assegurar e garantir a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos relacionados a ela. Desenvolvendo regras de recomposição das APPs,



conforme o tamanho da propriedade em módulos fiscais e às características associadas, como pode ser visualizado nas Tabelas 1 e 2 (EMBRAPA, 2019b).

Tabela 1 – Recomposição das Áreas de Preservação Permanente (APP) nas faixas marginais de qualquer curso d'água natural (mata ciliar de beira de rio)

Área da Propriedade em Módulos Fiscais	APP dos rios com menos de 10 m	APP de rios com mais de 10 m
0 – 1	5	5
1 – 2	8	8
2 – 4	15	15
4 – 10	20	Metade da largura do curso de água, observando no mínimo 30 e máximo 100 m
Acima de 10	Metade da largura do curso da água, observando o mínimo de 30 m e máximo de 100 m	

Fonte: Adaptado de Embrapa (2019b).

Tabela 2 – Recomposição em volta de nascentes e olhos d'água perenes, veredas, lagos e lagoas naturais

Tamanho da Propriedade em módulos fiscais	Nascentes e olho de águas perenes (m)	Veredas (m)	Lagos e lagoas naturais (m)
Até 1	15	30	5
De 1 a 2	15	30	8
De 2 a 4	15	30	15
Acima de 4	15	50	30

Fonte: Adaptado de Embrapa (2019b).

2.2.1. REGULAMENTAÇÃO DOS IMÓVEIS RURAIS

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) surgiu para contribuir com a Administração Pública do sistema de regulamentação ambiental de propriedades e posses rurais, segundo a lei 12.651/2012 no domínio do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA). Caracterizando-se como um registro eletrônico obrigatório para os imóveis rurais de todo o país, seja ele público ou privado, extensões de povos indígenas, assentamentos de reforma agrária e comunidades tradicionais. Com a finalidade de compor base de dados ambientais, para auxiliar no monitoramento, planejamento e combate ao desmatamento (PIRES, 2013).

Esse cadastro tem como objetivo relacionar à integralização de informações ambientais das propriedades e posses rurais, para compor a base de dados e garantir a fiscalização, cadastrando APP, RL, Áreas de Usos Restritos (pantaneais e planícies pantaneiras), florestas e remanescentes de vegetação nativa (SEBRAE, 2017; MMA, 2019).

É um cadastro indispensável para aderir ao programa de Regularização Ambiental (PRA), pois o programa tem o objetivo de adequar-se à nova legislação, regulamentando as APP e Reserva Legal consolidadas, desde que não estejam em áreas de risco e sejam observados critérios técnicos de conservação de água e solo (SILVA; FREIRIA, 2019).

A inscrição do CAR para regulamentação é realizada nos órgãos ambientais municipais ou estaduais. Os sindicatos rurais informarão sobre as instituições credenciadas, sendo a inscrição gratuita e online, utilizando plataformas de órgãos estaduais que adotam o próprio sistema integrado ao Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) (SICAR, 2019).

O preenchimento do CAR pode ser realizado pelo produtor, sozinho ou buscando ajuda em sindicatos rurais e no Senar, ou até mesmo contratando um profissional especializado no cadastramento. No qual, necessitará de documentos que atestem a propriedade ou a posse rural, identificação do imóvel rural, do delineamento do perímetro do imóvel, para classificar as áreas de remanescentes de vegetação nativa, APPs e RL, além das áreas de uso restrito e consolidadas quando existentes (SEBRAE, 2017; MMA, 2019).

Os proprietários que tiveram multas antes de 22/07/2008 por terem utilizado a APP e RL, deverão se inscrever no CAR, aderir ao PRA, assinar um termo de compromisso para regularização, se comprometendo com a recuperação da área ocupada irregularmente. Durante o cumprimento do termo de compromisso, o proprietário não poderá ser autuado por infrações cometidas antes de 22/07/2008. Desde que o proprietário cumpra as condições estabelecidas no termo de compromisso, as multas serão aplicadas (convertidas) como serviços de melhoria e recuperação do meio ambiente (EUGÊNIO et al., 2017).

A regulamentação das propriedades garante ao proprietário do imóvel, inúmeros benefícios, como obtenção de licenças ambientais, comprovação da regularidade ambiental, segurança jurídica, suspensão de sanções, acesso a créditos e programas de regularização ambiental, planejamento, comprovar regularidade ambiental, planejamento do imóvel, conquistar certificações de mercado, etc. Além de garantir a regularização do imóvel e evitar sanções, como advertências e multas ao proprietário (FELIPPE; TRENTINI, 2018).

2.2.2. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE URBANA

Conceito instituído pelo Código Florestal, Lei nº 4.771 de 1965, que regulamenta espaços territoriais legalmente protegidos em áreas urbanas cobertas ou não por vegetação nativa. Ressaltando que as principais funções ou serviços instaurados dentro de centros urbanos relacionados as APPs são (MMA, 2019): i) Prevenção do uso e ocupação de encostas e topos de morro, inadequados; ii) Proteção dos corpos d'água, evitando enchentes, poluição e assoreamento; iii) Prevenção contra inundações e enxurradas; iv) Refúgio para a fauna. Corredores ecológicos que facilitam o fluxo de fauna e flora, especialmente entre áreas verdes situadas no perímetro urbano e proximidades; e v) Redução de desequilíbrios climáticos urbanos, como o excesso de calor, desconforto térmico e ambiental e as ilhas de calor.

A conservação das APP em meio urbano proporciona o importante reconhecimento da paisagem e do patrimônio natural e construído. Garantido a sociedade funções sociais e educativas, áreas de lazer e recreação, oportunidades de encontro, proximidade com a natureza e educação ambiental. Proporcionando às pessoas residentes nos centros urbanos uma qualidade maior, além de preservar o seu bem-estar e saúde (ALVES; FERREIRA, 2016).

Os impactos indesejáveis do desenvolvimento desestruturado da urbanização, em decorrência de apropriações irregulares e o uso indevido dessas áreas, proporciona a redução e degradação de APPs, necessitando de medidas políticas, como (MMA, 2019): i) Criação do sistema integrado de gestão de Áreas de Preservação Permanente urbanas; ii) Apoio a novos modelos de gestão de APP urbanas, com participação das comunidades e parcerias com entidades da sociedade civil; e iii) Definição de normas para a instalação de atividades compatíveis com essas áreas.

2.3. RESERVA LEGAL

Definida pela Lei 12.651/2012, como a área estabelecida no interior de uma propriedade ou posse rural, com o intuito de proporcionar o emprego econômico e sustentável dos recursos naturais incorporados no imóvel rural, como forma de colaborar para a conservação e restauração dos sistemas ecológicos, favorecendo a preservação da biodiversidade e proteção da fauna e flora (SOARES FILHO et al., 2014).



A RL fundamenta um marco no combate ao desmatamento em áreas privadas, concedendo maior conscientização de proprietários, pois o uso irregular está sujeito a multa, apreensão, interdição de suas atividades, entre outras penalidades. Considerando os órgãos responsáveis pela averbação da RL, são as Agências Ambientais da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) e os Centros Técnicos Regionais (CTR) da Coordenadoria da Biodiversidade e Recursos Naturais (CBRN) da Secretário do Meio Ambiente (SMA) (POLIZIO JUNIOR, 2012; MUKAI, 2013).

A proporção em termos percentuais inerentes à área do imóvel, ao qual pode ser provido pela exploração comercial seguindo fundamentos sustentáveis de manejo florestal, conforme os limites estabelecidos por lei, está relacionada ao bioma em que a propriedade está fixada (LIMA; FERREIRA, 2018): i) 80% do imóvel situado em áreas de florestas localizada na Amazônia Legal; ii) 35% no imóvel situado em área de cerrado inseridos nos estados que integram a Amazônia Legal; e iii) 20% no imóvel situado em área de campos gerais situado na Amazônia Legal e para as demais regiões do país.

Observando que imóveis com até 4 módulos fiscais ficam isentos da reserva legal. No entanto deve-se atentar aos valores de módulos fiscais, devido a sua variação de região para região, pois a isenção de propriedades menores que 4 módulos fiscais têm por objetivo proteger a agricultura familiar e os pequenos produtores (SOARES FILHO, 2014). Para imóvel rural com RL de dimensão inferior ao estabelecido após 22/07/2008, existem alternativas de regularização, como compensação, recompondo a RL com plantio de mudas ou regeneração natural da vegetação (OLIVEIRA; DANI; BARROS, 2011).

A RL decorre de diversos fatores, como o zoneamento ecológico, bacia hidrográfica, construção de corredores ecológicos associados com outra RL, unidade de conservação, APPs etc. Devendo o produtor especificar a localização pretendida para implantação junto ao órgão ambiental, para análise e aprovação segundo a legislação. Ressaltando que proprietários com RL instituída e firmada no CAR, com características de área maior que o mínimo exigido, poderá conceder a área remanescente para a servidão ambiental (SILVA; FREIRIA, 2019).

2.3.1. SERVIDÃO AMBIENTAL

Este conceito surgiu a partir da lei 11.284/06 anexando o Art. 9º à Lei 6.938/81, ao qual consiste na renúncia, em termos permanentes ou temporários, totalmente ou parcialmente, de forma voluntária de um proprietário sobre a área que excede o mínimo exigido de RL para outro proprietário rural que em seu imóvel não possui a área mínima de RL. Para este ato ser válido, deve ser averbada na matrícula dos imóveis em questão (GOMES, 2018).

Dessa forma a validação do instrumento ou termo de instituição da servidão ambiental deve abranger no mínimo, os pontos (SICAR, 2019): i) Requerimento descritivo da área de servidão ambiental; ii) Objeto da servidão ambiental; iii) Direitos e deveres do proprietário ou possuidor instituidor; e iv) Período ao qual a área perdura como servidão ambiental.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Encontram-se lacunas metodológicas que devem ser consideradas e habituadas às realidades ambientais, devendo considerar as particularidades de cada área. Pois o meio ambiente oferece aos seres vivos as condições essenciais para a sua sobrevivência e evolução. No entanto, a sociedade continua desenvolvendo suas atividades socioeconômicas sem avaliar as possíveis consequências ao meio ambiente, e dessa forma, destroem irracionalmente as bases de sua própria sustentação.

A partir desse princípio o Código Florestal surgiu com a idealização de regulamentar e atender as necessidades da população brasileira em geral, procurando impactar o mínimo possível a biodiversidade e assegurar as atividades relacionadas às ciências agrárias. O que torna importante o conhecimento dos termos que regem as políticas ambientais nas áreas que são preservadas, manejadas, reflorestadas etc. para estar em dia com as leis que regulam e asseguram as condições legais e ambientais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M.; PAULA, E. V. Delimitação das áreas de preservação permanente de topo de morros, montes, montanhas e serras na Bacia do Rio Sagrado (Morretes - PR), conforme diferentes interpretações do código florestal brasileiro. In: SIMPÓSIO



NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 10., 2014, Manaus. **Anais....** Manaus: UFAM, 2014.

ALVES, G. M. R.; FERREIRA, M. F. M. Uso do solo em áreas de preservação permanente (APP) na bacia do Córrego do Pântano, município de Alfenas-MG. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v.6, n.4, p.329-337, 2016.

ANSOLIN, R. D.; SANTOS, K. S. M.; FERNANDES, A. P. D.; SCHINATO, F. Valoração ambiental em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Passaúna, Estado do Paraná. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.17, n.1, p.118-127, 2018.

ANTUNES, P. B. Áreas de Preservação Permanente Urbanas: O Novo Código Florestal e o judiciário. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, v.52, n.206, p.83-102, 2015.

ARAÚJO, L. S.; MATIAS, L. F. Áreas de preservação permanente no município de Indaiatuba (SP). **Revista Geografar**, Curitiba, v.12, n.2, p.196-214, 2017.

AZEVEDO, R. E. S. de; OLIVEIRA, V. P. V. de. Reflexos do novo Código Florestal nas Áreas de Preservação Permanente – APPs – urbanas. **DMA**, Curitiba, v.29, p.71-91, 2014.

BRASIL. Lei nº6.938, 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. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília DF, p.16509, 02 set. 1981.

BRASIL. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Decreta o código florestal. Brasília, DF, 1934. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília DF, p.2882, 09 fev. 1934.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília DF, p.1, 28 maio 2012a.

BRASIL. Lei n. 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. 2012b. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília DF, p.1, 18 out. 2012b.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**: Corredores ecológicos. 2019. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/corredores-ecologicos>. Acesso em: 18 set. 2019.

- COSTA, J. S.; OLIVEIRA A. L.; SANTOS, N. T. Preservação e Conservação Ambiental: significando a proteção do meio ambiente. **RELACult**, Jaguarão, v.4, edição especial, p.1-14, 2018.
- CARVALHO, E. F. Código Florestal, Relative Verfassungswidrigkeit “and” die Unterschiedlichkeit der Regelung: o tiro pode sair pela culatra. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, v.19, n.75, p.261-287, 2014.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Módulos Fiscais**. 2019a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>. Acesso em: 20 set. 2019.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Área de Preservação Permanente (APP)**. 2019b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/entend-a-o-codigo-florestal/area-de-preservacao-permanente>. Acesso em: 18 set. 2019.
- EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; FIEDLER, N. C.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, A. G.; SOARES, V. P.; GLERIANI, J. M. Mapeamento das áreas de preservação permanente do estado do Espírito Santo, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.27, n.3, p.897-906, 2017.
- FELIPPE, D.; TRENTINI, F. O conceito de área rural consolidada no código florestal de 2012: principais controvérsias. **Revista de Direito Agrário e Agroambiental**, v.4, n.1, p.77-93, 2018.
- FONSECA, R.; COSTA, L. A.; TELLO, J. C. R. MEDEIROS, C. M. Estudo de caso do corredor ecológico e urbano do Mindu: Mapeamento de passivos ambientais do parque municipal do Mindu, Manaus- AM. **Revista da SBAU**, Piracicaba, v.7, n.2, p.1-9, 2012.
- GOMES, M. K. Servidão ambiental e os instrumentos econômicos no marco legal brasileiro **Revista Direito & Desenvolvimento da UNICATÓLICA**, Quixadá, v.1, n.1, p.84-98, 2018.
- LIMA, F. W. Novo Código Florestal: desobrigação quanto à averbação da reserva legal na matrícula do imóvel. **Revista Jurídica**, Curitiba, v.1, n.50, p.343-373, 2018.
- LOPES, A. M. D.; TASSIGNY, M. M.; TEIXEIRA, D. M. Redução das áreas de preservação permanente de recursos hídricos pelo novo código florestal e o princípio da proibição proteção deficiente. **Revista da Faculdade de Direito da UFG**, v.41, n.1, p.46-65, 2017.
- MENDONÇA, M. V. **Corredor ecológico entre as áreas protegidas de Carajás e da Terra do Meio, Pará**. 2019. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.



- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas de Preservação Permanente Urbanas**. 2019. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/%C3%A1reas-de-prote%C3%A7%C3%A3o-permanente.html>. Acesso em: 20 set. 2019.
- MORAES, L. C. A. Políticas públicas: Ecoturismo x preservação dos recursos naturais. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.8, n.4, p.444-461, 2015.
- MUKAI, T. **O novo código florestal**: notas à Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, com as alterações da Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012, de 17 de outubro de 2012. Rio de Janeiro: Forense, 2013. 162p.
- NASCIMENTO, M. M.; GOMES, L. J. ARAÚJO, H. M. O uso do módulo fiscal como parâmetro na Lei de Proteção da Vegetação Nativa brasileira. **Scientia Plena**, Sergipe, v.11, n.5, p.1-10, 2015.
- OLIVEIRA, A. B.; DANI, F. A.; BARROS, D. S. As reservas legais e as áreas de preservação permanente como limitadoras do direito de propriedade e sua destinação econômica. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, v.14, n.92, p. 2011.
- OLIVEIRA, V. M. M.; REIS, L. M. M. Conflitos em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Pitimbu-RN: proposta de um indicador institucional de sustentabilidade. **GUAJU**, Matinhos, v.3, n.1, p.91-110, 2017.
- PIRES, M. O. **O cadastro ambiental rural**: Das origens às perspectivas para a política ambiental. Brasília: Conservação Internacional, 2013.
- PELUZIO, T. M. O; SANTOS, A.R; FIEDLER, N.C. **Mapeamento de áreas de preservação permanente no ArcGIS 9.3**. Alegre: CAUFES, 2010.
- POLIZIO JUNIOR, V. **Código florestal** - Comentado, anotado e comparado. São Paulo: Rideel, 2012.
- SCHÄFFER, W. B.; ROSA, M. R.; AQUINO, L. C. S.; MEDEIROS, J. D. **Áreas de preservação permanente e unidades de conservação e áreas de risco**. O que uma coisa tem a ver com a outra, Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília: MMA, 2011.
- SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadastro ambiental rural**: Como regularizar sua propriedade. Cuiabá: Sebrae, 2017. 38p.
- SILVA, R. G.; FARIA, R. A. V. B.; MOREIRA, L. G.; PEREIRA, T. L.; SILVA, C. H.; BOTELHO, S. A. Avaliação do processo de restauração de área de preservação permanente degradada no sul de Minas Gerais. **RAMA**, Maringá, v.9, n.1, p.147-162, 2016.



SILVA, J. D. B. F.; FREIRIA, R. C. O cadastro ambiental rural (CAR): Análise do código florestal em estudo de caso do município de Limeira – SP. **GeAs**, v.8, n.2, p.386-401, 2019.

SICAR - SISTEMA DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL. **Reserva Legal**. 2019. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/sicar/reserva-legal/>. Acesso em: 13 set. 2019.

SOARES FILHO, B.; RAJÃO, R. MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v.344, n.6182, p.363–364, 2014.

WOLLMANN, L. M. BASTOS, L. C. Novo código florestal e reserva legal em propriedades rurais do município de Porto Alegre/RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.3, p.412-417. 2015.

CAPÍTULO IV

FLORESTAS SECUNDÁRIAS DA AMAZÔNIA CONTINENTAL: DEPOSIÇÃO E ESTOQUE DE SERAPILHEIRA AO LONGO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS1051-4

Julia Isabella de Matos Rodrigues¹
Victor Pereira de Oliveira²
Walmer Bruno Rocha Martins³
Juliana Monteiro Favacho⁴
José Rozendo de Lima Silva⁴
Marcos Alexandre Vieira Nascimento Filho⁴
Francisco de Assis Oliveira⁵

¹ Graduanda do curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

² Doutorando em Ciência de Florestas Tropicais. Programa de Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia – INPA

³ Pós doutorando em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará - UEPA

⁴ Graduandos em Engenharia Agrônoma. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

⁵ Doutor em Ciências Florestais. Professor Adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

RESUMO

A serapilheira é diretamente responsável pela manutenção dos ecossistemas amazônicos, especialmente das florestas secundárias amazônicas, por isso sua quantificação auxilia na tomada de decisão para o manejo florestal. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi compilar as informações referentes ao estoque e à deposição de serapilheira e nutrientes publicadas nos últimos 40 anos (1980 – 2020) na Amazônia Continental. Para isso, analisou-se todos os artigos de pesquisa realizado em ecossistemas sucessionais amazônicos. Contabilizou-se um total de 37 artigos científicos no período avaliado, sendo que as publicações concentraram-se na porção brasileira do bioma, principalmente no nordeste paraense. Não foram encontrados trabalhos em 6 dos 9 países da Amazônia não brasileira. Observou-se que nos primeiros 5 anos, os ecossistemas sucessionais amazônicos depositam $6,82 \pm 2,07 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ de serapilheira. As florestas com idade igual ou superior a 40 anos apresentaram as maiores médias de deposição ($8,03 \pm 2,26 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) e estoque ($9,83 \pm 3,72 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$). A maior média de deposição de nitrogênio ocorreu em florestas com idade maior do que 40 anos, e para o fósforo, com idade entre 6 e 10 anos. A maior média de carbono estocado na serapilheira de florestas secundárias foi constatada em florestas de 1 a 5 anos. Os resultados demonstraram elevada deposição e uma rápida decomposição, indicando uma eficaz ciclagem de nutrientes. Dessa maneira, fica evidente a necessidade de mais estudos sobre os estoques e deposição da serapilheira em ecossistemas amazônicos, objetivando práticas silviculturais mais resilientes e de menor impacto ecológico.

Palavras-chave: Floresta tropical. Ciclagem de nutrientes. Idade da floresta.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da elevada acidez e da baixa disponibilidade nutricional de grande parte dos solos da Amazônia, o bioma é mundialmente reconhecido por sua ampla biodiversidade florística, concentrando mais de 16.000 espécies florestais (BOMFIM et al., 2020). Isso é possível devido ao clima da região, associado à diversidade microbiológica, que intensificam a decomposição da camada de serapilheira, possibilitando o retorno de nutrientes contidos nos resíduos vegetais e animais (SCORIZA et al., 2012). Dessa maneira, a serapilheira destaca-se como responsável pela manutenção dos ecossistemas amazônicos, já que sua decomposição é a principal via de entrada de nutrientes do solo para a planta (MARTINS et al., 2018). Ademais, ela assume outras importantes funções no ecossistema, como a proteção mecânica dos solos contra processos erosivos e o aumento da capacidade de retenção hídrica do solo, abrigo para sementes e fauna edáfica, indicador de restauração ecológica e técnica de prevenção de incêndios florestais (MARTINS et al., 2018; BUFACCHI et al., 2020). Essas funcionalidades são ainda mais importantes frente ao crescente índice de desmatamento no bioma, ocasionando a expansão considerável de florestas secundárias e constituindo um mosaico de florestas de diferentes idades (SOUSA et al., 2017).

Atualmente, reconhece-se a importância que estes ecossistemas desempenham para a mitigação das mudanças climáticas, tendo em vista o elevado sequestro de carbono necessário para suprir o rápido crescimento das espécies que se estabelecem inicialmente (SOUZA et al., 2019). Sabendo disso, inúmeros trabalhos em ecossistemas sucessionais foram realizados na região para quantificar o estoque e/ou a deposição de serapilheira (VASCONCELOS et al., 2007; PEREIRA et al., 2017). A principal diferença entre os procedimentos é que no primeiro caso, a coleta do material é realizada diretamente no solo, enquanto que no segundo, utiliza-se coletores suspensos e fixados em parcelas permanentes, onde a amostragem é realizada periodicamente em um tempo pré-estabelecido (SCORIZA et al., 2012).

Assim, tendo em vista a importância exercida por esse tipo de floresta tanto a nível nacional quanto internacional, faz-se necessário compilar as informações já coletadas em pesquisas científicas, de maneira similar ao que foi desenvolvido por outros autores em temas distintos (MARTINS et al., 2020; SOARES et al., 2016). A partir



disso, será possível responder questões mais específicas, as quais sejam capazes de fornecer parâmetros para novas pesquisas e, conseqüentemente, auxiliar no manejo florestal. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi compilar as informações referentes ao estoque e à deposição de serapilheira e nutrientes publicadas em 40 anos (1980 – 2020) no bioma Amazônia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se uma busca quali-quantitativa de artigos científicos publicados em periódicos de janeiro de 1980 a dezembro de 2019, referentes a trabalhos realizados em ecossistemas de floresta sucessional no bioma Amazônia. Para este levantamento, a pesquisa foi realizada em 6 bases: 1) ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>); 2) Springer Link (<https://link.springer.com/>); 3) JSTOR (<https://www.jstor.org/>); 4) SciELO (<https://scielo.org/>); 5) Wiley Online Library (<https://onlinelibrary.wiley.com/>) e 6) Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/scholar?q=>). Utilizou-se as palavras-chave “serapilheira” ou “estoque de serapilheira” ou “deposição de serapilheira” e “Amazônia” e “floresta secundária” nos idiomas português, inglês e espanhol. Não foram considerados artigos de revisão e foram filtrados apenas os trabalhos que informaram a idade da floresta. Extraiu-se do texto as informações referentes ao país da publicação e a quantidade de estoque e/ou deposição de serapilheira e nutrientes (N, P, K e C) no ecossistema de estudo.

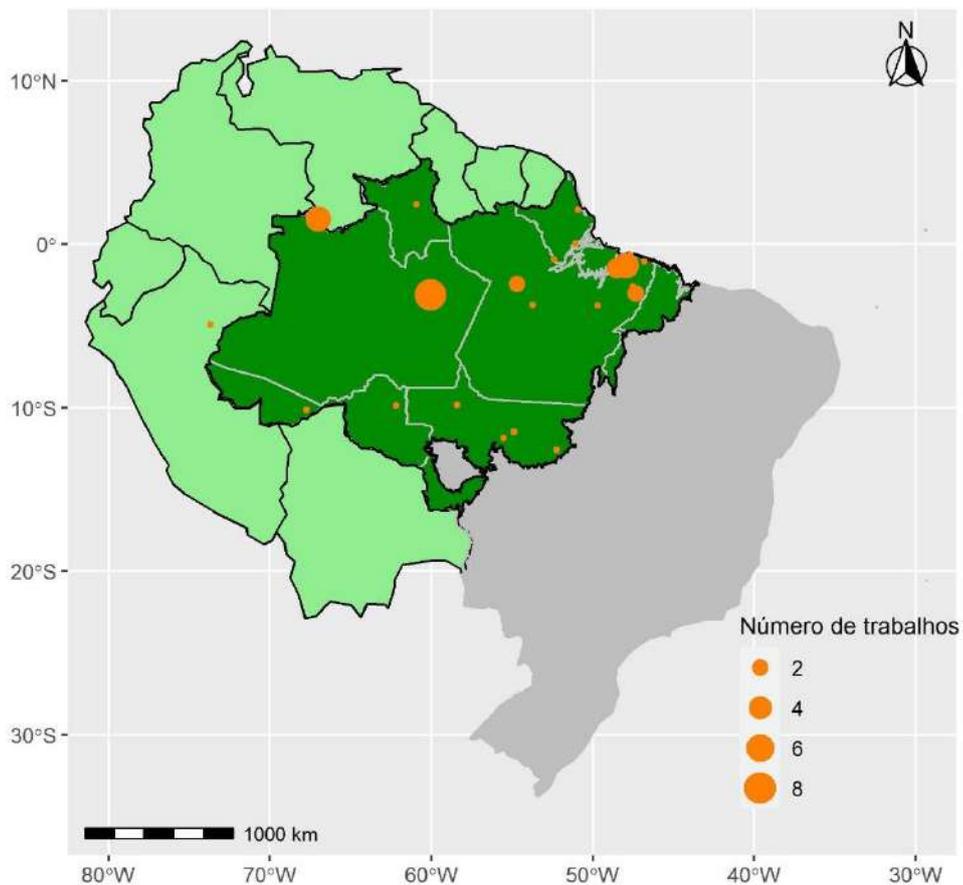
Quando necessário, os dados foram convertidos para a unidade internacional de medida Mega grama por hectare ($Mg.ha^{-1}$), no caso da serapilheira, e quilograma por hectare ($kg.ha^{-1}$) para os nutrientes com o intuito de facilitar a comparação entre os estudos. Tendo em vista o baixo número de trabalhos encontrados, os dados de idade da floresta foram agrupados em intervalos variando de 4 a 8 anos, constituindo 6 grupos: 1 a 5 anos; 6 a 10 anos; 11 a 15 anos; 16 a 24 anos; 25 a 30 anos e ≥ 40 anos. Os gráficos foram elaborados no software R, v. 4.0.5 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2021) com auxílio do pacote “ggplot 2”.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, 37 artigos científicos foram contabilizados no período avaliado, porém a maioria amostrou mais de um ecossistema sucessional (BRANDO et al., 2008; PEIXOTO et al., 2018) ou o mesmo ecossistema em idades/tipo de manejo diferentes (ALMEIDA et al., 2019). As publicações distribuíram-se, principalmente, na porção brasileira do bioma, com destaque para o nordeste paraense (Figura 1). Na Amazônia brasileira, apenas o estado do Maranhão não apresentou estudos sobre o tema. Em relação à Amazônia internacional, foi perceptível o desequilíbrio na distribuição das publicações, pois constatou-se apenas 6 estudos em 2 dos 8 países estrangeiros, sendo 1 no Peru e 5 na Venezuela (Figura 1).

Figura 1 - Distribuição geográfica dos artigos científicos publicados sobre deposição e estoque de serapilheira e nutrientes em ecossistemas sucessionais na Amazônia Contintental, do período de 1980 a 2020.



Fonte: Autoria própria a partir do Software R.



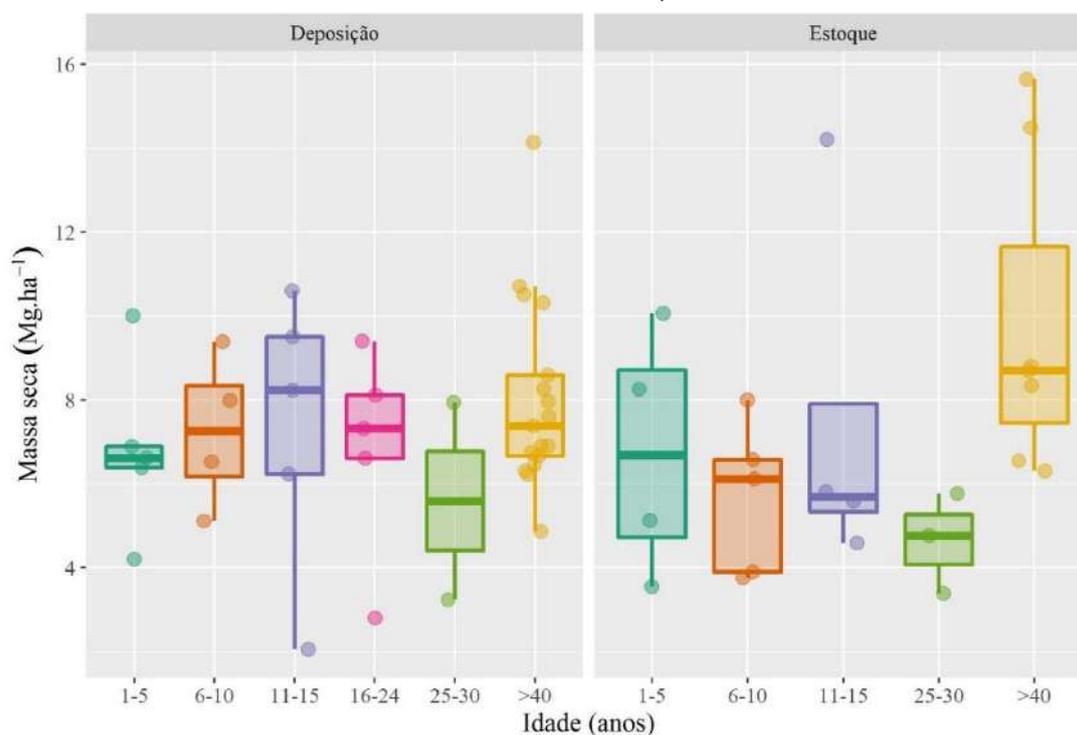


Denominam-se florestas secundárias ou sucessionais aquelas oriundas de distúrbios, sejam eles naturais ou antrópicos, os quais permitam a sucessão florestal (BORGES et al., 2020). A morte natural de uma árvore abre clareiras na floresta, o que possibilita a maior incidência de luz sob o piso florestal e, conseqüentemente, favorece o desenvolvimento de espécies pioneiras presentes no banco de sementes (ARAÚJO et al., 2021). Todavia, a supressão da vegetação primária para o desenvolvimento das atividades econômicas do bioma intensificam esse processo e promove a expansão demasiada das florestas secundárias (SCHWARTZ; LOPES, 2017).

No nordeste paraense, por exemplo, até o ano de 1980 cerca de 80% da vegetação primária havia sido substituída por florestas secundárias devido à realização em grande escala da agricultura itinerante (ARAÚJO et al., 2005). Atualmente, a região constitui um mosaico de florestas secundárias em diferentes estágios sucessionais (SCHWARTZ; LOPES, 2017), o que pode justificar o maior número de trabalhos nessa região durante o período avaliado. Em contrapartida, tendo em vista a extensão territorial do bioma, ressalta-se que o número de trabalhos publicados ainda é insuficiente para compreender efetivamente os ecossistemas sucessionais, sobretudo na porção não brasileira.

Ainda assim, foi possível constatar que em média, nos primeiros 5 anos, os ecossistemas sucessionais amazônico depositam $6,82 \pm 2,07 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de serapilheira e mantém esta produção em ascensão até os 15 anos (Figura 2). O menor valor médio de deposição foi observado no intervalo de 25 a 30 anos ($5,59 \pm 3,32 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), no entanto, apenas 2 estudos de caso foram encontrados para este período, não sendo possível definir um padrão. Notou-se também que as florestas com idade igual ou superior a 40 anos apresentaram as maiores médias de deposição ($8,03 \pm 2,26 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e estoque ($9,83 \pm 3,72 \text{ Mg.ha}^{-1}$). Ademais, foi observado que, no geral, as médias para as duas variáveis não apresentaram grandes variações, independentemente da idade. Todavia, percebeu-se uma exceção no período de 6 a 10 anos, em que o estoque ($5,67 \pm 1,82 \text{ Mg.ha}^{-1}$) é bem inferior à deposição ($7,25 \pm 1,84 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) (Figura 2).

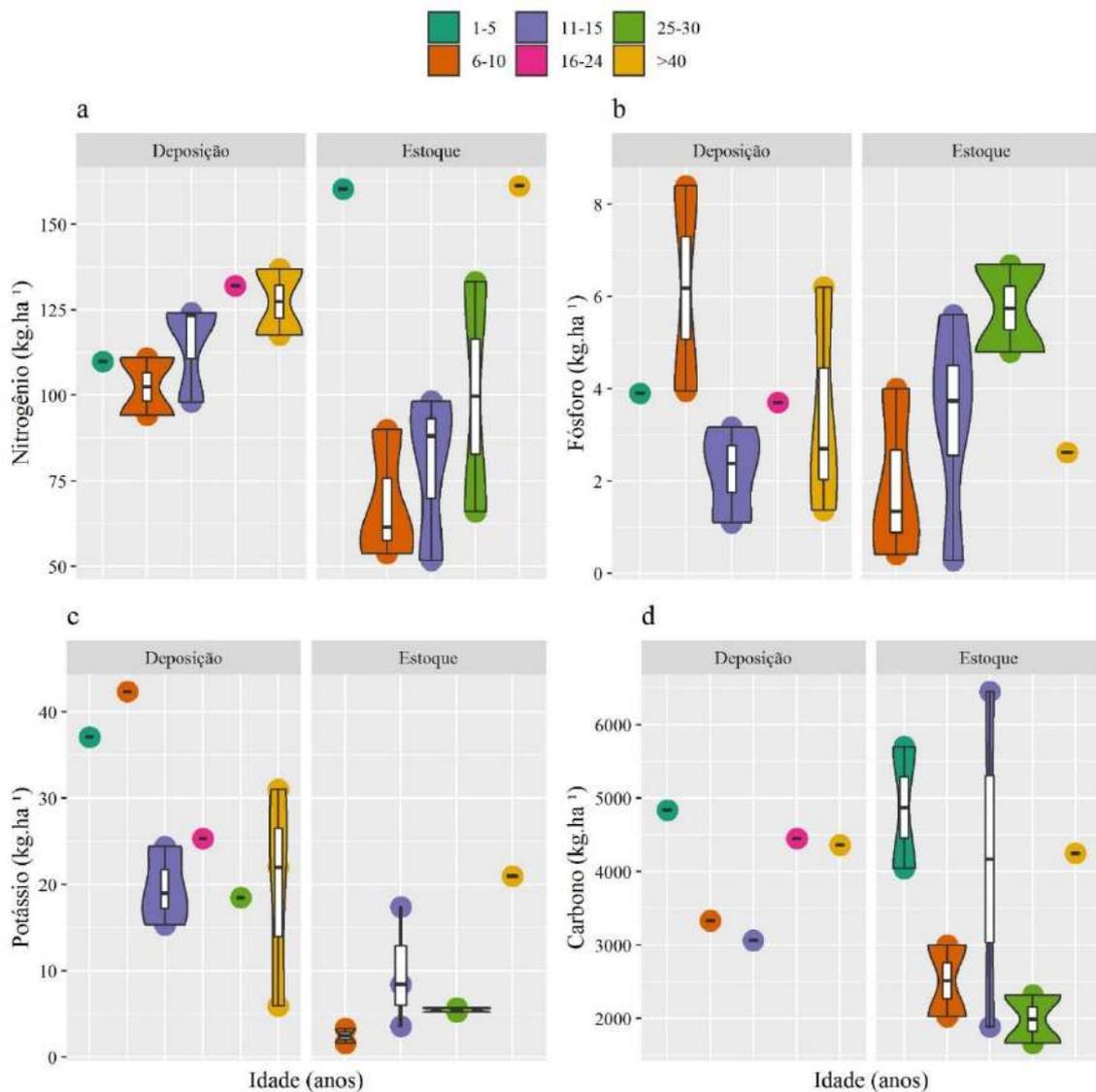
Figura 2 - Deposição e estoque médio de serapilheira em diferentes idades nos ecossistemas sucessionais na Amazônia Continental, do período de 1980 a 2020.



Fonte: Elaboração própria dos autores a partir do Software R.

A insuficiência de trabalhos que avaliaram o conteúdo nutricional nas florestas secundárias, com idade de 1 a 5 anos e 16 a 24 anos, impossibilitou uma estimativa média da deposição e estoque de nutrientes (Figura 3). O mesmo ocorreu para a deposição de carbono em todas as idades (Figura 3d). Observou-se que os maiores valores de deposição ($127,35 \pm 13,65 \text{ kg.ha}^{-1}$) de nitrogênio ocorreram em florestas com idade do que 40 anos (Figura 3a). Para fósforo, o ápice da deposição ocorre em florestas mais jovens, especialmente aquelas com idade entre 6 e 10 anos ($6,18 \pm 3,15 \text{ kg.ha}^{-1}$), porém o inverso ocorreu para o estoque, onde a menor média ($1,92 \pm 1,96 \text{ kg.ha}^{-1}$) foi constatada neste período (Figura 3b). Em relação ao conteúdo de potássio, apenas a deposição nos intervalos de 11 a 15 anos é maior do que 40 anos foi possível de identificar um valor médio, que variou de $19,60 \pm 14,82 \text{ kg.ha}^{-1}$ a $19,64 \pm 13,65 \text{ kg.ha}^{-1}$, respectivamente (Figura 3c). O carbono estocado na serapilheira de florestas secundárias variou de $4871,50 \pm 1171,68 \text{ kg.ha}^{-1}$ a $1990,08 \pm 460,86 \text{ kg.ha}^{-1}$ para os períodos de 1 a 5 e 25 a 30 anos, respectivamente (Figura 3d).

Figura 3 - Deposição e estoque médio de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c) e carbono (d) em ecossistemas sucessionais na Amazônia Continental, do período de 1980 a 2020.



Fonte: Elaboração própria dos autores a partir do Software R.

Sabe-se que a sazonalidade pode influenciar na deposição de serapilheira, já que o estresse hídrico e o aumento da temperatura estimulam a produção de hormônios responsáveis pela abscisão foliar, como por exemplo etileno, auxina e ácido abscísico (KERBAUY, 2004). Todavia, as intensas e constantes chuvas amazônicas não justificam por completo a deposição de serapilheira, principalmente quando se trata de florestas secundárias, onde o tempo e o tipo de uso da terra também podem interferir diretamente no processo (VALE et al., 2018).

O estoque de serapilheira, por sua vez, é controlado diretamente pela deposição e tem uma relação inversa com a decomposição (SANTOS JUNIOR et al., 2021). Na Amazônia, diferente de outros biomas (RODRIGUES et al., 2021), apesar da elevada

deposição, tem-se uma rápida decomposição, o que mantém o equilíbrio entre estes valores ao longo da sucessão (BHASKAR et al., 2016). Esta característica é imprescindível para a manutenção das florestas, pois indica uma maior eficiência na ciclagem de nutrientes. Em florestas secundárias, o conteúdo de nitrogênio está diretamente relacionado à abundância de espécies pioneiras, pois as espécies deste grupo assimilam mais facilmente esse nutriente (MACHADO et al., 2016). No entanto, em ecossistemas sucessoriais maduros apesar da qualidade da serapilheira ser superior, a diversidade de fungos saprofitos - que degradam facilmente materiais mais enrijecidos- também é maior, elevando o retorno de nitrogênio para o solo (BHASKAR et al., 2016).

Já o fósforo atua na formação de ATP (Trifosfato de adenosina), que é a fonte de energia utilizada pela planta para a realização da fotossíntese (KERBAUY, 2004), sendo que este processo ocorre com maior intensidade no estágio inicial de sucessão, o que explica a elevada deposição de fósforo nos primeiros 10 anos. Nos anos subsequentes, as plantas desenvolvem estratégias para suprir a carência deste nutriente nos anos subsequentes (PEREIRA et al., 2017). No caso do potássio, sua elevada mobilidade no solo reduz a absorção radicular, resultando no baixo conteúdo depositado por meio da serapilheira (PEREIRA et al., 2017). Este nutriente é facilmente lixiviado e, portanto, quanto maior à exposição do solo a agentes intempéricos, como no caso de ecossistemas mais jovens, menor é o estoque de K (MACHADO et al., 2016).

O carbono é fixado por meio da fotossíntese e por isso, as florestas secundárias são consideradas grandes sumidouros de carbono (PAUL; ROXBURGH, 2020), sobretudo nas idades iniciais do desenvolvimento, conforme apresentado neste estudo. Em virtude da contribuição dos ecossistemas sucessoriais para a mitigação das mudanças climáticas, os estudos sobre estoque de carbono tornaram-se indispensáveis (PAUL; ROXBURGH, 2020). Geralmente, para a avaliação do nutriente considera-se apenas a biomassa aérea, todavia a serapilheira dos ecossistemas sucessoriais é capaz de estocar até 6 Mg.ha⁻¹ de carbono (UHL, 1987).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidenciou a necessidade de fomento e implementação de novas pesquisas científicas sobre serapilheira em florestas secundárias da Amazônia Continental, tendo em vista a insuficiência de trabalhos no bioma, sobretudo na porção

não brasileira. Constatou-se elevada deposição nestes ecossistemas, evidenciando discretas variações entre deposição e estoque de serapilheira para o mesmo intervalo de idade. Para a deposição e estoque de nutrientes, o conteúdo de nitrogênio foi maior em ecossistemas maduros, com idade igual ou superior a 40 anos, enquanto que a deposição de fósforo foi mais acentuada nos primeiros 10 anos. As florestas secundárias da Amazônia Continental apresentam um baixo estoque de potássio e elevado conteúdo de carbono dos 11 aos 15 anos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. M. DE S. D.; OLIVEIRA, F. DE A.; VASCONCELOS, S. S.; GUIMARÃES, J. R. DA S.; TOSTES, L. DE C. L.; COSTA, J. V. T. A. Litter flux in a successional forest ecosystem under nutrient manipulation in Eastern Amazon. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 30623–30641, 2019.
- ARAÚJO, E. A. A.; RODRIGUES, J. I. DE M.; MARTINS, W. B. R.; SANTOS JUNIOR, H. B. DOS; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; OLIVEIRA, F. DE A. Densidade e composição do banco de sementes do solo em ecossistema sucessional de floresta na Amazônia Oriental, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e23610615318, 2021.
- ARAÚJO, M. M.; TUCKER, J. M.; VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; OLIVEIRA, W.; SAMPAIO, P. D.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G.; OLIVEIRA, F. DE A.; COELHO, R. DE F. R.; ARAGÃO, D. V.; MIRANDA, I. Padrão e processo sucessionais em florestas secundárias de diferentes idades na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 343–357, 2005.
- BHASKAR, R.; PORDER, S.; BALVANERA, P.; EDWARDS, E. J. Ecological and evolutionary variation in community nitrogen use traits during tropical dry forest secondary succession. **Ecology**, v. 97, n. 5, p. 1194–1206, maio 2016.
- BOMFIM, B.; SILVA, L. C. R.; PEREIRA, R. S.; GATTO, A.; EMMERT, F.; HIGUCHI, N. Litter and soil biogeochemical parameters as indicators of sustainable logging in Central Amazonia. **Science of The Total Environment**, v. 714, p. 1–9, abr. 2020.
- BORGES, S. H.; TAVARES, T. DO R. S.; CROUCH, N. M. A.; BACCARO, F. Sucessional trajectories of bird assemblages in amazonian secondary forests: Perspectives from complementary biodiversity dimensions. **Forest Ecology and Management**, n. August, p. 118731, 2020.
- BRANDO, P. M.; NEPSTAD, D. C.; DAVIDSON, E. A.; TRUMBORE, S. E.; RAY, D.; CAMARGO, P. Drought effects on litterfall, wood production and belowground carbon cycling in an Amazon forest: Results of a throughfall reduction experiment. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1498, p. 1839–1848, 2008.



- BUFACCHI, P.; SANTOS, J. C.; DE CARVALHO, J. A.; KRIEGER FILHO, G. C. Estimation of the surface area-to-volume ratios of litter components of the Brazilian rainforest and their impact on litter fire rate of spread and flammability. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 42, n. 5, p. 1–10, 2020.
- FERNANDES, M. E. B.; NASCIMENTO, A. A. M.; CARVALHO, M. L. Effects of herbivory by *Hyblaea puera* (Hyblaeidae: Lepidoptera) on litter production in the mangrove on the coast of Brazilian Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 25, n. 3, p. 337–339, 2009.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- MACHADO, M. R.; SAMPAIO, P. D. T. B.; FERRAZ, J.; CAMARA, R.; PEREIRA, M. G. Nutrient retranslocation in forest species in the Brazilian Amazon. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 1, p. 93–101, 1 jan. 2016.
- MARTINS, W. B. R.; FERREIRA, G. C.; SOUZA, F. P.; DIONÍSIO, L. F. S.; OLIVEIRA, F. DE A. Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. **Floresta**, v. 48, n. 1, p. 37–38, 2018.
- MARTINS, W. B. R.; LIMA, M. D. R.; BARROS, U. O.; AMORIM, L. S. V.-B.; OLIVEIRA, F. DE A.; SCHWARTZ, G. Ecological methods and indicators for recovering and monitoring ecosystems after mining: A global literature review. **Ecological Engineering**, v. 145, n. December 2019, p. 105707, fev. 2020.
- PAUL, K. I.; ROXBURGH, S. H. Predicting carbon sequestration of woody biomass following land restoration. **Forest Ecology and Management**, v. 460, n. August 2019, p. 117838, 2020.
- PEIXOTO, K. DA S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; CAVALHEIRO, K. A.; SILVA, N. A.; DAS NEVES, E. C.; FREITAG, R.; MEWS, H. A.; VALADÃO, M. B. X.; MARIMON, E. B. S. Assessing the effects of rainfall reduction on litterfall and the litter layer in phytophysiognomies of the Amazonia–Cerrado transition. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 41, n. 3, p. 589–600, 2018.
- PEREIRA, D. N.; MARTINS, W. B. R.; ANDRADE, V. M. S.; OLIVEIRA, F. A. Influência da remoção de serapilheira no teor de fósforo e potássio na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 3, p. 380–385, 27 set. 2017.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing**. Viena, Austria, 2021.
- RODRIGUES, J. I. DE M.; AMARAL, L. F. F. DO; MARTINS, W. B. R.; SANTOS JUNIOR, H. B. DOS; AMORIM, L. S. V.-B.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T. Aporte e estoque de serapilheira no Brasil: uma análise bibliométrica da produção científica de 2008 a 2019. **Scientia Plena**, v. 17, n. 6, p. 1–19, 22 jul. 2021.
- SANTOS JUNIOR, H. B. DOS; ARAÚJO, E. A. A.; RODRIGUES, J. I. DE M.; MARTINS, W. B. R.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; OLIVEIRA, F. DE A. Fitossociologia e propriedades



físicas da liteira em um ecossistema sucessional alterado pela agricultura itinerante na Amazônia oriental. **Scientia Plena**, v. 17, n. 6, p. 1–16, 2021.

SCHWARTZ, G.; LOPES, J. DO C. Florestas Secundárias : Manejo , Distúrbios E Sistemas Agroflorestais. In: **Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias**. EDUFRA ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2017. p. 255–276.

SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente**, v. 2, n. 2, p. 01–18, 2012.

SOARES, P. B.; CARNEIRO, T. C. J.; CALMON, J. L.; CASTRO, L. O. DA C. DE O. Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 175–185, 2016.

SOUSA, T. R.; COSTA, F. R. C.; BENTOS, T. V.; LEAL FILHO, N.; MESQUITA, R. C. G.; RIBEIRO, I. O. The effect of forest fragmentation on the soil seed bank of Central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 393, p. 105–112, jun. 2017.

SOUZA, V. A. S. DE; ROTUNNO FILHO, O. C.; MOREIRA, D. M.; RUDKE, A. P.; SÁ, M. R. T. DE. Dinâmica do desmatamento na Amazônia e seus impactos na hidrologia: bacia do Rio Machadinho – Rondônia/Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1004, 30 set. 2019.

UHL, C. Factors Controlling Succession Following Slash-and-Burn Agriculture in Amazonia
Author (s): Christopher Uhl Published by : British Ecological Society Stable URL :
<http://www.jstor.org/stable/2260425> REFERENCES Linked references are available
on JSTOR fo. **Journal of Ecology**, v. 75, n. 2, p. 377–407, 1987.

VALE, I.; MIRANDA, I. S.; MITJA, D.; SANTOS, A. M.; LIMA, T. T. S.; COSTA, L. G. S. Successional processes in agricultural mosaics in the eastern Amazon. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 256, n. December 2017, p. 51–60, 2018.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; ROSA, M. B. S. DA; OLIVEIRA, F. DE A.; CARVALHO, C. J. R. DE. Leaf Decomposition in a Dry Season Irrigation Experiment in Eastern Amazonian Forest Regrowth. **Biotropica**, v. 35, n. 5, p. 593–600, 2007.

VIVANCO, L.; AUSTIN, A. T. The importance of macro- and micro-nutrients over climate for leaf litter decomposition and nutrient release in Patagonian temperate forests. **Forest Ecology and Management**, v. 441, p. 144–154, jun. 2019.

WANDELLI, E. V.; FEARNSIDE, P. M. Secondary vegetation in central Amazonia: Land-use history effects on aboveground biomass. **Forest Ecology and Management**, v. 347, p. 140–148, 2015.

CAPÍTULO V

PRESSÕES AGRÍCOLAS FACE AOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUAPORÉ (RS/BRASIL)

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS1051-5

Alexandre Troian¹
Mário Conill Gomes²
Lúcio André de Oliveira Fernandes³
Viviane Capoane⁴
Danilo Rheinheimere dos Santos⁵

¹ Pós-doutorando em Extensão Rural. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

² Professor Titular do Departamento de Ciências Sociais e Agrárias. Universidade Federal de Pelotas – UFPel

³ Professor Associado do Departamento de Ciências Sociais e Agrárias. Universidade Federal de Pelotas – UFPel

⁴ Professora Adjunta Unidade Universitária de Campo Grande. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul – UEMS

⁵ Professor Titular do Departamento de Solos. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

RESUMO

O objetivo deste trabalho é identificar os principais usos da água e analisar o potencial de risco dos recursos hídricos a partir das características do ambiente físico, bem como, das pressões oriundas das atividades agropecuárias desenvolvidas em uma bacia hidrográfica. Para tanto, realiza-se uma análise descritiva dos 25 municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé-RS/Brasil, que possui 2,4 km² e tem a agricultura com uso predominante da terra (54,6% da área). A área média dos estabelecimentos agrícolas é de 34 hectares, entre os principais cultivos se destaca os grãos, a exemplo da soja e milho, cultivado sob o sistema de plantio direto, na parte norte, onde o relevo é suave ondulado. As florestas ocupam 36,8% da área e se concentram no sul da bacia hidrográfica. A utilização da terra na região sul é diversificada e predomina o uso intensivo do solo em lavouras manejados no sistema convencional, principalmente para o cultivo de cereais e tabaco. Ainda nesta região, de relevo forte ondulado e de solos rasos, destaca-se o cultivo de erva-mate. Embora a criação de suínos, a avicultura e a pecuária leiteira no sistema intensivo seja recorrente na bacia, é mais notória na região centro-sul. A partir dos resultados contata-se que muitas vezes as atividades agrícolas ocorrem em desacordo com a capacidade de uso do solo e suas restrições nem sempre são respeitadas. Ademais, os cultivos e as criação geram uma carga de resíduos (fertilizantes orgânico, minerais e agrotóxicos) com grande potencial de transferência para os cursos de água.

Palavras-chave: Estrutura biofísica. Bacia hidrográfica. Sistemas de produção agrícolas. Recursos hídricos.

1. INTRODUÇÃO

O modelo universal de progresso da modernidade apostou na industrialização e na economia de escala para desenvolvimento da sociedade. Esse modelo, matricialmente ligado ao crescimento econômico, contribuiu com diversos benefícios para a população em geral, em que, se destaca o acesso à tecnologia e a disponibilidade de bens de consumo material. Por outro lado, este processo está associado a distintos impactos sociais e ambientais, quais têm afetado a resiliência dos ecossistemas e, conseqüentemente, o bem-estar humano.

O setor primário, foco desta análise, em particular a agricultura que manuseia cerca de 50% das terras habitáveis do planeta e utiliza aproximadamente 70% do volume de água doce (PNUD, 2019) por vezes tem negligenciado os recursos naturais. As características operacionais da agricultura moderna, cujo os pilares estão voltados para o aumento da produção e da produtividade, são baseados no uso de recursos não renováveis, como fertilizantes minerais, agrotóxicos e derivados do petróleo. Os atores, sejam agricultores, administradores e analistas do setor, comumente, avaliam critérios ligados aos rendimentos agrícolas por unidade de tempo/espço (BLESH et al, 2019), enquanto os serviços ecossistêmicos são subestimados no trade-off que ocorre entre obter renda e zelar o meio ambiente.

A fragilidade genuína dos ecossistemas naturais associada a fatores antropogênicos, como: o uso intensivo da terra, manejo inadequado do solo, utilização demasiada e errônea de insumos, criação intensiva de animais, entre outros, resulta em graves anomalias ambientais (TROIAN, 2020a). Embora não haja interesse de condenar os avanços tecnológicos associados a agricultura moderna, tão pouco censurar os agricultores e demais atores do setor, o propósito desta investigação é contribuir com o desenvolvimento regional, analisando e relacionando as características do ambiente natural de uma bacia hidrográfica à luz das externalidades dos sistemas de produção agrícola lá presentes.

A fim de otimizar a estrutura e a eficiência do uso dos recursos naturais e reduzir impactos ambientais adversos, alguns estudos – Oliveira e Fehr (2019) e Almeida et al. (2020), por exemplo – utilizaram o conceito de vulnerabilidade ambiental para auxiliar no planejamento e gestão de territórios. Similarmente, embora sem a intenção de



determinar um índice, o objetivo desta análise é identificar os principais usos da água e analisar o potencial de risco dos recursos hídricos a partir do ambiente físico e das pressões das atividades agropecuárias desenvolvidas na Bacia Hidrográfica (BH) do Rio Guaporé (RS/Brasil).

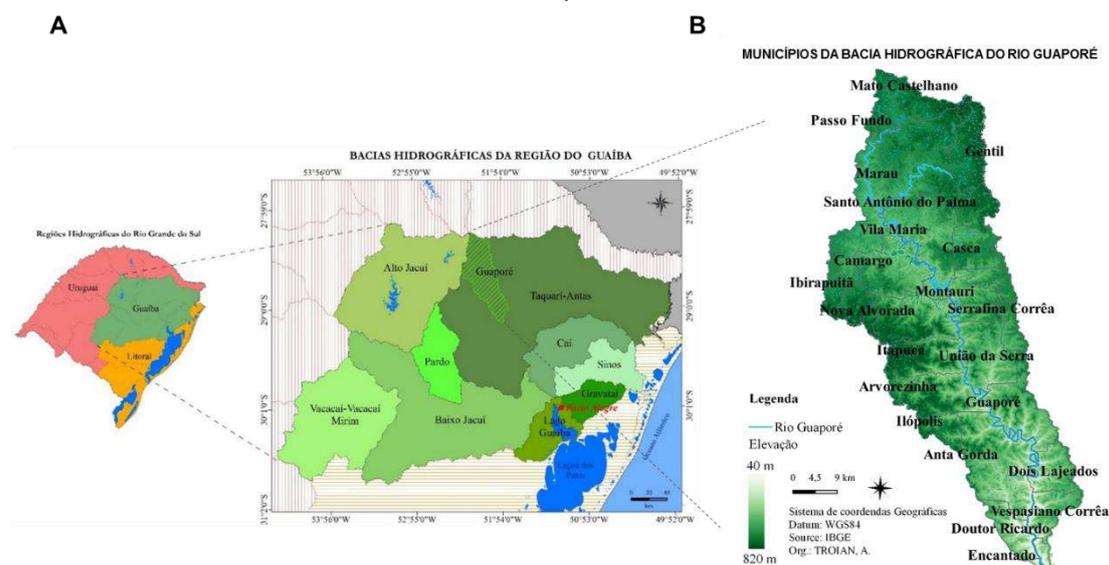
A BH do Rio Guaporé é composta por arranjos produtivos locais que combinam distintos usos da terra: agricultura, criação animal, agroindústrias e pequenos aglomerados urbanos. Desta forma, as perturbações no meio ambiente, em especial nos ecossistemas aquáticos, são reflexos da dinâmica socioprodutiva estabelecida no território e podem ser atribuídas a diferentes fatores, tanto relacionados com as atividades urbanas como as rurais. Embora a água desta bacia hidrográfica sirva para diferentes usos e setores, o recorte deste estudo não está relacionado as pressões urbanas de degradação ambiental, e sim, aos fatores rurais essencialmente ligados as atividades agropecuárias.

A área média dos estabelecimentos agrícolas que ocupam a BH do Rio Guaporé é de 34 hectares. Os sistemas de produção agrícola são tipicamente familiares, sendo que a grande parte deles ocupam ambientes ecologicamente frágeis, áreas declivosas, com a presença de nascentes e recarga de aquíferos (MERTEN; MINELLA, 2002). A região hidrográfica fornece água para uma população regional de quase meio milhão de habitantes. O Rio Guaporé é um dos principais tributários do Rio Taquari, afluente da Bacia do Rio Guaíba, que abastece a maior parte dos mais de quatro milhões de habitantes da região metropolitana de Porto Alegre 37,7% dos habitantes do RS) (IBGE, 2018).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A BH do Rio Guaporé, localizada no Nordeste do estado do Rio Grande do Sul, possui 2.488Km² de área e é limitada pela Bacia do Rio Uruguai ao Norte, pelas Bacias dos Rios Forqueta e Baixo Taquari-Antas a Oeste; a Leste pela Bacia do Rio Carreiro; e Sul, pela Bacia do Médio Taquari-Antas. Ao todo, a área de drenagem do Rio Guaporé engloba 25 municípios, dos quais cinco estão totalmente inseridos na bacia hidrográfica (TROIAN, 2020) (Figura 1).

Figura 1 – (A) Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul/Brasil; (B) Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé

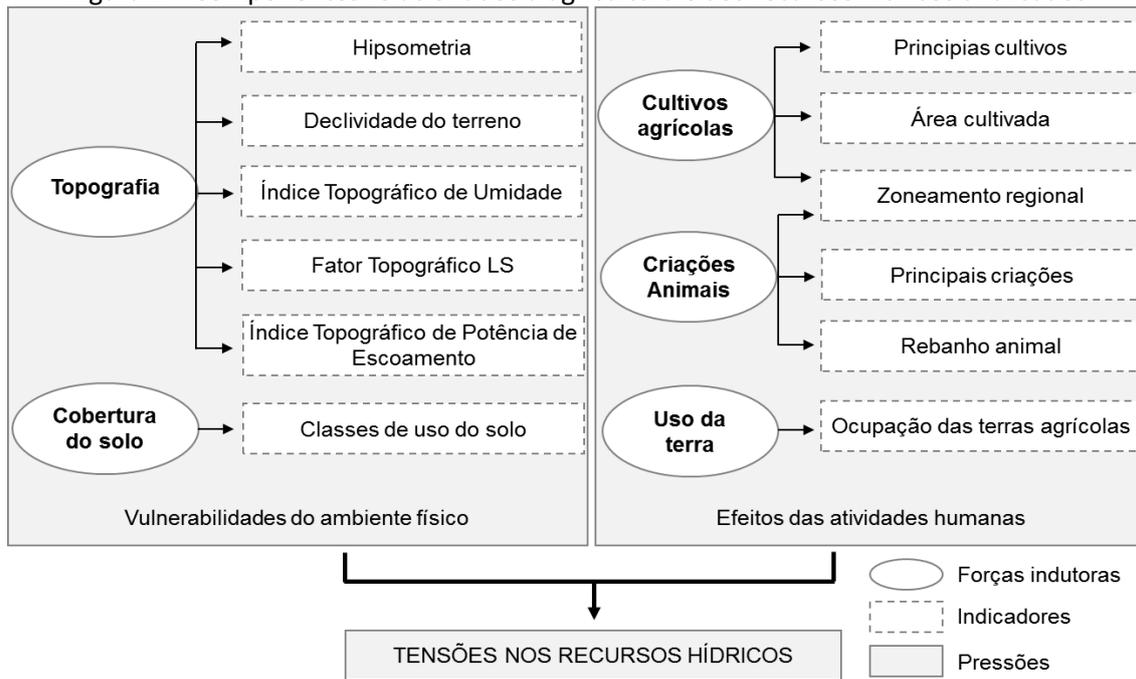


Fonte: Autoria própria.

Um aspecto a ser observado é que grande parte dos dados e informações disponibilizadas, tanto na literatura, quanto pelos órgãos governamentais, correspondem ao o planejamento e gestão das unidades político-administrativa, tais como os municípios, estados, macrorregiões e país. Desta forma, as informações referentes a população e pessoal ocupado no meio rural, número de estabelecimentos agrícolas, ocupação da terra agrícolas e rebanho animal fazem referência às divisões municipais.

A análise utilizada neste diagnóstico está organizada a partir de duas dimensões: (a) condições físicas naturais do espaço – para determinar a susceptibilidade ambiental da BH através dos indicadores de Hipsometria e declividade do terreno, Índice Topográfico de Umidade, Fator Topográfico LS, Índice Topográfico de Potência de Escoamento e uso e cobertura do solo; e (b) sócio produtiva – que trata do zoneamento de uso e ocupação da BH, através de levantamento populacional, principais criações e cultivos agrícolas (Figura 2).

Figura 2 – Componentes relacionados a agricultura e aos recursos hídricos analisados



O levantamento de dados foi realizado por meio de: (a) Pesquisa bibliográfica através de estudo exploratório em relatórios, livros, teses e artigos científicos; (b) Pesquisa documental por meio de coleta e análise de dados disponibilizados pelas seguintes unidades: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), *United States Geological Survey* (USGS), Secretária de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA).

Foram utilizados dados dos Censos Agropecuários (2006 e 2017), Estimativas de População (2018), Pesquisa Pecuária Municipal e Produção Agrícola Municipal (2017), compilados e tabulados a partir dos sítios eletrônicos do Sistema IBGE. Os mapas temáticos de hipsometria, declividade, índice topográfico de umidade (ITU), fator topográfico LS e índice topográfico de potência de escoamento (ITPE) foram gerados utilizando dados do sensoriamento remoto orbital, gerados pela missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e disponibilizados pela USGS no site <https://earthexplorer.usgs.gov/>. No ArcGis 10.2 foram gerados os mapas de hipsometria e declividade a partir do modelo digital de elevação (MDE) de 30 metros de resolução de pixel. Posteriormente, o MDE foi convertido para o formato txt e, no software SAGAGIS 3.0 foram gerados o ITU, ITPE e o fator topográfico LS, utilizando a extensão *Terrain Analyses - Compound Analysis - Basic Terrain Analysis*.



A classificação do uso e cobertura da terra foi realizada a partir de doze imagens do satélite RapidEye de 5 metros de resolução de pixel dos anos de 2011 e 2012. As imagens foram cedidas pela Secretária de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, adquiridas pelo Ministério do Meio Ambiente. O processamento e classificação das imagens foram realizados no software ENVI 4.7 (Stafstof), utilizando a classificação supervisionada, auxiliada por imagens do Google Earth® e por uma base de dados georreferenciada. Para o layout final dos mapas foi utilizado o software ARCGIS® 10.2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. CONDIÇÕES AGROECOLÓGICAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RIO GUAPORÉ

A configuração dos canais que drenam a BH do Rio Guaporé apresenta significativas variações, que resultam do clima e da estrutura geológica local, sendo predominante a rede dendrítica. A elevada declividade longitudinal dos afluentes (especialmente na metade sul da BH) e a baixa capacidade de infiltração da água nos solos (de grande parte da bacia) resultam em tempos de concentração curtos. Ademais, a produção média de sedimentos estimada em 2011 e 2012 foi de 274 t km² ano⁻¹, sendo que a média no período de 2000 a 2010 foi de 140 t km² ano⁻¹, expressando coeficiente de escoamento superficial de 31% (DIDONÉ et al., 2014).

De acordo com o sistema de classificação proposto por Wladimir Köppen, o tipo climático da região é Cfb subtropical, superúmido mesotérmico, sem estação seca definida (ALVARES et al., 2014). A temperatura média anual é de 17,9°C, com acentuada diferença entre as estações do verão e inverno. As temperaturas mínimas e máximas anuais têm média de 12,6 e 24,7°C, respectivamente (CASTRO LIMA, 2017), no inverno raramente formam-se geadas pela manhã em mais de cinco dias acumulados durante o ano e, no verão, a temperatura eventualmente atinge 40°C. A região possui algumas características específicas, como a presença frequente de neblina nos vales e redução da insolação devido a presença de morros na porção centro sul da BH (BEROLDT et al., 2007).

A precipitação média é bem distribuída ao longo do ano, embora os maiores volumes sejam registrados entre os meses de janeiro e março. Com base nos dados

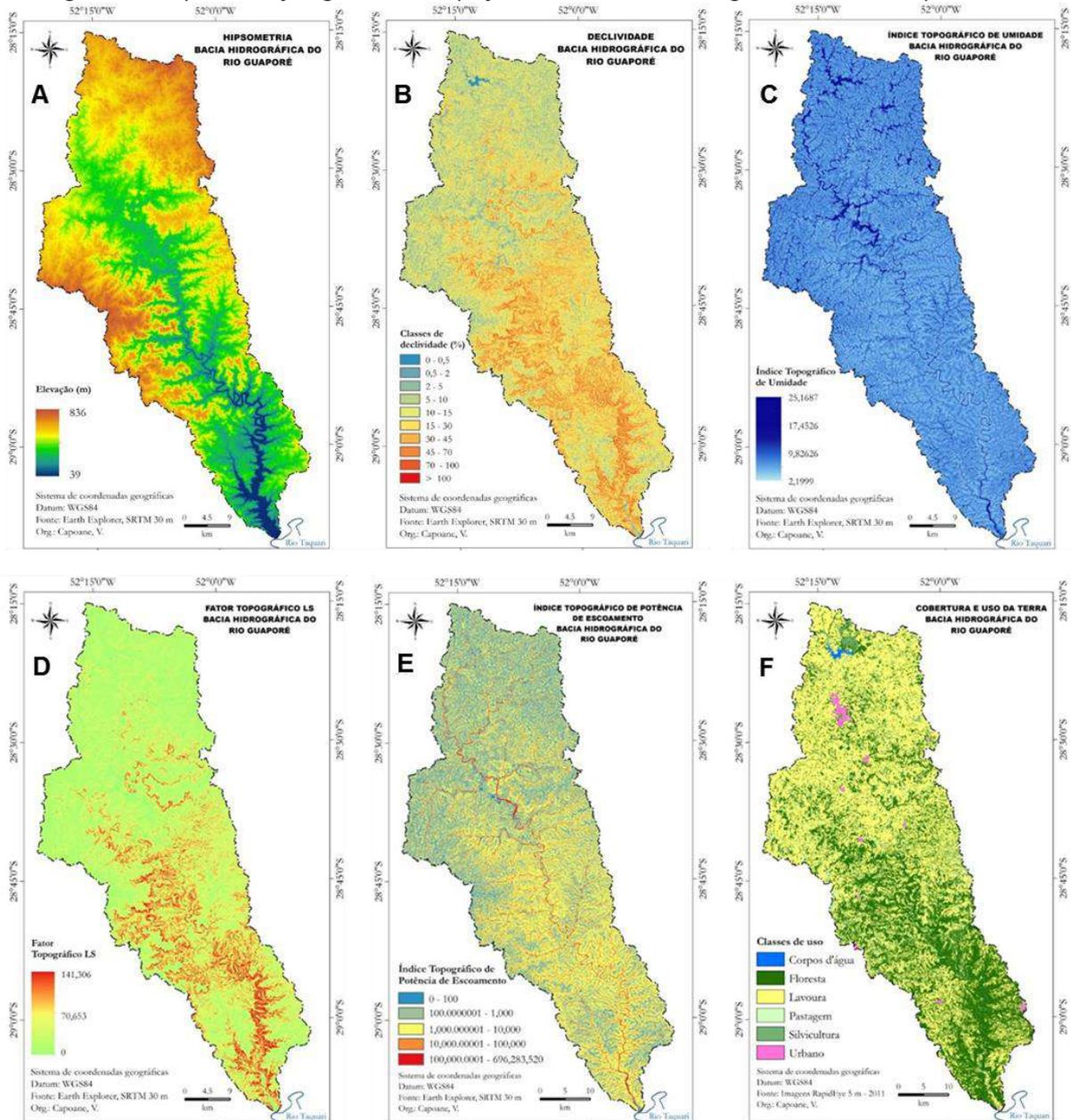
monitorados por Ramon (2017) durante 15 anos (2002 a 2016) em uma estação meteorológica localizada no Município de Arvorezinha, aferiu-se precipitação média anual de 1.938mm. A precipitação máxima ocorreu no ano de 2014 (2.529mm), enquanto a mínima foi registrada no ano de 2004 (1.396mm). Segundo os dados monitorados, o mês de outubro apresentou a maior média (223mm), seguido de julho (196,8mm) e de setembro (195,2mm).

A Bacia Hidrográfica do Guaporé possui uma flora autóctone bastante diversificada, que funciona como um corredor de ligação entre vários ambientes do Rio Grande do Sul. A caracterização da vegetação compreende quatro tipologias. Nas áreas próximas aos fluxos de água do terço médio e inferior da BH predomina a Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia). A Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária) predomina no restante da área do terço médio e inferior. No terço superior da BH, do lado oeste do Rio Guaporé, predomina a Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta de Araucária) e, do lado leste, o Estepe Gramíneo Lenhoso com Floresta de Galeria (SEMA, 2012).

A formação geológica está concebida quase totalmente por litologias da Bacia do Paraná. É caracterizada pelos fluxos de lava vulcânica da formação Serra Geral, tipificada por Caxias, Gramado e Paranapanema, cobrindo respectivamente 72,2; 26,1 e 1,7% da área (TIECHER et al., 2017). Conforme estes autores, as variações características da paisagem e do material de origem resultaram, na seguinte distribuição do solo: Ferralsol (31,2%), Luvisol (24,2%), Nitosol (21,4%), Acrisolo (16,6%) e Leptosol (6,6%). Na porção norte da BH, onde a altitude é maior, predominam os tipos Ferralsol e Nitosol. Na parte sul da bacia, onde a topografia é montanhosa, encontra-se principalmente Leptosol.

A topografia na BH do Rio Guaporé varia de ondulada à montanhosa. Na porção norte, há predomínio de classes de relevo suave a moderadamente ondulado (3 a 12%). Na região sul da BH, as classes de relevo forte ondulado a escarpado são predominantes (>20%) (CASTRO LIMA, 2017). As cotas altimétricas da BH variam de 39 a 836 metros, sendo a amplitude de 797 metros (Figura 3 – A).

Figura 3 – Representação gráfica do espaço físico da Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé



Notas: (A) Hipsometria, (B) Classes de declividade para a Bacia Hidrográfica, (C) Índice topográfico de umidade, (D) Fator topográfico LS para a Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé, (E) Índice topográfico de potência de escoamento e (F) Uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé.

Fonte: Autoria própria.

As cotas mais elevadas encontram-se na porção norte-nordeste e oeste-sudoeste. A classe de declividade predominante é de 15-30%, que compreende 29,7% da área da bacia, seguida das classes 5-10; 10-15; 30-45; 2-5; 45-70; 0,5-2; 70-100; 0-0,5 e >100%, que representam 20,4%; 18,2%; 13,4%; 8,5%; 6,8%; 1,9%; 0,9%; 0,2% e 0,1% da área da bacia hidrográfica, respectivamente (Figura 3 – B). As áreas mais declivosas encontram-se predominantemente na porção sul da bacia.

O Índice Topográfico de Umidade (ITU) varia de 2,1 a 25,1 com média de 7 e desvio padrão de 2,8. A cor azul escuro da Figura 3 – C representa as áreas com maior potencial de saturação hídrica, logo, com maior potencial de acúmulo de água e geração de escoamento superficial, típico de solos hidromórficos. Na BH essas áreas estão localizadas ao longo dos cursos de água e nascentes, sendo mais expressivas na região norte, onde predomina o relevo suave ondulado do planalto do RS. As cores intermediárias representam pendentes de curvatura convergente, locais onde os fluxos tendem a se concentrar, aumentando a umidade do solo. Estas áreas estão principalmente no terço inferior das encostas, nos interflúvios mais extensos e próximos das nascentes. A cor azul claro indica locais com baixa umidade do solo e estão presentes em vertentes divergentes, em locais com declive acentuado com solos rasos e nos interflúvios de pequena extensão.

O fator topográfico LS varia de 0 a 141,3, com média de 3,8 e desvio padrão de 3,1. A cor verde da Figura 3 – D representa áreas caracterizadas por relevo plano e suave ondulado com declividades inferiores a 8%, localizadas predominantemente nos fundos de vale e na região do planalto. Na transição das cores verde para vermelho, predominam declividades entre 8-20%. As cores avermelhadas representam as áreas mais declivosas da bacia hidrográfica. A transição da cor amarela para a vermelha indica que, quanto maior os valores do fator topográfico LS, maior a energia dos fluxos superficiais e conseqüentemente do poder erosivo, aumentando, assim, a susceptibilidade à perda de sedimento e transferência de poluentes.

O Índice Topográfico de Potência de Escoamento (ITPE) varia de 0 a 696.283.520 (Figura 3 – E), o desvio padrão é de 4.071,7 e a média, 130,7. Os valores altos do IPE correspondem às áreas íngremes, lineares e escarpadas, indicando locais na paisagem com maior risco de aparecimento de canais de erosão e ravinas. Os baixos valores ocorrem em áreas planas e de várzeas, indicando locais de menor risco de ocorrência de processos erosivos por fluxos concentrados. De acordo com o índice ITPE, a cor vermelha e laranja representam áreas com alto potencial de fluxo, conseqüentemente, com potencial a erosão. Situam-se principalmente ao longo dos canais de drenagem, onde a energia do escoamento atua com maior intensidade. Esses locais demandam manejo compatível com a zona ripária. A cor amarela se encontra principalmente no terço médio da BH, representa áreas de encostas e declive acentuado o que possibilita



a aceleração do fluxo e potencial ao escoamento. A cor verde representa áreas com declive entre 5 e 8%. A cor azul indica locais com baixo potencial de escoamento; conseqüentemente, de erosão hídrica por fluxo de escoamento concentrado. Tais locais apresentam baixa energia erosiva em função da redução da velocidade dos fluxos superficiais, sendo localizadas no fundo de vales e interflúvios mais extensos com relevo suave e baixas declividades.

O mapa de uso e cobertura da terra (Figura 3 – F) reflete o relevo na conversão de florestas para a agricultura. Na porção norte, inserida no Planalto do RS, as áreas florestais foram suprimidas, restando fragmentos ao longo dos cursos de água. O relevo é suave ondulado e predominam estabelecimentos com áreas maiores (área média de 39ha), que cultivam a terra no sistema plantio direto e onde o cultivo de soja é mais expressivo no verão (IBGE, 2018).

Na porção sul da bacia, o relevo é forte ondulado e a agricultura é praticada em estabelecimentos agrícolas com área média de 19ha. Os cultivos de milho e tabaco, manejados no sistema convencional, são mais significativos. No inverno as áreas ficam em pousio com aveia ou sob pastejo. Nessa porção da bacia, as áreas florestais e o cultivo de erva-mate são mais representativos devido as características do relevo – forte ondulado – que dificulta o manejo dos solos (IBGE, 2018).

A classe de uso e cobertura da terra com maior proporção na BH do Guaporé é a de lavoura, representando 54,6%, sendo mais expressiva no Norte, enquanto que as florestas ocupam 36,8% da área da bacia, sendo mais expressiva na porção sul em função do relevo acidentado. A classe pastagem ocupa 4,8% da área; a silvicultura, 2,6%; as áreas urbanas correspondem a 0,7% e a classe corpos de água, a 0,5% da área da bacia.

A vegetação apresenta diferentes fitofisionomias (SEMA, 2012): há ambientes onde a vegetação natural está em estado preservado, áreas localizadas principalmente em encostas íngremes desfavoráveis para execução de práticas agrícolas mecanizadas e menos propícias aos cultivos. Contudo, mesmo nestas áreas com baixa aptidão agrícola é possível verificar locais em que a vegetação natural foi suprimida em favor das atividades agrícolas em minifúndios ou para permitir a formação de pequenos aglomerados urbanos.

3.2. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUAPORÉ

A população dos 25 municípios, totalmente inseridos (ou parcialmente) na área de drenagem da BH do Guaporé foi estimada pelo IBGE (2018) em 412.602 habitantes, sendo 14,8% residentes em domicílios rurais. Dentre os municípios que possuem a sede no interior da BH, o município de Marau tem maior número de habitantes e a maior concentração vivendo na área urbana (IBGE, 2018).

Mesmo que este trabalho não esteja diretamente interessado em observar as perturbações de origem urbana, considera-se relevante mencionar alguns dados disponibilizado pelo Atlas de Esgotos, elaborado pela Agência Nacional das Águas. Mais de um terço do volume dos efluentes dos municípios da BH não é coletado nem tratado (33,7%), 20,2% são coletados e não tratados, enquanto 19,1% são coletados e tratados (ANA, 2017). Outros 27% são atendidos por solução individual (fossa séptica). Neste sentido, existem estudos realizados na BH do Rio Guaporé (ZAFAR et al., 2017; BENDER et al., 2018; TIECHER et al.; 2019) que associam a disponibilidade de fósforo (P) na água às áreas antropizadas. Os autores concordam que a presença do P nas águas do Rio Guaporé e afluentes tem origem orgânica (esgotos urbanos) e origem mineral (utilização de fertilizantes na agricultura).

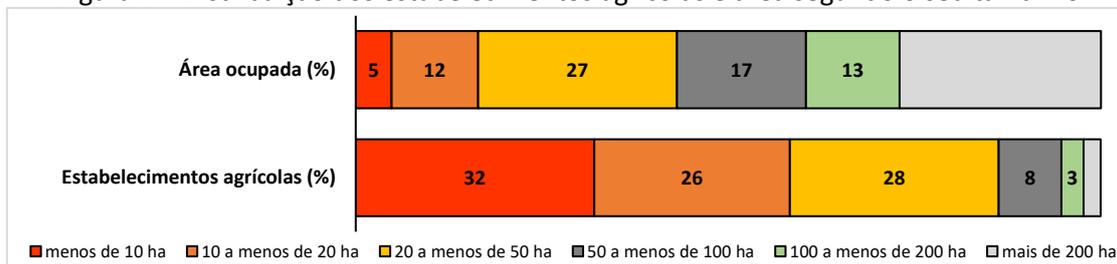
Os estabelecimentos agropecuários dos municípios da BH do Rio Guaporé representam 4% do total de estabelecimentos do Rio Grande do Sul, sendo que ocupam 2% da área do estado. A área média deles é de pouco menos de 34ha. Observa-se na Figura 4 que apenas 5% dos estabelecimentos possuem área superior a 100 hectares, estes ocupam 40% da área total. Por outro lado, aproximadamente 88% dos estabelecimentos possuem menos de 50ha e ocupam 44% da área, enquanto os estabelecimentos com área inferior a 20ha (58% do total) ocupam 17% da área da BH (IBGE, 2017a).

Os dados demonstram que, que os sistemas de produção agrícola são tipicamente familiares. Entende-se por “agricultor familiar” aquele que detém área não superior a quatro módulos fiscais, utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas de seu estabelecimento, tenha porcentual mínimo da



renda familiar originado de atividades econômicas de seu estabelecimento e que as atividades sejam geridas pela família (TROIAN et al., 2020b).

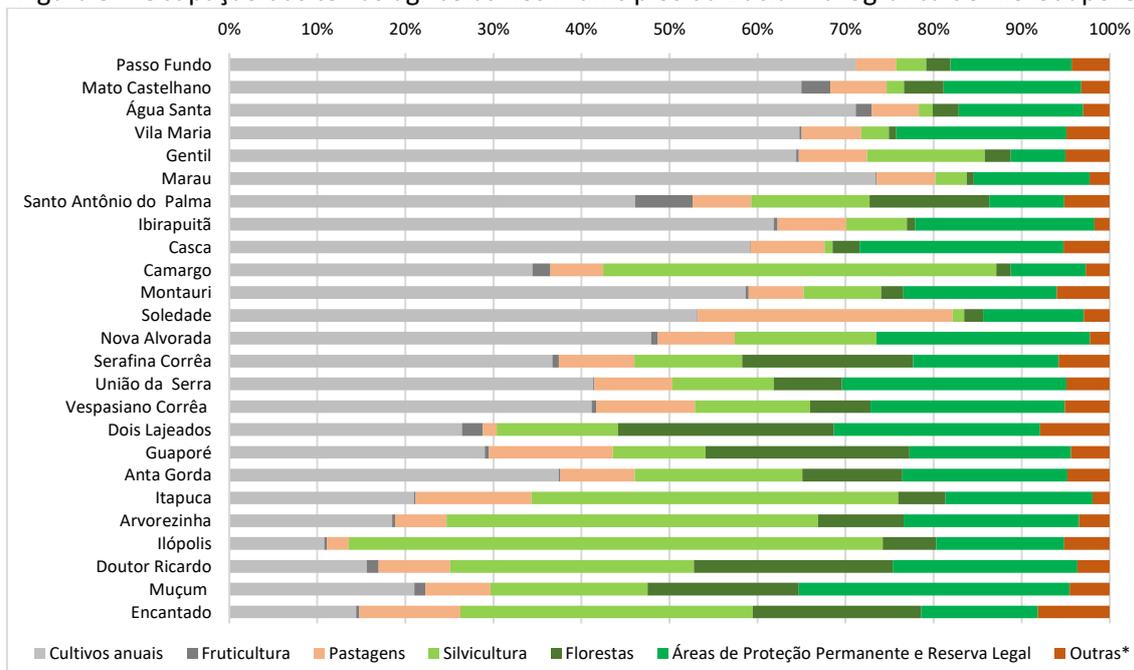
Figura 4 – Distribuição dos estabelecimentos agrícolas e área segundo o seu tamanho



Fonte: Autoria própria, com base em dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017a).

Segundo os dados disponibilizados pelo IBGE, a proporção média de ocupação das áreas entre os municípios que compõem a BH do Rio Guaporé é a seguinte: Cultivos Anuais (44,1%), Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) (13,7%), área de pastagens (9,8%), silvicultura (11,4%), florestas naturais e plantadas (5%) e fruticultura (0,5%). O restante (15,5%) é destinado a usos não agrícolas (IBGE, 2017a). Observa-se que há uma inversão entre as proporções das áreas de cultivos anuais e das explorações agrícolas perenes entre os extremos geográficos Norte-Sul da BH, quando os municípios são dispostos da montante a jusante, conforme apresenta a Figura 5.

Figura 5 – Ocupação das terras agrícolas nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé

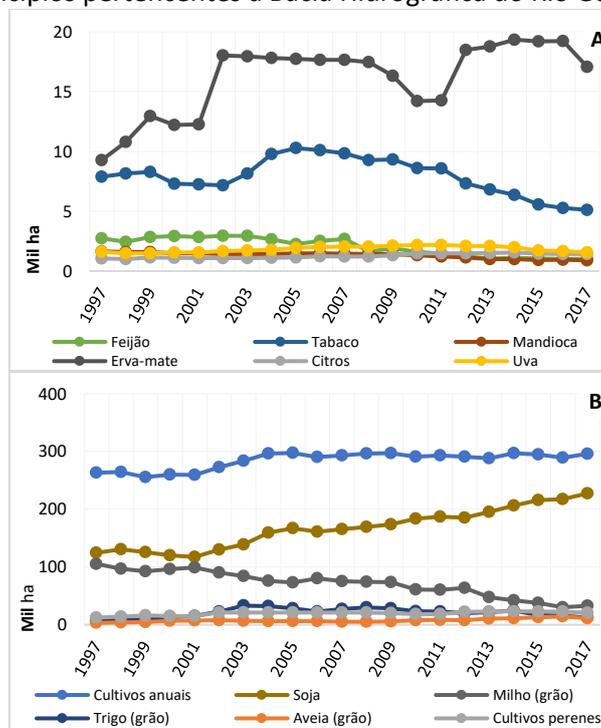


Nota: (*) Áreas ocupadas por água, construções, benfeitorias ou estradas; terras inaproveitáveis.

Fonte: Autoria própria, com base em dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017a).

Além dessa diferenciação regional de uso da terra, nos últimos 20 anos, constata-se algumas alterações na composição dos principais sistemas de produção da região. Evidencia-se acréscimo de 67% na área de silvicultura, que corresponde à produção de eucalipto, pinus e erva-mate. Esse aumento foi impulsionado principalmente pela ampliação da área de cultivo de erva-mate, que praticamente dobrou no período analisado, atingindo mais de 17 mil hectares (Figura 6 – A). Ademais, é muito provável que a silvicultura, destacada na porção sul da BH, tenha aumentado em detrimento das áreas de florestas nativas e de áreas antes destinadas aos cultivos anuais (caso comuns nos municípios de Ilópolis e Encantado) (IBGE, 2017b).

Figura 6 – (A e B) Evolução da ocupação da área das principais explorações agrícolas nos municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé



Fonte: Autoria própria, com base em dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017b).

A área com cultivo de eucalipto e pinus diminuiu aproximadamente de 15% no período equivalente a 2013 e 2017. O fenômeno foi mais evidente nos municípios de Encantado, Camargo e Soledade. Por outro lado, a área de fruticultura teve ampliação de 16,5% nos últimos vinte anos, em que se destacam o citros, videira e nogueiras (IBGE, 2017b).

A área de cultivos anuais teve acréscimo de 12,5% nos últimos 20 anos (Figura 6 – B), enquanto que o crescimento da área de cultivos anuais em nível nacional foi de

74% no mesmo período. Mesmo com o registro de uma ampliação na área cultivada nos municípios das BH, destaca-se que, em 14 dos 25 municípios a área diminuiu no mesmo período. Isso significa que menos da metade dos municípios ampliaram suas áreas com cultivos anuais. Um dos municípios que mais ampliou foi Soledade, que apresentou acréscimo de 400% na área de cultivos anuais. Neste caso destaca-se a conversão de áreas de campo nativo para lavoura de grãos, especialmente da soja transgênica (IBGE, 2017b).

Ademais, houve crescimento da área cultivada com soja (83%), enquanto a área com cultivo de milho diminuiu (- 69%) entre 1997 e 2017 na BH (IBGE, 2017b). Contudo, mesmo com a diminuição da área cultivada, a produção de milho aumentou 88% no mesmo período, o que representa significativo acréscimo na produtividade, que passou de 46 para 129 sacas/ha em média. Paralelamente, no Brasil, além de aumento na produtividade de milho (de 42 para 92 sacas/ha, em média), houve também acréscimo equivalente a 38% na superfície cultivada entre 1997 e 2017 (IBGE, 2017b).

Ainda sobre o comportamento da soja, é notório que ela passou a ser uma das principais commodities do continente americano neste período. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), o Brasil é o maior produtor mundial, sendo responsável por aproximadamente 37 % da soja produzida no planeta na safra 2020/21. No Rio Grande do Sul a soja passou a fazer parte da paisagem dos minifúndios, garantindo a terceira colocação entre os estados brasileiros. A situação análoga a encontra na BH do Guaporé, onde o cultivo do grão ocupa 76% da área destinada aos cultivos anuais de verão (IBGE, 2017b).

Com relação aos sistemas de criações animais nos municípios da BH, nota-se que entre o período de 1997 a 2017 o número de vacas leiteiras teve aumento médio de 44% (IBGE, 2017b). Conforme dados do IBGE (2017a), 75% dos estabelecimentos da BH do Rio Guaporé com bovinos de corte e 79% dos estabelecimentos com vacas ordenhadas possuem entre 5 e 50ha. Esses estabelecimentos possuem 70% dos bovinos, enquanto que 33% dos bovinos estão nos estabelecimentos de 20 a 50ha. Por outro lado, 62% das áreas de pastagens estão nos estabelecimentos com mais de 50ha. A produção média de leite do rebanho dos municípios é de 5L/dia, sendo mais de 45% concentrada nos estabelecimentos entre 20 e 50ha.

A produção de suínos brasileira foi estimada em 3,9 milhões de toneladas no ano de 2018, situando-se na quarta colocação mundial, tanto na produção como na exportação de carne. O ranking mundial é liderado pela China, com 54 milhões de toneladas produzidas no mesmo ano, na frente da União Europeia e dos Estados Unidos da América, com 24,3 e 11,9 milhões de toneladas, respectivamente. O estado de Santa Catarina é o maior produtor nacional, com 26,2% do rebanho, seguido do Paraná e Rio Grande do Sul, com 21,3% e 19%, respectivamente (EMBRAPA, 2018). No ano de 2017 existiam 6.567 estabelecimentos agropecuários, totalizando um rebanho de 574.427 animais nos municípios da BH do Rio Guaporé. Aproximadamente 30% dos estabelecimentos que criam suínos nestes municípios possuem menos de 5ha, sendo que 40% dos animais estão nos estabelecimentos agrícolas que possuem entre 20 e 50ha (IBGE, 2017a).

No que se refere à criação de aves, segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2019), o Brasil é o segundo maior produtor mundial de frangos, em 2018 produziu 12,9 milhões de toneladas de carne de frango, sendo que quase quatro milhões de toneladas são exportadas anualmente. O Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor nacional (12,5%), posicionado atrás do Paraná, maior produtor nacional (31,9%) e de Santa Catarina (13,8%) (EMBRAPA, 2018). Ressalta-se que o número efetivo de frangos nos municípios da BH do Guaporé dobrou de 1997 a 2017 (IBGE (2017a).

3.3. ZONEAMENTO REGIONAL DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUAPORÉ

Para auxiliar a identificação das diferentes paisagens agrícolas nos municípios da bacia hidrográfica, utiliza-se o zoneamento regional, que consiste em identificar e descrever no espaço geográfico as diferentes “paisagens agrárias”. A análise dá-se sobre o número e área absoluta dos estabelecimentos agrícolas por municípios e, nesta caracterização inicial dos distintos sistemas de produção agrícolas, observa-se uma tendência de os estabelecimentos diminuírem de tamanho conforme o Rio Guaporé avança da montante em direção à jusante da bacia (Figura 7 – A e B).

Com relação a organização da paisagem natural, no que diz respeito a flora e as transformações naturais e antrópicas, segundo a Lei nº 12.651/12, a Área de Preservação Permanente tem por função conservar os recursos hídricos, a paisagem, a

estabilidade geológica e a biodiversidade. Esta lei prevê, com delimitação obrigatória, a preservação de faixas marginais nos cursos de água que podem variar de tamanho em função da largura destes. Para arroios com até 10 metros de largura, a faixa mínima a ser preservada é de 30 metros em cada lado do curso de água. Para os cursos de água que tenham entre 10 e 50 metros de largura, a faixa mínima a ser preservada é de 50 metros em cada lateral do rio (BRASIL, 2012).

O Rio Guaporé, em praticamente todo o seu percurso, possui lâmina de água com largura superior a 10 metros; no entanto, a faixa marginal que deveria ser protegida pela Lei nº 12.651/12 (mínimo de 50 metros em cada lado) não corresponde. Igualmente é comum observar que muitos de seus afluentes também estão em desacordo com esta lei. Ainda conforme a Lei 12.651/12, todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa a título de Reserva Legal. Excetuando-se as áreas localizadas na Amazônia Legal e no Bioma do Cerrado, a taxa mínima prevista é de 20% da área do imóvel (BRASIL, 2012). Mesmo que as Áreas de Preservação Permanente não possam ser computadas como Reserva Legal, os dados disponibilizados pelo IBGE (2017a) indicam que, juntas, as áreas de APP e RL dos municípios equivalem a 13,7% da área total global deles. Embora os dados revelem que os estabelecimentos agrícolas estejam aquém da legislação, é possível observar que a região centro-sul da BH possui as maiores proporções de áreas com florestas – nativas e plantadas (Figura 7 – C).

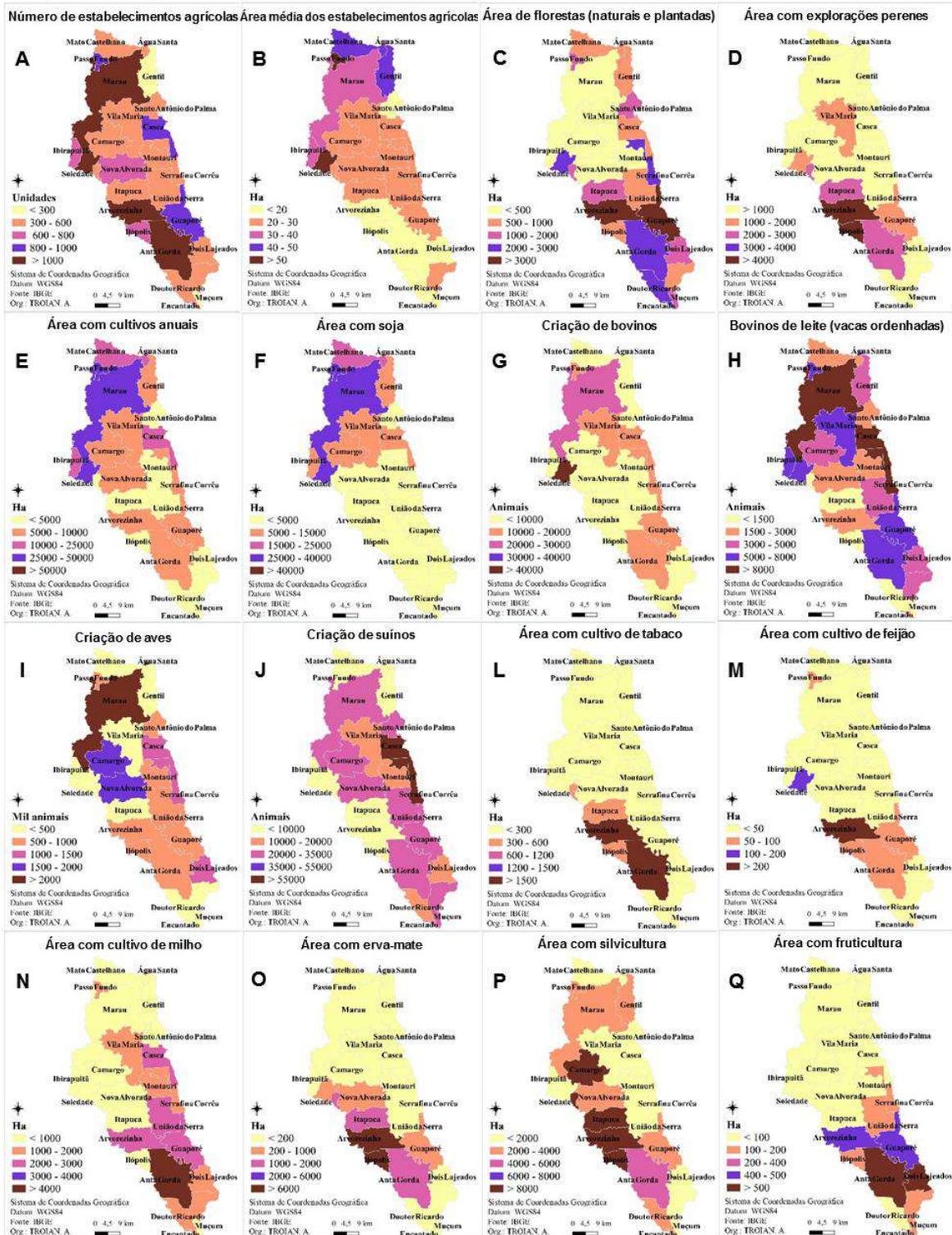
Como é possível visualizar na Figura 7 – D e E, há predominância de cultivos anuais na porção norte, enquanto ao sul prevalecem explorações perenes. Os cultivos de ciclo curto geralmente são distribuídos sobre regiões menos acidentadas do ponto de vista do relevo, bem como nas glebas mais planas dentro da propriedade rural, por demandarem um conjunto de operações – antecedentes e posteriores ao plantio – que implicam uso intensivo de máquinas e implementos agrícolas.

A região norte da BH apresenta relevo suave ondulado, solos profundos, com baixa presença de matas ciliares (zona tampão), e nela predomina o cultivo intensivo de grãos sob o sistema de plantio direto (Figura 7 – F). No verão prevalece o cultivo de soja e no inverno alternam-se os cultivos de trigo e aveia. Entre as áreas com aveia, é mais relevante o cultivo para subsidiar a alimentação dos bovinos (tanto para corte quanto para leite). Com esta constatação, é possível traçar dois sistemas de cultivos com base na produção de grãos de sequeiro: 1) grãos de sequeiro (soja/ou milho) na

primavera/verão e 2) cereais (trigo/aveia grãos) ou forrageiras (aveia/azevém) para bovinos no outono/inverno.

Além da produção de carne bovina e de leite (Figura 7 – G e H), a região norte também presencia a produção de frangos e suínos no sistema intensivo integrado aos complexos agroindustriais sediados no município de Marau (estendendo-se em direção ao centro da BH até as mediações de Nova Alvorada) (Figura 7 – I e J). A criação animal é menos destacada no extremo norte da bacia. Em específico, a produção de leite e suínos se encontra à margem esquerda do Rio Guaporé por toda a extensão da BH. Do lado direito do rio, mais ao sul da BH, nas mediações de Anta Gorda, destaca-se a produção de leite e suínos.

Figura 7 – Representação gráfica do uso e ocupação da Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé



Notas: (A) Número de estabelecimentos agrícolas; (B) Área média dos estabelecimentos agrícolas; (C) Área com florestas; (D) Área de cultivos anuais; (E) Área com explorações perenes; (F) Área com soja; (G) Rebanho bovino; (H) Plantel de vacas ordenhadas; (I) Plantel de aves; (J) Plantel de suínos; (L) Área com tabaco; (M) Área com feijão; (N) Área com milho em grãos; (O) Área com erva-mate; (P) Área com silvicultura; e (Q) Área de fruticultura dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé.

Fonte: Autoria própria, com base em dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017a).

Ainda em nível regional, o relevo da porção centro-sul da BH é declivoso e os solos são rasos com fragmentos florestais remanescentes. A agricultura praticada na metade sul da BH é de baixa intensidade, cultivada sob o sistema de plantio convencional. Há predomínio do cultivo de tabaco, feijão e milho (Figura 7 – M e N). Outros cultivos com menor impacto econômico na renda das famílias se fazem presentes, como mandioca, batata-doce e olerícola. As áreas de lavouras são segmentadas e compartilham a paisagem com áreas de florestas remanescentes e áreas de exploração permanente.

Na margem direita do Rio Guaporé estão as explorações permanentes, como o cultivo da erva-mate. Os municípios de Ilópolis e Arvorezinha, com áreas de 6.800 e 6.500ha, respectivamente, são os maiores produtores. Juntos produziram 130.280 toneladas em 2017, o que corresponde a 43% da produção do Rio Grande do Sul e a 20% da produção nacional de erva-mate (IBGE, 2017b). Ainda sobre as explorações perenes, na margem direita do rio, na porção centro-sul da BH, destaca-se a silvicultura – produção de madeira a base de eucalipto e pinus) e, na margem esquerda do rio, a fruticultura (Figura 7 – O, P e Q).

Inserida em ambientes de mudanças e em evolução, sem grande rigor é possível dividir a BH do Guaporé em duas grandes regiões agrícolas. Mais ao Norte, em uma região equivalente a um terço de sua área, o relevo é quase nivelado e há aproximadamente 20 anos os agricultores adotaram o sistema de plantio direto. Inicialmente predominava o cultivo de milho; entretanto, após a legalização da soja transgênica no Brasil, repentinamente o cultivo de milho foi substituído pelo de soja. Portanto, atualmente nesta região norte da BH há predomínio de soja, com reduzidas área de milho (excepcionalmente para silagem); ambos cultivos são semeados entre setembro e novembro. No cultivo de soja são utilizadas significativas doses de herbicidas e fungicidas, incluindo o 2.4-D para plantas resistentes ao glifosato (CASTRO LIMA et al. 2020).

Elementos técnicos e socioeconômicos contribuem para essa diferenciação no cultivo de soja entre as regiões norte e centro-sul da BH, como a produtividade por unidade de área e a baixa demanda por força de trabalho. O preço da soja no mercado internacional também está entre os fatores que têm estimulado os agricultores à especialização na commodity. Por exemplo, o rendimento médio por hectare da soja na



safras 2020/21 foi de 3.529kg (58,8 sacas/ha) no Brasil. O preço de venda no atacado em fevereiro de 2021 foi de R\$ 164,1 a saca (CONAB, 2021). Equivale ao rendimento bruto superior a R\$ 190.000,00 em um ano agrícola, se cultivados 20ha.

É possível observar um conflito entre as lavouras de soja e a produção de leite na primavera/verão. Com as lavouras cultivadas, os animais ocupam áreas marginais, geralmente ao longo do curso de água, ao redor da sede da propriedade e em solos não cultivados (CASTRO LIMA et al., 2020). Também estão presentes nestes espaços agricultores especializados na produção de leite que produzem silagem de milho na primavera/verão e pastagens de inverno (aveia e azevém). Os animais têm acesso diário e direto ao curso de água. Além disso, há também agricultores integrados à suinocultura e à avicultura.

No que toca aos elementos agroecológicos, o relevo fortemente ondulado e os solos rasos com afloramentos de rocha limitam a ampliação da área de soja na porção centro-sul da BH. Nestes dois terços da área da bacia, o uso da terra é mais diversificado e predomina o uso intensivo do solo sob o sistema convencional com produção de tabaco e cereais para a produção de forragens, com revolvimento do solo ao menos duas vezes ao ano.

Nesta região se encontra uma das maiores densidades de produção de tabaco do RS. Esta produção ocorre em áreas periféricas com alta declividade, pedregosas e na beira dos arroios, considerados ambientes frágeis ecologicamente (KAISER et al. 2015). Também se destaca o cultivo de milho, geralmente para consumo intermediário nos estabelecimentos, entre outros cultivos destinados ao autoconsumo. Em ambos casos há forte conflito ambiental, especialmente pelo fato de os solos (Neossolos, Cambissolos e Chernossolos) serem naturalmente férteis do ponto de vista químico e frágeis do ponto de vista físico, pois têm baixa capacidade de armazenamento de água e são suscetíveis à erosão.

Por outro lado, as explorações perenes têm sido largamente difundidas nos últimos anos. A produção de erva-mate que vivia de ciclos no passado se solidificou no momento atual. O mercado garantido, preços estáveis e a baixa demanda por mão de obra têm se tornado atrativo para os agricultores familiares que possuem terra com baixa aptidão agrícola. Caso similar, porém, com menor extensão de área e importância econômica, ocorre com o reflorestamento de eucalipto e pinus e com a produção de

frutas. Finalmente, nesta parte centro-sul da BH há também sistemas integrados de avicultura e suinocultura, bem como de produção leiteira.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O objetivo de apresentar um levantamento nos atributos da paisagem, ao qual foram incorporadas variáveis físicas e sociais para o tratamento da problemática socioambiental bacia hidrográfica do Rio Guaporé retratou algumas considerações importantes:

- i. A BH do rio Guaporé apresenta uma situação bem definida quanto ao uso da água: (a) para a produção e consumo, quer dizer, para atender a demanda dos cultivos agrícolas e dessedentação animal e humana; e (b) para a diluição de resíduos. Neste último, três tipos de resíduos podem ser considerados: (b₁) efluentes de origem doméstica, (b₂) efluentes industriais; e (b₃) suporte para diluição de dejetos animais e de outros resíduos das atividades agrícolas, a exemplo dos fertilizantes minerais e agrotóxicos.
- ii. A região norte da BH apresenta relevo suave ondulado, solos profundos. As características naturais do ambiente e do solo são favoráveis para cultivos agrícolas, contudo, nesta região, especialmente nas áreas localizadas ao longo dos cursos de água e nascentes, há significativo potencial de saturação hídrica, o que aliada a baixíssima presença de matas ciliares (zona tampão), amplia o potencial de transferência de poluentes agrícolas para os cursos de água (nitrogênio, fósforo e agrotóxicos). Nesta região, os agricultores adotaram o sistema de plantio direto a mais de duas décadas, inicialmente predominava o cultivo de milho, entretanto, após a legalização da soja transgênica no Brasil, o cultivo de milho foi substituído pelo de soja. Neste sistema são utilizadas significativas doses de herbicidas e fungicidas. Ainda nesta região há de se destacar o importante papel da água na função de diluição das altas concentrações de efluentes industriais e domésticos na proximidade do município de Marau.
- iii. A porção centro-sul, equivalente a dois terços do polígono da BH, possui relevo declivoso, os solos são rasos, características indicam baixa capacidade de armazenamento de água, elevado grau de potência para o escoamento



superficial, logo, mais suscetível à ocorrência de processos erosivos. Em geral os solos cultivados são de textura média com baixa capacidade de suporte e o ambiente é de encostas, geralmente com declividade acima dos 16 graus. Contudo, a área medias dos estabelecimentos agropecuários, assim como a superfície agrícola útil, é inferior, comparada à área média da outra fração da BH, por isso, paisagem agrária conta com a presença de florestas remanescentes que atuam como barreiras e minimizam a transferência de sedimento e poluentes perdidos das áreas agrícolas para os corpos de água. A produção de erva-mate, o tabaco e a criação intensiva de animais no regime de integração com a indústria prevalecem nessa região.

Em linhas gerais, na BH do Guaporé as pressões aos ecossistemas aquáticos ocorrem de forma pontual, pela indústria de médio e grande porte concentrada na região urbana de Marau, e através das atividades agropecuárias que, na maioria das vezes, não possui um ponto específico de lançamento ou geração de poluente. Assim, ressalta-se que o ecossistema aquático está cada vez mais pressionado pelo desenvolvimento das atividades antrópicas e pela falta de cuidados individuais e coletivos da população.

Alguns rios, e até mesmo pequenos arroios, se encontram contaminados e poluídos. Nas áreas urbanas, é necessário aumentar a velocidade dos investimentos em saneamento básico. Independentemente do tamanho da cidade, todos os pequenos municípios deveriam ter rede de esgoto e tratamento do mesmo antes de lançá-los para os corpos de água.

Em áreas rurais sugere-se que o uso da terra seja ajustado a aptidão agrícola, e que sejam incorporadas práticas conservacionistas de manejo do solo e água, com por exemplo: (i) preparar o solo com menor revolvimento (plantio direto ou cultivo mínimo); (ii) manter o solo coberto com palhada para reduzir a energia do impacto das gotas de chuva; (iii) cultivar o solo de acordo com nível do terreno e utilizar barreiras físicas de contenção da água da chuva para reduzir a velocidade e o volume de escoamento superficial; (v) utilizar menos agroquímicos e (iv) restaurar áreas de preservação permanentes, sobretudo nas nascentes e cursos de água.

Finalmente, um dos grandes desafios contemporâneos para o desenvolvimento das atividades agrícolas, regional e também global, é superar e transcender os conflitos

ambientais, explorando o potencial e as sinergias decorrentes de suas interações com o meio ambiente. Como sugestão, recomenda-se para futuras investigações nesta linha temática identificar as possíveis mudanças de estado físico, químico e biológico do sistema aquático da BH e avaliar os prováveis impactos refletidos nos ecossistemas e na saúde dos habitantes daquela região.

REFERÊNCIAS

- ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **O Brasil Avícola**, 2018. Disponível em: <<https://abpa-br.org/mercados/>> . Acesso em: 08 ago. 2021.
- Almeida, P. F., Silva, J. B. L., Neves, F. M. Vulnerabilidade Ambiental do Município de Teixeira de Freitas – BA. **Revista Brasileira de Geografia Física** [online], v.13, n.4, p.1587-1609, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/issue/view/2963>>. Acesso em 08 de out. 2020.
- ALVARES, C. A. Stape, J. L.; Sentelhas, P. C. M.; Gonçalves, J. L.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** [online], v.22, n.6, p.711-728, 2014. Disponível em: <10.1127 / 0941-2948 / 2013/0507>. Acesso em: 20 de out. 2020.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **ATLAS ESGOTOS: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>>. Acesso em: 10 set. 2019.
- BENDER, M. A., RHEINHEIMER, D. S., TIECHER, T., MINELLA, J. P. G., BARROS, C. A. P., RAMON, R. Phosphorus dynamics during storm events in a subtropical rural catchment in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment** [online], p.93-102, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.004>>. Acesso em: 21 de ago. 2021.
- BEROLDT, L. A., GRISEL, P.N., SCHMITZ, J. A K. **Evolução e diferenciação da agricultura no Vale do Taquari**: um estudo comparado de dois sistemas agrários, 2007. In: MENASCHE, R. (Org.). A agricultura familiar à mesa: saberes e práticas da alimentação no Vale do Taquari. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2007.
- BLESH, J., HOEY L., JONES A., D., FRIEDMANN. H., PERFECTO, I. Development pathways toward “zero hunger”. **World Development** [online], v.118, p.1-14, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.02.004>>. Acesso em: 20 de ago. 2021.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs

4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 de mai. 2012.

CASTRO LIMA, J. A. M. **Ocorrência de agrotóxicos em águas rurais e bioacumulados em biofilmes epilíticos do Rio Grande do Sul**. 2017. 159 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/>>. Acesso em: 06 set. 2021.

CASTRO LIMA, J. A. M., LABANOWSKI, J., BASTOS, M. C., ZANELLA, R., PRESTES, O., DAMIAN; M. L.; GRANADO, E., TIECHER, T.; ZAFAR, M., TROIAN, A., GUET, T. L., RHEINHEIMER, D. S. “Modern agriculture” transfers many pesticides molecules to watercourses: a case study of a representative rural catchment of southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research** [online], 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-019-06550-8>>. Acesso em: 06 de set. 2021.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Informações Agropecuárias**, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro>>. Acesso em: 08 set. 2021.

DIDONÉ, E. J., MINELLA, J. P. G., REICHER. J. M., MERTEN, G. H., DALBIANCO, L., BARRROS, C. A. P., RAMON, R. Impact of no-tillage agricultural systems on sediment yield in two large catchments in Southern Brazil. **Journal of Soils and Sediments** [online], v.14, n.7, p.1287–1297, 2014. Disponível em: <[10.1007 / s11368-013-0844-6](https://doi.org/10.1007/s11368-013-0844-6)>. Acesso em: 20 de ago. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Estatísticas**. Central Brasileira de inteligência de aves e suínos, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/>>. Acesso em: 30 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2017**, 2017a. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017>>. Acesso em: 07 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**, 2017b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 07 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas de População**, 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>>. Acesso em: 07 out. 2019.

KAISER, D. R., SEQUINATTO, L., REINERT, D. J., REICHERT, J. M., RHEINHEIMER, D. S., DALBIANCO, L. High Nitrogen Fertilization of Tobacco Crop in Headwater



Watershed Contaminates Subsurface and Well Waters with Nitrate, 2015. **Journal of Chemistry** [online]. Disponível em: <[10.1155 / 2015/375092](https://doi.org/10.1155/2015/375092)>. Acesso em: 20 de ago. 2021.

MERTEN, G. H., MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Revista de Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável** [online], v.3, n4, p.33-38, 2002. Disponível em: <https://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf>. Acesso em: 21 de set. 2020.

OLIVEIRA, J. L., FEHR, M. Análise da Vulnerabilidade Erosiva Para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Conquistinha no Oeste de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** [online], v.12, n.7, p.2428-2444, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/issue/view/2897>. Acesso em: 19 de set. 2020.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, GEO 6: Planeta sano, personas sanas**. Resumen para responsables de formular políticas, Nairobi, 32p., 2019.

RAMON, R. **Medição da energia cinética das chuvas e definição de um índice pluviométrico para estimativa da erosividade em Arvorezinha/RS**. 2017. 90f. Dissertação (Doutorado em Ciência do Solo) - Curso de Ciência do Solo, Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/>>. Acesso em: 06 set. 2021.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (SEMA). **Plano de bacia Taquari-Antas: diagnóstico e prognóstico**. Relatório Síntese Etapa A. p.151, 2012. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em: 04 nov. 2020.

Tiecher, T., Minella, J. P. G., Caner, L., Zafar, M., Capoane, V., Evrard, O., Le Gall, M., Rheinheimer, D. S. Quantifying land use contributions to suspended sediment in a large cultivated catchment of Southern Brazil (Guaporé River, Rio Grande do Sul). **Agriculture, Ecosystems & Environment** [online], v. 237, p. 95-108, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.004>>. Acesso em: 19 de ago. 2021.

TIECHER, T., RAMON, R., LACEBY, P., EVRARD, O., MINELLA, J. P. G. Potential of phosphorus fractions to trace sediment sources in a rural catchment of Southern Brazil: Comparison with the conventional approach based on elemental geochemistry. **Geoderma**, [online], 1067–1076, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.11.011>>. Acesso em: 19 de ago. 2021.

TROIAN, A. **Análise Multidimensional das Pressões Dos Sistemas de Produção Agrícola na Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé_Brasil-RS**. 2017. 336f. Tese (Doutorado



em Agronomia) –Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS/BR, 2020a. Disponível em: <<http://guaiaca.ufpel.edu.br/>>. Acesso em 16 ago. 2021.

TROIAN, A., TROIAN, A., OLIVEIRA, S. V., PEREIRA, J. C. Desempenho dos municípios do Rio Grande do Sul na execução dos recursos do PNAE com a agricultura familiar. **Revista de Economia e Sociologia Rural** [online], v.58, n.3, p.1-18, 2020b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.204558>. Acesso em: 20 de ago. 2020.

VANACKER, V., AMEIJERAS-MARIÑO, Y., SCHOONEJANS, J.; CORNELIS, J. T.; MINELLA, J. P. G.; LAMOULINE, F.; VERMEIRE, M.; CAMPFORTS, B.; ROBINET, J.; BROEK, M. V.; DELMELLE, P.; OPFERGELT, S. Land use impacts on soil erosion and rejuvenation in Southern Brazil. **Catena** [online], v.178, p.256-266, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.03.024>>. Acesso em: 15 de ago. 2021.

ZAFAR, M; TIECHER, T; CAPOANE, V; TROIAN, A.; RHEINHEIMER, D. Characteristics, lability and distribution of phosphorus in suspended sediment from a subtropical catchment under diverse anthropic pressure in Southern Brazil. **Ecological Engineering** [online] v.100, p.28-45, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.12.008>>. Acesso em: 15 de ago. 2020.

CAPÍTULO VI

INFLUÊNCIA DO ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO NO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-6

André Pedro Maia Leite Garrido ¹
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento ²

¹ Graduando do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Sergipe – UFS

² Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Sergipe – UFS

RESUMO

A desertificação é o fenômeno pelo qual ocasiona, dentre outros fatores, a perda da capacidade produtiva dos solos, tornando-os áridos e inférteis. A ação antrópica intensifica esse processo, cujos fatores naturais desencadeadores são a suscetibilidade erosiva do solo e as condições climáticas, como por exemplo baixas precipitações. Dessa forma, esse trabalho objetiva analisar os índices de precipitação e relacioná-los ao processo de desertificação na região no semiárido sergipano. Os materiais utilizados foram artigos científicos, dados meteorológicos do Atlas Digital sobre Recursos Hídricos do Estado de Sergipe, imagem orbital OLI/LANDSAT-8 e o *software* QGIS. O procedimento técnico foi a aplicação a integração do produto gerado pelo método *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) com a média de precipitação mensal dos municípios da área de estudo, no período de 1963 a 2013. A partir do mapa de cobertura vegetal gerado pelo NDVI, obteve-se as seguintes classes: (i) corpos hídricos (63, 69 km²); (ii) solo exposto (1630,45 km²); (iii) cobertura vegetal rala (3098,72 km²) e (iv) cobertura vegetal esparsa (148,07 km²). Ao comparar os índices pluviométricos com os dados de cobertura vegetal, foi possível concluir que os municípios que possuem menores índices pluviométricos são os que apresentam maior incidência de solos expostos. Nesse sentido, destaca-se a importância de estudos que apresentam análise de parâmetros relacionados com o processo de desertificação causados pelos baixos índices de precipitação para subsidiar a mitigação dos impactos socioambientais.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Índice de Vegetação. Semiárido.

1. INTRODUÇÃO

Os fatores naturais, como variações no clima, sobretudo, termopluviométricas, em conjunto com ações antrópicas de mudança do uso e ocupação da terra, principalmente as de retirada da cobertura vegetal, propiciam a degradação do solo e dos recursos naturais, de zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, constituindo o processo de desertificação. Tal fenômeno acarreta redução ou perda da produtividade biológica do solo, empobrecendo-o no que tange sua fertilidade, e da biodiversidade local, impossibilitando atividades de subsistência da população local, e gerando custos sociais, econômicos e ambientais de difícil recuperação (CCD, 1995 *apud* SOUZA, 2015; SOUZA, 2008; SOUZA, 2015).

Segundo o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (BRASIL, 2007), no Brasil, 1488 municípios do Nordeste, Norte de Minas Gerais e do Norte do Espírito Santo encontram-se em Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD), totalizando um território de 1.340,862km². Tais áreas foram delimitadas segundo os pressupostos da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (CCD), por meio da classificação climática de Thornthwaite (1941 *apud* BRITO, 2000), a qual baseia-se no Índice de Aridez. Este índice é dado pela razão entre as médias anuais de precipitação e evapotranspiração potencial (BRASIL, 2004; GOIS *et al.*, 2015).

O estado de Sergipe é considerado uma área frágil com relação à suscetibilidade aos processos de desertificação. Nessa seara, o estado pode ser dividido em três zonas: (i) uma estreita faixa litorânea sem riscos de desertificação; (ii) uma faixa central abrangendo todo o Estado de Norte a Sul, com riscos de ocorrência do processo de desertificação; (iii) uma faixa do sertão semiárida, com riscos elevados de desertificação (BRASIL, 2010 *apud* GOIS; MELO; SOUZA, 2019). O PAN – BRASIL demonstra que o Alto Sertão é a área do estado mais afetada pelo processo de desertificação, classificando-o como muito grave, estando o mesmo na última zona supracitada (BRASIL, 2004).

Segundo Silva (2011), o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação de Sergipe (PAE-SE) estabelece que o território denominado como Microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco apresenta condições adversas que desencadeiam os processos de desertificação no semiárido. Dessa forma, é imperativo estudos com



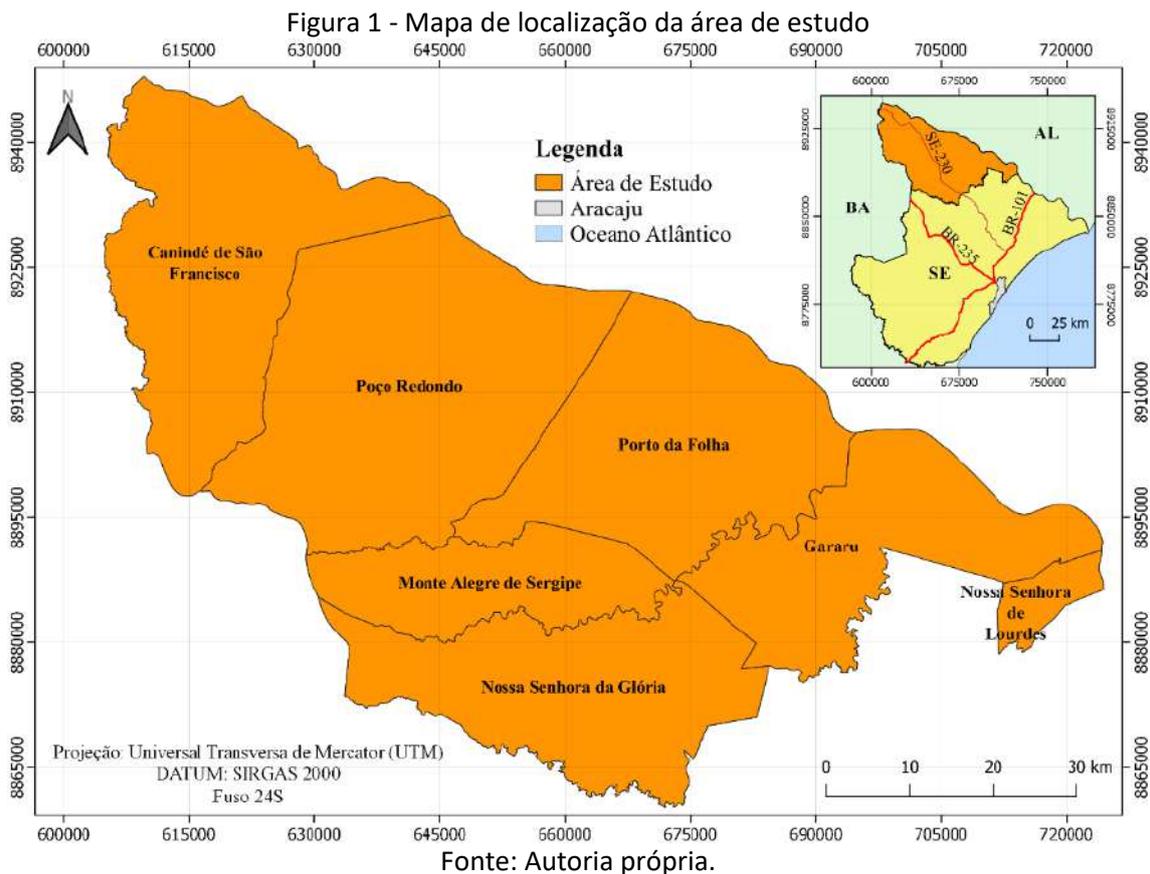
foco na conservação da vida social, econômica, política e ambiental das presentes e futuras comunidades. Escolhida como área de estudo (Figura 1), com aproximadamente 4.908 km², é composta pelos municípios de Canindé de São Francisco, Gararu, Monte Alegre de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora de Lourdes, Poço Redondo, Porto da Folha. A região apresenta temperatura média de 37°C, evapotranspiração média de 1.500 mm por ano e pluviometria média anual de 700 mm (ESTADO DE SERGIPE, 2014).

Outra característica importante da área de estudo é a Caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, fato que ressalta a relevância da área de estudo. De acordo com Sedurbs (2021), no estado de Sergipe, a fiscalização da Caatinga é de responsabilidade da Administração Estadual de Meio Ambiente (Adema) em parceria com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). No Monumento Natural *Grota do Angico* (Mona), região turística entre os municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo, a fiscalização é recorrente para coibir o desmatamento da Caatinga. O trabalho é feito pela Superintendência de Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade (Sedurbs) que administra a unidade de conservação através da Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (Serhma). Segundo SFB (2017), na área de estudo:

“A cobertura florestal é de aproximadamente 88 mil hectares, o que equivale a 18% de sua área florestal. Nas áreas de floresta é predominante a vegetação de Caatinga, que está presente em quase totalidade da área ocupada por florestas (SFB, 2017, p.63)”.

O desmatamento da Caatinga e consecutiva conversão em pastagem, cana-de-açúcar e a formação de perímetros irrigados, como por exemplo, Califórnia e Jacaré-Curitiba, perímetros irrigados localizados na área de estudo, desencadeiam e intensificam o processo de desertificação (SILVA; ANDRADE; NASCIMENTO, 2021).

Logo, tendo em vista a fragilidade e suscetibilidade da área de estudo ao processo de desertificação, o presente trabalho tem como objetivo relacionar a precipitação média mensal às áreas mais suscetíveis ao processo de desertificação.



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo desertificação foi utilizado pela primeira vez pelo pesquisador Francês André Aubreville, que ao presenciar áreas degradadas pela má utilização de recursos do solo na região da África Tropical, constatou estas apresentavam características semelhantes aos solos dos desertos. Essa região africana contava com outros aspectos que favoreciam a formações de áreas desertificadas, como déficit hídrico da solo e grande exposição solar. (AUBREVILLE, 1949 *apud* TAVARES, 2014).

Tendo em vista a situação dessas áreas da África, foi necessária a ocorrência de assembleias e conferências realizadas pelas Nações Unidas ONU nos anos de 1972 e 1974. As principais discussões dessas conferências tenham cunho ecológico-sociais e discutir os problemas que a desertificação ocasiona. Através desse conteúdo que foi preparado e discutido nos anos supracitados, a ONU, em 1977, realizou a primeira Conferência das Nações Unidas de Combate à Desertificação (*United Nations Conference on Desertification* -UNCOD), a qual ocorreu em Nairóbi (Quênia) (TAVARES, 2014). Nessa conferência, a desertificação foi classificada como:

“[...] a diminuição ou a destruição do potencial biológico das terras, podendo conduzir definitivamente para condições desérticas. A degradação, em grande extensão, do ecossistema pode implicar a redução e a destruição do potencial biológico, o que trará prejuízos para a produção de plantas e de animais para diversos fins, quando a produtividade é necessária para fornecer suporte ao crescimento das populações (UNEP, 1978, p.79, *apud* TAVARES, 2014, p. 25)”.

Após essa breve contextualização, nota-se que a desertificação constitui um dos maiores problemas que atingem, direta ou indiretamente, o mundo inteiro. No semiárido brasileiro, a suscetibilidade ao processo de desertificação está relacionada aos fatores edafoclimáticos, às mudanças climáticas e à predisposição geoecológica da região (TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019). De acordo com esses autores, as consequências são as reduções da disponibilidade hídrica e declínio das atividades agrícolas, comprometendo o fator socioeconômico e tornando a população local mais vulnerável.

O semiárido brasileiro caracteriza-se por sua baixa amplitude térmica, com média de temperatura acima de 23°C, umidade relativa do ar de aprox. 50%, e taxas de evaporação e evapotranspiração elevadas. Tal região apresenta período de chuvas irregulares que variam entre 3 e 4 meses, assim como período de escassez de chuvas que variam 7 a 9 meses, e segundo a Resolução N° 107 de 27 de Julho de 2017 da Superintendência de desenvolvimento do Nordeste (Sudene), consta os critérios de descrição: “a escassez hídrica diária [...] de 60% ou superior [...]; a média anual de pluviometria [...] de 800 mm ou inferior [...] e o índice de aridez (segundo as normas de Thornthwaite) de 0,50 ou menor” (CGEE, 2016; SILVA *et al.*, 2021, p. 23).

Tais fatores, sobretudo em conjunto com ações antrópicas de retirada da cobertura vegetal, como desmatamento e queimadas, e atividades que decorrem destas, como a compactação do solo, contaminação, impermeabilização, ocorrência de nutrientes em quantidades elevadas ou reduzidas, acidificação, entre outros acarretam menor proteção do solo a processos erosivos (CGEE, 2016, MONTARELLA *et al.*, 2016 *apud* SILVA *et al.*, 2021).

A região do semiárido brasileiro sofre, historicamente, pela ocorrência de grandes secas, que refletem de diversas formas nas vidas da população, como por exemplo, o aumento do desemprego nas áreas rurais, pobreza e fome. Por conta da irregularidade da precipitação e baixos índices pluviométricos, abaixo de 800 mm por ano, uma parte considerável da população sofre com tais condições climáticas e

meteorológicas da região (MARENGO; LACERDA, 2011). O problema crônico da falta de água, é um exemplo de problema passados pela população local, motivo que acarreta empecilhos para a realização de atividades agropecuárias (MARENGO *et al.*, 2011):

“Extremos climáticos intensos associados à degradação do solo, poderiam levar à aceleração do processo de desertificação no semiárido; assim, a possibilidade de secas mais intensas e prolongadas poderia elevar ainda mais o grau de exposição e vulnerabilidade das populações que habitam o semiárido, especialmente daqueles mais pobres (MARENGO *et al.*, 2011, p. 385)”.

O reflorestamento e diminuição de pressão sobre a vegetação e o solo são intervenções relevantes para impedir que prejudiquem mais ainda o sistema socioambiental ocasionado pela expansão dos processos de desertificação (OLIVEIRA; PINTO; MENDONÇA, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODO

Os materiais utilizados para o desenvolvimento desse trabalho foram: (i) artigos científicos; (ii) base de dados geoespaciais e dados meteorológicos do Atlas Digital sobre Recursos Hídricos do Estado de Sergipe elaborado pela SEDURBS/SERHMA; (iii) imagem do sensor/satélite OLI/LANDSAT-8 de órbita 215 e ponto 067, com data de imageamento de 10 de outubro de 2020 disponibilizada pelo *United States Geological Survey* (USGS) em seu *site* oficial. A imagem foi selecionada com base na menor cobertura de nuvem. Todos os procedimentos foram realizados no *software* QGIS versão 3.16 (QGIS Development Core Team, 2020).

A metodologia consistiu na utilização do método *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI, que é obtido a partir da seguinte fórmula: $NDVI = (A-B)/(A+B)$, onde: A é a refletância no comprimento de onda que corresponde ao infravermelho (0,76 a 0,90 μm); B é a refletância no comprimento de onda correspondente ao vermelho (0,63 a 0,69 μm).

Segundo Melo; Sales e Oliveira (2011, p. 525), através do NDVI pode-se “determinar a densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa por unidade de área (quanto maior este índice de vegetação, mais densa é a fitomassa verde)”.

De acordo com Santos *et al.* (2016), os resultados do cálculo variam de -1 a 1. É apresentando em EOS (2020) que os valores negativos do NDVI correspondem a áreas com superfícies de água, estruturas construídas pelo homem, rochas, nuvens e neve; o

solo descoberto cai normalmente dentro do intervalo 0,1 – 0,2; e as plantas terão sempre valores positivos entre 0,2 e 1. A vegetação saudável e densa deve estar acima de 0,5, e a vegetação escassa cairá muito provavelmente dentro do intervalo 0,2 – 0,5. No entanto, é apenas uma regra geral e você deve ter sempre em conta a estação do ano, o tipo de planta e as peculiaridades regionais para saber exatamente o que significam seus valores.

Novo (2010) explicita que à medida que aumenta a quantidade de vegetação verde, aumenta a reflexão na banda do infravermelho próximo e diminui a reflexão na banda do vermelho fazendo com que o aumento da razão seja potencializado, realçando assim a vegetação.

Os resultados obtidos com o NDVI foram comparados com a média de precipitação mensal de cada município, de 1963 a 2013. Esses dados são disponibilizados pela série histórica da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do mapa de cobertura vegetativa criado pelos resultados do método NDVI, foi possível confeccionar o mapa de cobertura vegetativa (Figura 2), além de mensurar as áreas classificadas utilizando o NDVI, incluindo, principalmente a área de solo exposto. O cálculo das áreas classificadas foi realizado por meio da ferramenta “r.report” do QGIS (Tabela 1).

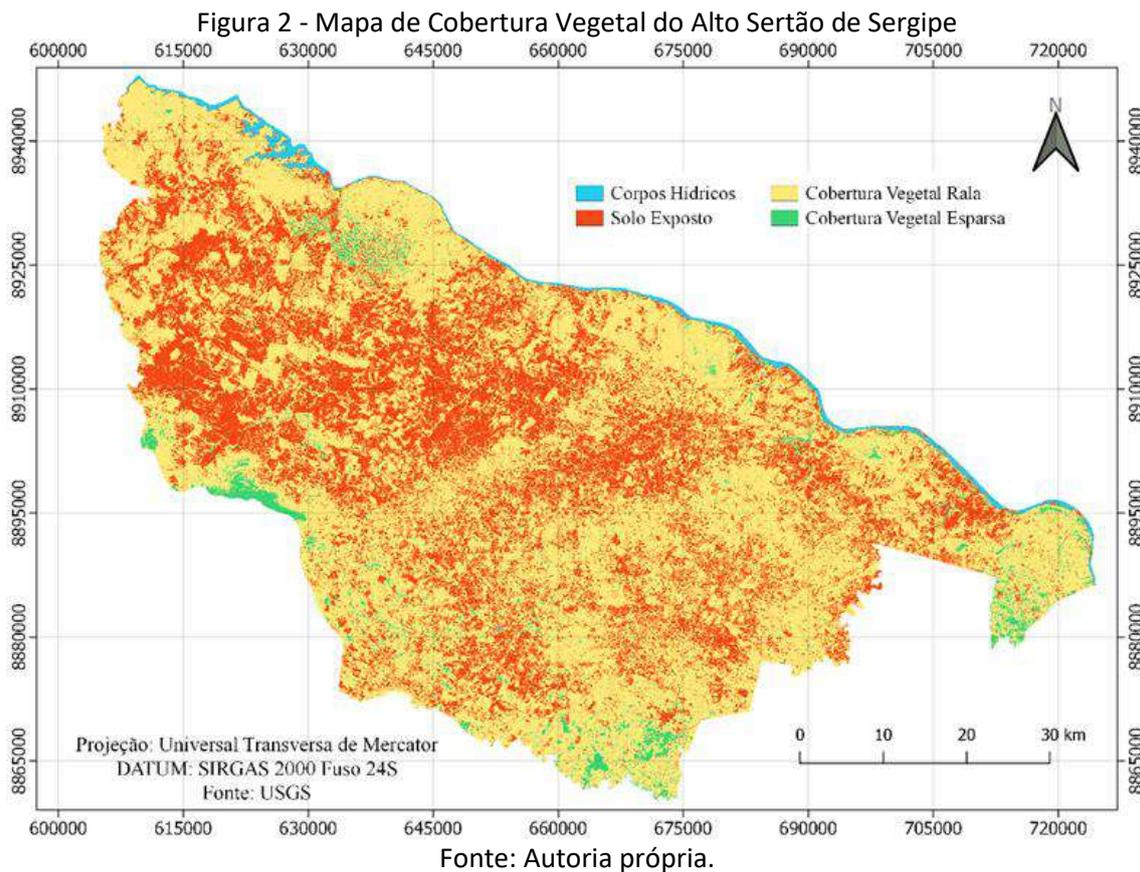


Tabela 1 - Área das Classes do NDVI

Classes	Corpos Hídricos	Solo Exposto	Cobertura Vegetal Rala	Cobertura Vegetal Esparsa	Total
Área (Km ²)	63,69	1630,45	3098,72	148,07	4939,76

Fonte: Autoria própria.

Com base nesses resultados, pode-se notar que a região do Alto Sertão de Sergipe é constituída principalmente de regiões que possuem solo exposto e vegetação rala. Por outro lado, as áreas de vegetação esparsa foram minoria e encontradas de forma concentrada em alguns pontos específicos da região. Como por exemplo, a parte Sul do Município de Nossa Senhora de Lourdes e Sudoeste de Poço Redondo.

Além da desertificação, a redução da vegetação é uma evidência do aumento da salinização, visto que há uma diminuição considerável do material orgânico propiciando a perda de nutrientes e deixando o solo exposto alterando as suas propriedades físicas e químicas (SILVA; ANDRADE; NASCIMENTO, 2021). A pastagem, de acordo com esses autores, uso do solo predominante, além de diminuir a vegetação natural, o pisoteio de animais podem vir a compactar esses solos, diminuindo a infiltração e propiciando a



acumulação de sais no solo e que gradativamente vão se acumular nas águas subterrâneas.

A fim de comparar as regiões classificadas com os índices pluviométricos das regiões que elas se localizam, foi averiguado por meio dos índices médios pluviométricos anuais entre 1960 e 2013 dos municípios pertencentes à área de estudo (Tabela 2). Essa averiguação foi possível por conta da série histórica de precipitação da Secretaria de Recursos Hídricos de Sergipe.

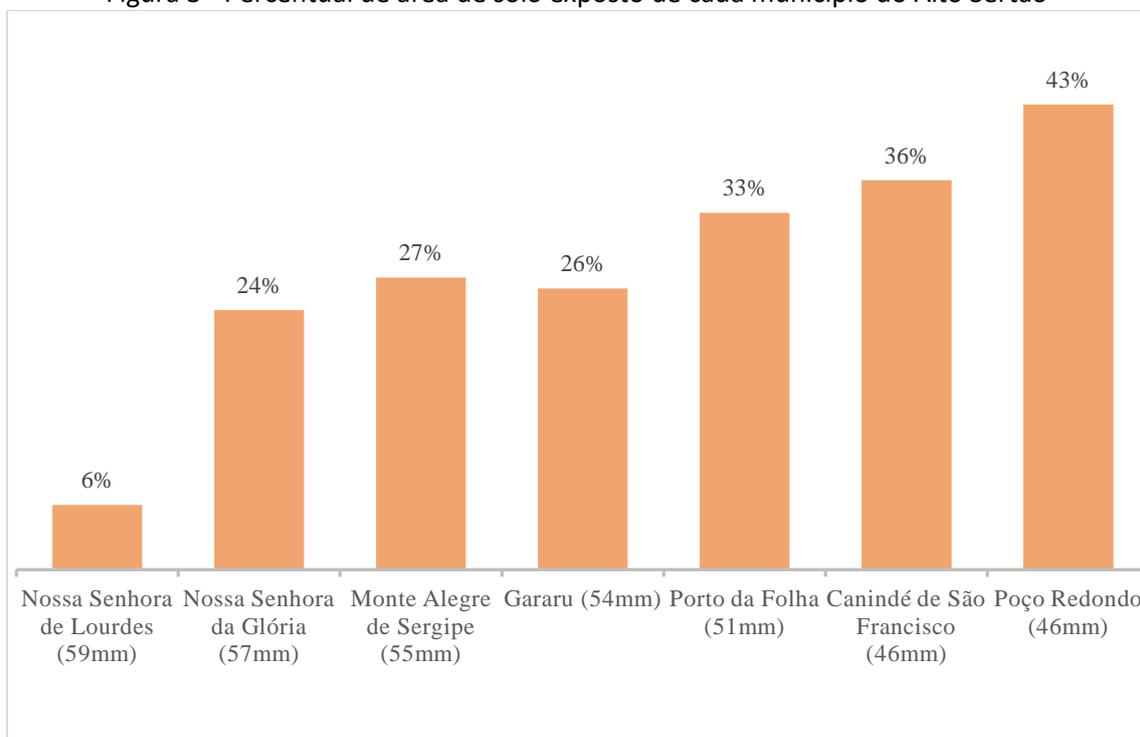
Tabela 2 - Média de precipitação por ano de 1960 a 2013

Municípios	Canindé de São Francisco	Porto da Folha	Monte Alegre de Sergipe	Nossa Senhora da Glória	Nossa Senhora de Lourdes	Poço Redondo	Gararu
Precipitação (mm)	46	51	55	57	59	46	54

Fonte: Modificado de SERH-SE *apud* OLIVEIRA (2017).

Ao comparar os dados disponibilizados pelo Centro de Meteorologia com o percentual de solo exposto em cada município, foi possível montar um gráfico de colunas que explicita de forma clara a relação da pluviometria com o percentual de solo exposto (Figura 3).

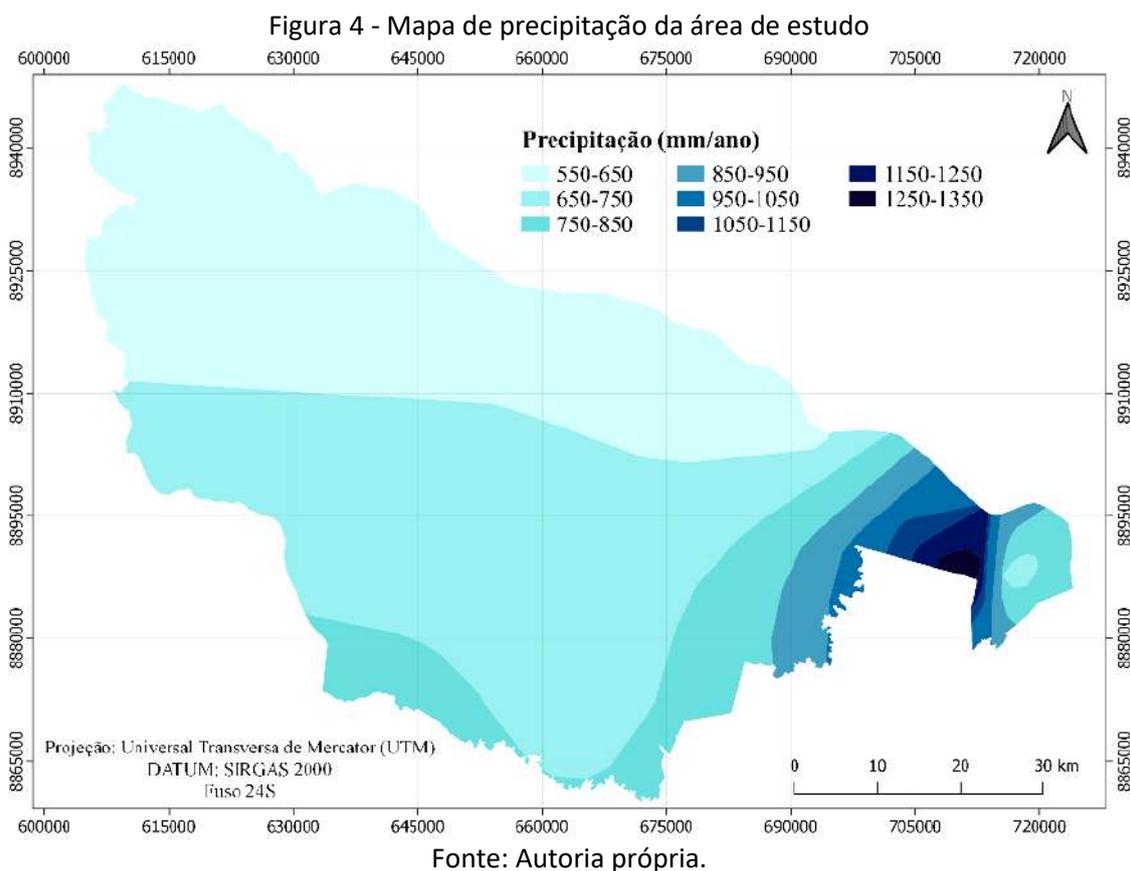
Figura 3 - Percentual de área de solo exposto de cada município do Alto Sertão



Fonte: Autoria própria.

Ao averiguá-lo, pode-se notar que municípios que possuem menores índices pluviométricos são os que apresentaram maior incidência de solos expostos, logo, os municípios que apresentam solos com maior suscetibilidade a processos de desertificação. A exceção foi o município de Gararu que apresentou percentual de solo exposto menor que Monte Alegre Sergipano, mesmo possuindo uma taxa de precipitação maior. Entretanto, é algo válido já que as taxas são muito próximas. O cálculo das áreas classificadas, também, foi realizado com a ferramenta “r.report” do QGIS.

A importância da série histórica é evidente quando se observa o mapa de isoietas (Figura 4) da área de estudo. Ao observa-lo é evidente a discrepância com os índices médios de 56 anos apresentados pela série histórica.



Esta disparidade deve-se ao fato dessa região possuir grande irregularidade pluviométrica, sobretudo, por conta do *El Niño*, fenômeno este que pode ser entendido como agente de modificação no regime de precipitação anuais que, a depender da intensidade do evento, pode resultar em secas severas (GOIS; MELO; SOUZA, 2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação ao estudo utilizado, notou-se que a precipitação é um parâmetro relevante para compreender o padrão de cobertura do solo no Alto Sertão de Sergipe, uma vez que os municípios que possuíam menores índices pluviométricos apresentaram maior incidência de solos expostos em seus territórios.

Destaca-se a importância de estudos que apresentam análise de parâmetros relacionados com o processo de desertificação para projetos que tenha como finalidade subsidiar a mitigação dos impactos causados, nesse caso, pelos baixos índices de precipitação. Tal importância se deve ao fato de que esses estudos além de mapearem as áreas que apresentam maiores riscos de desertificação, apresentam também os fatores que acarretam tais fragilidades.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca/PAN-Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos. 2004.
- BRASIL. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. João Pessoa: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos. 2007.
- BRITO, J. I. B. **Modelo regional de estimativa do balanço hídrico aplicado à variabilidade climática do Nordeste do Brasil**. 2000, 148f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.
- CGEE. CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília: CGEE, 2016. 252p.
- EOS. Earth Observing System. **NDVI FAQ: Tudo o que você precisa saber sobre o índice**. [S. l., s. n.], 2020. Disponível em: <<https://eos.com/pt/blog/ndvi-faq/>>. Acesso em: 11 jun. 2021.
- ESTADO DE SERGIPE. **Panorama Energético de Sergipe**. Aracaju: SUDEN/SE, 2014.
- QGIS Geographic Information System. **A Free and Open Source Geographic Information System**. Disponível em: <<https://www.qgis.org/en/site/>>. Acesso em: 20 set. 2020.
- GOIS, D. V. MELO, F. P.; ARAÚJO, W. S.; SOUZA, R. M. Índices de vegetação e suscetibilidade à desertificação no município de Poço Redondo – Sergipe. *In*: SIMPÓSIO SOBRE GEOTECNOLOGIAS E INFORMAÇÃO NO ESTADO DE ALAGOAS, 3., 2015, Alagoas. **Anais [...]**, Alagoas: GeoAlagoas, 2015, p. 1-7.

- GOIS, D. V.; MELO, F. P.; SOUZA, R. M. Dinâmica pluviométrica e susceptibilidade ao processo de desertificação em Poço Redondo-Sergipe. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 18., 2019, Fortaleza – CE. **Anais [...]**, Fortaleza: UFC, 2019, p. 1-12.
- MARENGO, J. A.; LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido. 2011.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. de S.; CHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. da S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 383-422.
- MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. de. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. **RA'É GA**, V. 23, p. 520 - 533, 2011.
- NOVO, E. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. Ed. São Paulo: Blucher, 2010, 389p.
- OLIVEIRA, A. R. **Desertificação do Alto Sertão de Sergipe no contexto geográfico**. 2017, 231 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, 2017.
- OLIVEIRA, A. R.; PINTO, J. E. S. S.; MENDONÇA, F. A. A desertificação no Alto Sertão de Sergipe/Brasil: abordagem na perspectiva das vulnerabilidades socioambientais. **Investigaciones Geográficas**, v. 52, p. 139 – 149, 2016.
- SANTOS, B. K. L.; COSTA, S. A. T.; ALVES, R. M.; SILVA, M. F.; CERQUEIRA, M. A. Aplicação do índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) no Parque Estadual Mata da Pimenteira, semiárido pernambucano. CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 1., 2016. Campina Grande. **Anais [...]**, Campina Grande: Realize Editora, 2016, p. 1-6.
- SBF. Serviço Florestal Brasileiro. **Inventário florestal brasileiro – Sergipe: principais resultados**. Brasília: MMA, 2017. 87p.
- SEDURBS. Superintendência de Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade. **Caatinga é preservada pelo Governo de Sergipe com manutenção de Unidade de Conservação Ambiental**. Aracaju: Sedurbs, 2021. Disponível em: <<https://sedurbs.se.gov.br/caatinga-e-preservada-pelo-governo-de-sergipe-com-manutencao-de-unidade-de-conservacao-ambiental/>>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- SILVA, D. B. S.; ANDRADE, R. O.; NASCIMENTO, P. S. R. Análise dos impactos da salinização dos solos irrigados da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco no Estado de Sergipe. In: ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE, 13, Aracaju, 2021. **Anais [...]**. Aracaju: SRH, 2021, p. 1 -6.



- SILVA, G. N. **Apresentação do Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação do Efeito da Seca – PAE-SE**. Aracaju: SEMARH, 2011, 31 slides. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/depanalucia1/apresentao-do-plano-estadual-de-combate-desertificao>>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- SILVA, M. L. O.; Lopes, K. P.; Leite, M. I. A.; Campos, K. W. N.; Soares, A. K. F. Áreas degradadas no Semiárido: Causas, situação e alternativas de recuperação. In: REDIN, E. **Ciências Rurais em Foco**. 1 ed. Belo Horizonte: Poisson. Cap. 2, p. 22 – 37, 2021.
- SOUZA, B. I. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. 2008, 189f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2008.
- SOUZA, B. I. Desertificação no Brasil: desafios e avanços teórico-metodológicos. **Revista Equador**, v, 4, n. 3, p. 66 - 80, 2015.
- TAVARES, V. C. **Desertificação em São João do Cariri (PB): uma análise das vulnerabilidades**. 2014, 109 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 2014.
- TAVARES, V. C.; ARRUDA, I. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385 - 405, 2019.

CAPÍTULO VII

PERSPECTIVAS SOBRE O TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE LODO DE ESTAÇÕES DE ÁGUA E ESGOTO: UMA REVISÃO

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-7

Naiara Jacinta Clerici ¹
Raíssa Engroff Guimarães ¹
Thalía Lopes Friedrich ¹
Laís Andressa Finkler ¹
Suzana Diel Boligon ¹
Ana Carolina Scher ¹
Letícia Slodkowski ¹

¹ Graduadas em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal da Fronteira Sul.

RESUMO

Na contemporaneidade do âmbito mundial, a urbanização acarreta em grandes aglomerados. Assim, as escalas de consumo e de produção são igualmente excessivas, aumentando-se a demanda por serviços de saneamento básico, como tratamento de água e esgoto. Nesses processos são gerados resíduos diariamente e em grandes quantidades, especialmente os lodos. Sua disposição final ambientalmente correta se torna uma das grandes dificuldades das estações, visto que grande parte do lodo gerado ainda é disposto em corpos hídricos ou aterros sanitários. Desta forma, pretende-se expor neste estudo o fluxo em que o lodo percorre desde sua geração até o seu destino final, buscando enfatizar as alternativas existentes para tratamento, recuperação ou disposição final adequada. Os resultados salientam que as técnicas de tratamento do lodo para sua reutilização e aplicação são estudadas rigorosamente e apresentam-se promissoras. Assim, identificou-se como alternativa mais adequada e economicamente viável, o reuso do lodo, por meio de diferentes formas: i) fertilizante orgânico, sendo favorável para o cultivo agrícola, ii) incorporação em construções civis, iii) bioenergia e iv) recuperação de hidróxidos. Diante do exposto, é de extrema importância analisar e caracterizar o lodo, avaliando seu potencial de utilização e, conseqüentemente, fomentar iniciativas mais sustentáveis nas estações, valorando este subproduto residual.

Palavras-chave: Destinação final. Gestão de resíduos. Resíduos sólidos especiais.

1. INTRODUÇÃO

A partir do crescimento exponencial da população, as Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) tendem a expandir-se. A demanda por água de qualidade (para diferentes aplicações) e por efluentes com características desejáveis, são os objetivos dos tratamentos de água e esgoto, especialmente no cenário onde o grande volume é postulado (TARPANI, et al., 2020; LI; TABASSUM, 2020). Um exemplo é a produção anual de lodo na China, que atingiu 30 milhões de toneladas, com 80% de conteúdo de água em 2016. Este número foi estimado em mais de 60 milhões de toneladas no ano de 2020 (HU et al., 2020).

Já no Brasil, estima-se que a produção de lodo das ETAs nos municípios operados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), em São Paulo, seja 90 toneladas por dia, em base seca. Já nas ETE's, o volume de 2015 foi de aproximadamente 750 toneladas de lodo, em base seca (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2018).

Ainda no contexto nacional, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através da Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, responsável pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2017, relata-se que entre os 5.570 municípios abrangidos pelo Censo, 2.013 possuíam ETE's em operação e 3.206 possuíam serviço de esgotamento sanitário com rede coletora em funcionamento, sendo os tipos de tratamento do esgoto enquadrados em preliminar, primário, secundário e terciário, quantitativamente pontuando que 177 municípios possuíam tratamento preliminar, 250 tratamento primário, 1.470 tratamento secundário e 272 tratamento terciário (IBGE, 2017).

Nesse sentido, os métodos de tratamento convencionais como coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e processos biológicos, além de outras técnicas não convencionais, são responsáveis pela geração do subproduto, conhecido como lodo (RAHEEM et al., 2018). Assim, é necessário o estudo de métodos que visem a mineralização deste resíduo sólido, como os tratamentos biológico, térmico, químico, mecânico, ultrassônico, via biodegradabilidade anaeróbia do lodo (GALLIPOLI et al., 2014). Com o efetivo tratamento, é possível implementar a destinação final adequada, além de aplicações distintas (HU et al., 2020; TURPANI et al., 2020;



TONANZI et al., 2020). Sobre essas aplicações, pode se citar o estudo da biotecnologia que busca o desenvolvimento de bioprodutos de valor agregado atualmente, como biocombustíveis, biopolímeros, biofloculantes e bioplásticos (BALASUBRAMANIAN; TYAGI, 2017).

O tratamento do lodo pode alcançar 60% do custo total de uma estação, visto que possui alto custo de operação, além de demandar gerenciamento específico (WANG et al., 2020). O desenvolvimento e implementação de tecnologia de tratamento de águas residuais é particularmente importante para a integração prática do tratamento, especialmente para com a recuperação de energia, a qual pode ocorrer a partir da pirólise e secagem, ou a metodologia de análise exergoeconômica do lodo, visando produzir energia geotérmica, ou seja, produção de bioenergia, podendo ser reutilizada na estação, reduzindo os custos totais de operação (LI et al., 2020; ZHONG et al., 2021).

Além, das implicações financeiras e ambientais, recentemente, em meio a pandemia global, o estudo de Yang et al. (2020), relacionou a infecção por coronavírus (COVID-19) à possibilidade de transmissão através das estações de tratamento de águas residuais, sobretudo, há um aumento do risco quando ocorre a exposição do vírus através do contato direto com o lodo. Portanto, este é um problema de saúde pública e alguns estudos vêm destacando a necessidade de maiores cuidados para proteger a saúde dos trabalhadores dessas estações, visto que essa seria a população mais exposta ao risco (HOSEINZADEH et al., 2020; YANG et al., 2020).

A doença, que se trata de uma pneumonia aguda, é causada pela cepa de Síndrome Respiratória Aguda Grave Coronavírus 2 (SARS-CoV-2), a qual foi isolada das fezes e urinas de pacientes com COVID-19; o RNA correspondente nas águas residuais e lodo de esgoto também foi observado (GHOLIPOUR et al., 2021; RANDAZZO et al., 2020). No entanto, apesar da possibilidade de transmissão do vírus pela água, não há casos de infecção comprovados através da água potável, onde o sistema de tratamento de água, a princípio, apresenta-se como suficiente para remoção do patógeno (JI et al., 2021).

Cenário preocupante e desafiador é concebido por estudos que reportam que a grande maioria das ETAs e ETEs lançam erroneamente o lodo gerado nos corpos d'água sem o devido tratamento. Por consequência, gera-se um ciclo dependente e contraditório em vistas às atuais premissas de sustentabilidade ambiental, no qual os rios são os provedores de água para as estações de tratamento e também, são

receptores dos resíduos gerados pelas mesmas. Nesse sentido, é necessário maior investimento em pesquisas voltadas ao tratamento e reaproveitamento de lodo, de forma a garantir o correto gerenciamento desses resíduos, evitando-se prejuízos ambientais, financeiros, e de saúde pública (ACHON, 2008; ANDRADE et al., 2014; KATAYAMA, 2012). Assim, objetivou-se postular as tecnologias atuais e possíveis aplicações utilizadas para esse subproduto residual, as quais se apresentam como meios alternativos visando a destinação final ambientalmente adequada do mesmo.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento deste estudo ocorreu por meio de uma pesquisa de revisão bibliográfica acerca das etapas pelas quais o lodo de ETEs e ETAs passam, portanto desde a geração até a sua disposição final. Utilizou-se para efetiva elaboração desta pesquisa as bases de dados Scopus, Scielo e Science Direct, usando os descritores “water and sewage treatment plants”, “sludge”, “application of sewage sludge”, “treatment and recovery”, “sludge treatment companies in the world”, com inclusão do operador AND. Os estudos selecionados foram publicados entre 1996 e 2020, totalizando 57 artigos e 23 trabalhos/livros/documentos técnicos.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. ORIGEM E CARACTERIZAÇÃO DO LODO

O lodo como resíduo sólido especial é originado como subproduto final de um processo convencional amplamente utilizado pelo setor de saneamento, responsável pelo tratamento de água e esgoto. No entanto, a finalidade última, que é a obtenção de água de melhor qualidade, somente é alcançada se o lodo é formado de maneira efetiva, o qual é composto por sólidos, elementos químicos, bem como partículas orgânicas e inorgânicas. O lodo de ETA é gerado, normalmente, em grandes quantidades e diariamente, visto que todo dia há a demanda por água tratada. Assim, essa narrativa representa um desafio para a redução e estabilização de lodo subsequente (OLIVEIRA, 2016; TARTARI et al., 2011; XIAO et al., 2020).

As características quali-quantitativas do lodo gerado de ETA podem variar de acordo com o gerenciamento do processo de tratamento, métodos de operação do

sistema, partículas presentes na água, as quais conferem cor e turbidez à mesma, periodicidade de limpeza dos decantadores e filtros, tempo de permanência do lodo nos tanques, eficiência de sedimentação, dosagem de produtos químicos, entre outros. Os lodos de ETA possuem altas concentrações de elementos químicos, tais como alumínio, ferro, silício, titânio, magnésio, e estes, quando dispostos inadequadamente, podem desencadear impactos ambientais e sociais (RICHTER, 2001; ANDREOLI; PINTO, 2001; KACPRZAK et al., 2017).

Em relação à fase sólida proveniente de ETEs, para que se possa dar um destino correto, é necessário conhecer as características deste lodo a ser processado, ou seja, a função da sua origem e a tipologia do uso que acarretou o efluente em questão. Estas irão variar em função da origem dos sólidos, sejam eles domésticos, águas de infiltração ou despejos industriais, da quantidade gerada e do tipo de processo em que foram anteriormente submetidos (NUVOLARI et al., 2003; VON SPERLING, 1996).

Os lodos de ETE também possuem em sua composição contaminantes como metais a níveis tóxicos (TONANZI et al., 2020), produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (TARPANI et al., 2020). Além disso, é reconhecido o relato de que as características dos esgotos podem mudar de maneira repentina do ponto de vista físico-químico, com respaldo de algumas modificações tais como matéria orgânica, pH, nutrientes como fósforo, potássio e carbono (ANJUM et al., 2016; DUBEY et al., 2021). Isto se deve pelo fato da matéria orgânica dissolvida ser uma mistura heterogênea refratária que inclui compostos proteicos, carboidratos, microplásticos, substâncias húmicas e micropoluentes orgânicos, o que vem chamando atenção (OLIVEIRA, 2016; HE et al., 2020). Especialmente, sobre os microplásticos, há preocupações em relação ao efeito dos mesmos nos ecossistemas marinhos e em humanos (HATINOGLU; SANN, 2021; NAKAO et al., 2021; PETROODY et al., 2021). Ainda, diante dos empecilhos, vislumbra-se a possível recuperação simultânea de potássio e fósforo do lodo proveniente de esgoto (NAKAO et al., 2017).

Assim, quando ocorre a digestão anaeróbia, existe a possibilidade de esteróides policíclicos, alcanos e estruturas aromáticas serem gerados após o pré-tratamento (XIAO et al., 2020). A presença de microplásticos reduz a eficiência dos processos de tratamento de águas residuais, pois inibem a hidrólise do lodo, acidificação e metanogênese (LU et al., 2020), alterando, assim, o ciclo físico-químico (ZHANG et al.,

2020). Nesse sentido, pontua-se que a alteração desses parâmetros influencia de maneira significativa no modo como o processo de tratamento é desempenhado, e até mesmo na metodologia que é implementada (GONÇALVES et al., 1999).

Portanto, caracterizar o lodo proveniente de ETA e ETE é fundamental para planejar alternativas adequadas para a sua disposição final, de forma a minimizar o impacto ocasionado pelo indevido lançamento em corpos hídricos (AMÂNCIO et al., 2018).

3.2. ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE LODO

O tratamento do lodo vem conquistando espaço no Brasil e no mundo em função do aumento do número de ETAs e ETEs instaladas e pela necessidade de atender às exigências ambientais. O tratamento tem por objetivo gerar um produto mais estável no nível de patogenicidade, com menor volume e com menos geração de co-produtos, facilitando seu manuseio e reduzindo custos nos processos subsequentes (PEDROZA et al., 2010).

Conforme relata Cassini (2003), após sua geração, geralmente o tratamento do lodo inclui uma ou mais das seguintes etapas: i) adensamento, que trata da redução da umidade/volume, ii) estabilização, que reflete na redução de matéria orgânica, iii) condicionamento, o qual implica na preparação para a desidratação, principalmente mecânica, iv) desidratação, que visa a redução adicional da umidade/volume, v) disposição final, vi) higienização, para eliminação de patógenos, e vii) destinação final dos subprodutos gerados no processo.

O adensamento tem por objetivo aumentar a concentração de sólidos no lodo, alguns tipos de adensamento são conhecidos como por exemplo, adensamento de flotação com ar dissolvido, por centrifugação, por gravidade, através de tambor rotativo, e adensamento via esteira. Desta forma, consegue-se reduzir a capacidade volumétrica das unidades subsequentes de tratamento. Dentre outros benefícios, pode-se citar a redução de consumo de produtos químicos e menor consumo de energia (MIKI et al., 2006; METCALF; EDDY, 2002).

Os processos de estabilização de lodo de esgoto foram desenvolvidos com o objetivo de mineralizar a fração biodegradável da matéria orgânica e, por consequência, reduzir os riscos de putrefação, logo, diminuindo a concentração de organismos



patogênicos, bem como seu potencial de produção de odores (METCALF; EDDY, 2002). A estabilização do lodo se dá através dos processos de digestão aeróbia, digestão anaeróbia pela hidrólise térmica (TONG et al., 2019), compostagem, estabilização química e estabilização térmica (LUDUVICE, 2001).

O condicionamento é um processo utilizado para melhorar as características de separação das fases sólido-líquida do lodo, sendo realizado através de processos químicos ou físicos. Tal processo beneficia as fases seguintes de tratamento, influenciando positivamente na eficiência dos processos mecanizados. O tratamento químico consiste na adição de sais de alumínio e ferro ou polímeros orgânicos ao lodo (MIKI et al., 2001). O condicionamento físico, através de tratamento térmico, pode produzir um lodo com menores teores de umidade (VAN HAANDEL et al., 2006).

A desidratação do lodo é denominada como uma operação unitária que visa a redução de umidade e portanto, redução de volume. A capacidade de desidratação varia com o tipo de lodo, e é realizada para reduzir o volume para disposição final, objetivando alcançar benefícios como diminuição dos custos de transporte, melhoraria das condições de manejo do lodo, aumento do conteúdo de matéria seca, evitar odores e aumentar o poder calorífico (ANDREOLI; PINTO, 2001).

Os processos de desidratação podem ser divididos em métodos de secagem natural e métodos mecânicos (ANDREOLI et al., 2006). O método de secagem natural mais comum consiste nos leitos de secagem, que são unidades de tratamento, geralmente na forma de tanques retangulares, projetados e construídos de modo a receber o lodo das estações. Neles, se processa a remoção da umidade com a drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem (JORDÃO; PESSOA, 1995). Uma aplicação não obstante do método de secagem é o incremento por fontes renováveis de energia em ETEs, visto que a mesma é útil para aumentar a sustentabilidade do uso de energia em estações e para reduzir os custos do fornecimento de energia, conceito conhecido sobre a economia circular (DI FARIA et al., 2020; GHERGHEL et al., 2021).

Os leitos de secagem apresentam algumas vantagens principais, como baixo valor de investimento, baixo consumo de energia elétrica e de produtos químicos. Entre as desvantagens, pode-se destacar a área extensa requerida, influência significativa do clima no desempenho operacional do processo, alto risco de proliferação de insetos e

liberação de odores desagradáveis, além do risco potencial de contaminação do lençol freático, caso o projeto não seja bem executado (ANDREOLI; PINTO, 2001; ZHEN et al., 2017).

Além disso, foi observado que a desidratação do lodo poderia eliminar o vírus SARS-CoV-2, por secagem ao ar ou secagem por calor, e o condicionamento ácido ou alcalino poderia melhorar ainda mais o desempenho da inativação do vírus (SCHNELL et al., 2020).

Entre os processos mecânicos, podem ser citados os filtros prensa de esteira, centrífugas, filtros prensa de placas e prensa parafuso (VAN HAANDEL et al., 2006). Andreoli e Pinto (2001) reportam que as centrífugas são os únicos equipamentos utilizados indistintamente para adensamento e desidratação de lodo. A premissa de funcionamento do equipamento permanece a mesma, além de que é comum a instalação de centrífugas em série, sendo a primeira utilizada para o adensamento do lodo, e a segunda para desidratação. Neste processo são utilizadas forças externas para separar o sólido e o líquido, onde a força centrífuga aplicada é de 500 a 3.000 vezes superior à força da gravidade.

No entanto, Yang et al., 2020, relatam que durante o tratamento biológico, a desidratação de lodo, a agitação mecânica e o cisalhamento da superfície do líquido leva à liberação da matriz patogênica e tóxica do lodo para o ar na forma de material particulado. Assim, foi descoberto que o SARS-CoV-2 pode sobreviver em aerossóis e permanecer infeccioso por horas (VAN DOREMALEN et al., 2020), indicando a possibilidade de transmissão por aerossol, além de outros potenciais riscos relacionados ao equilíbrio do ambiente. Tendo em vista o exposto, o tratamento e disposição de lodo devem ser geridos para minimizar problemas ambientais, como liberação de odor e lançamento de contaminantes e patógenos no meio ambiente (METCALF; EDDY, 2002).

3.2.1. TRATAMENTO TÉRMICO

Os tratamentos térmicos aplicados ao lodo de esgotos é uma das alternativas que vem ganhando visibilidade atualmente, visto que esses processos possibilitam a degradação dos poluentes orgânicos devido à inertização completa dos mesmos, com a aplicação de altas temperaturas. Os processos de tratamento térmico de lodo incluem



incineração, mono-incineração, co-incineração e processos alternativos, como gaseificação (SCHNELL et al., 2020).

A pirólise e a oxidação por ar úmido estão inclusas nas técnicas de tratamento termoquímicas. Todavia, leva-se em consideração que o bio-óleo, que é um dos compostos orgânicos solúveis, quando escapado do lodo neste processo, pode ser uma fonte potencial de risco (SHEN, et al., 2020). Na pirólise tem-se uma redução significativa do volume do lodo e emissões de metais pesados, bem como recuperação de produtos. A mesma, frequentemente, converte material orgânico em carvão, óleo e gás de síntese na ausência de oxigênio e alcatrão. Este último pode ser usado para produzir combustível líquido de veículo por hidrogenação catalítica, e produtos de gás de alto valor calorífico usados como gás combustível (LI et al., 2020; TARPANI et al., 2020).

Ainda, por meio da pirólise, o carvão do lodo pode ser usado para preparar materiais adsorventes devido ao seu conteúdo de carbono relativamente alto (LI et al., 2020). Já no processo de oxidação por ar úmido, há a produção de um efluente rico em carbono, além de não causar emissão de gases e gerar apenas resíduos inertes, ou seja, é um método ambientalmente adequado (TARPANI et al., 2020).

Segundo Schnell et al. (2020), a desidratação do lodo age como pré-requisito para posterior tratamento térmico, visto que a mesma reduz a quantidade de água presente no lodo. No entanto, a incineração requer secagem adicional após a desidratação, para aumentar o valor calorífico. Dessa forma, a mesma proporciona a redução de volume, destruição de poluentes orgânicos e possui recursos de recuperação de energia (XIAO et al., 2020; RAHEEM et al., 2018; QIAN et al., 2016).

3.3. POSSIBILIDADES DE DESTINAÇÃO FINAL

O lodo proveniente das estações de tratamento de água e esgoto podem ser utilizados de diferentes formas, tanto na indústria, como na agricultura e como fonte de nutrientes para diversas culturas (PHOTIOU; VYRIDES et al., 2021; PEI et al., 2020; SELEIMAN et al., 2020). Principalmente, devido aos altos volumes gerados nas estações e conseqüentemente a diminuição da vida útil dos aterros industriais, a busca por novas alternativas e possibilidades de recuperação, tratamento e/ou disposição final vem crescendo ao longo dos anos (SCHNELL et al., 2020; ANTONKIEWICZ et al., 2020).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento realizada pelo IBGE no ano de 2017, os destinos mais comuns para o lodo proveniente do processo de tratamento de água dos municípios brasileiros são os terrenos baldios, os aterros sanitários e outras formas não especificadas (IBGE, 2017).

Além disso, na Alemanha a disposição de lodo em aterros é proibida desde 2005, pois caracteriza-se como resíduos orgânicos não-tratados. No entanto, em muitos países a deposição do lodo proveniente das ETEs municipais em aterro ainda é comum, embora resulte em inúmeros impactos ambientais (KACPRZAK et al., 2017). Também verifica-se a sua utilização na agricultura, visto que possui nutrientes em sua composição (fósforo, por exemplo), que são favoráveis para o cultivo agrícola (SCHNELL et al., 2020; TARPANI et al., 2020).

No entanto, devido ao risco de contaminação do meio ambiente pela prática de espalhamento de lodo diretamente no solo e disposição em corpos hídricos, busca-se o desenvolvimento de outros processos que sejam eficientes na remoção das substâncias tóxicas, como patógenos, metais a níveis tóxicos e contaminantes orgânicos que podem estar presentes no mesmo (WU et al, 2020; SCHNELL et al, 2020; SINGH et al, 2020).

3.3.1. REUSO DO LODO COMO FERTILIZANTE ORGÂNICO

A reciclagem agrícola é uma prática bastante utilizada pois transforma o lodo em insumo agrícola, fornecendo matéria orgânica ao solo, não liberando CO₂ na atmosfera. Este tipo de reúso de lodo se encaixa entre as alternativas mais econômicas e convenientes, visto que, seu alto teor de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo faz com que o mesmo se torne uma valiosa fonte de nutrientes para a agricultura (ANJUM et al., 2016; CONTIN et al., 2012; SCHNELL et al., 2020; USMAN et al., 2012).

Para esta finalidade, o lodo pode ser utilizado como fertilizante granulado complexo juntamente com sais minerais e como mistura de fertilizantes minerais e orgânicos, reduzindo assim, 60% do consumo de fertilizantes fosfatados. No entanto, para aplicação do lodo em áreas cultiváveis, é de extrema importância obedecer a legislação vigente, respeitando as limitações do mesmo, como proximidade de áreas residenciais. Além disso, deve-se proporcionar facilidade de acesso durante a deposição do material (QUINTANA, 2011).

Um estudo realizado por Tarpani et al. (2020) investigou a geração de impactos ambientais proveniente do ciclo de vida de cinco alternativas para manuseio de lodo, levando em consideração a presença de metais pesados e produtos farmacêuticos e de higiene pessoal. A aplicação agrícola de lodo proveniente da digestão anaeróbia com recuperação de nutrientes e eletricidade apresentou-se com os menores impactos ambientais em 11 das 18 categorias consideradas.

No entanto, os impactos em relação ao meio ambiente devido aos metais pesados presentes no lodo podem ser significativos quando há aplicação agrícola, visto que a digestão anaeróbia teve a ecotoxicidade total de água doce mais alta apresentada no estudo. Dessa forma, deve-se ter o cuidado com os metais pesados, principalmente o zinco, quando pretende-se dispor o lodo no solo (TARPANI et al., 2020; ŠWIERCZEK et al., 2018).

3.3.2. APLICAÇÃO DE LODO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Estão disponíveis na literatura inúmeros estudos relacionados à incorporação de diversos tipos de resíduos poluentes em massas argilosas para a produção de materiais à base de cerâmica vermelha (SOUZA et al., 2008). De acordo com Vitorino et al. (2009), os lodos são constituídos, em maior parte, de partículas argilosas, siltosas, arenosas e de matéria orgânica, que são materiais presentes em argilas, os quais representam as principais matérias-primas para a cerâmica vermelha. Assim, a composição química entre argilas e lodos de ETAs e ETEs são muito semelhantes.

As massas argilosas são conhecidas por sua natureza heterogênea, geralmente constituídas por matérias-primas plásticas e não-plásticas, com ampla variação física, química e mineralógica. Estas características permitem que as massas argilosas utilizadas em cerâmica vermelha sejam tolerantes e permitam a presença de outros materiais residuais, mesmo em porcentagens significantes (MENEZES et al., 2002). Além disso, quando o lodo é incorporado em quantidades significativas, contribui para a redução do consumo de argilas, que é um recurso natural não-renovável (VITORINO et al., 2009).

Outra aplicação nesta área, tange à incorporação do lodo na fabricação do concreto, favorecendo a construção civil e o ambiente, devido à diminuição da quantidade de resíduo lançado no ambiente e da extração de matéria-prima, reduzindo



impactos ambientais (TAFAREL et al., 2016). Silva (2008) estudou alternativas para pavimentação, utilizando lodo de ETA em mistura de concreto asfáltico. Os resultados mostraram um desempenho adequado da mistura com lodo, se comparado à mistura convencional, com cimento Portland. Em suma, a reutilização para produção de cimento, tijolos e asfalto é investigada (GOMES et al., 2019; ZHEN et al., 2017; ŠWIERCZEK et al., 2018).

3.3.3. ALTERNATIVAS ATRAVÉS DO TRATAMENTO TÉRMICO DE LODO

O tratamento térmico pode ser utilizado para a conversão de lodo de esgoto em energia e na recuperação de produtos, bem como pode-se realizar a reutilização de resíduos, como as cinzas provenientes dos processos térmicos para cultivo de plantas (ANTONKIEWICZ et al., 2020).

Além disso, o fósforo presente no lodo ainda pode ser recuperado após passar pelo tratamento térmico, visto que o fósforo fica presente nas cinzas em formato enriquecido, podendo ser realizada uma recuperação eficiente do mesmo. Essa é uma característica promissora deste tratamento, tendo em vista que algumas estimativas prevêem que o reservatório presente nas rochas fosfáticas seja esgotado em 100 anos. Dessa forma, muitos países visam a recuperação dos nutrientes presentes no lodo por métodos não convencionais, principalmente do fósforo, por ser um recurso não renovável (SCHNELL et al., 2020; UDAETA et al., 2017; ZIN et al., 2020).

3.3.4. ALTERNATIVAS ATRAVÉS DO TRATAMENTO ELETROQUÍMICO DO LODO E RECUPERAÇÃO DE HIDRÓXIDOS DO LODO

Outra aplicação é dada a partir do sistema eletroquímico microbiano que é capaz de converter matéria orgânica do lodo em bioeletricidade de forma síncrona. A logística deste processo consiste em uma câmara de cátodos e ânodos, onde ocorrem as reações de oxidação e redução. Assim, esse sistema depende de bactérias eletroativas que são responsáveis pela catálise oxidativa de compostos orgânicos, liberando e transferindo elétrons para o substrato e circuitos externos. Posterior a geração, o produto final residual pode ser aplicado como fertilizante orgânico (WANG et al. 2020).

Os hidróxidos metálicos são utilizados nas estações de tratamento convencionais como desestabilizadores de colóides, agentes que realizam a coagulação da matéria orgânica. Devido às diferentes características que os corpos hídricos apresentam, a

recuperação destes hidróxidos se torna viável (FANTASSE et al., 2020). Ainda em seu estudo, Fantasse et al. (2020) determinaram as isotermas de sorção de hidróxidos em lodo de uma ETA localizada em Marrocos, onde constatou que a mesma é constituída principalmente de sílica, óxido de alumínio, ferro, cálcio e magnésio.

O lodo é composto na faixa entre 50 a 75% de hidróxidos e apresentam alta solubilidade em meios ácidos, habilitando assim meios de recuperação destes compostos, reduzindo volume de lodo e reutilizando os coagulantes, diminuindo assim, os custos no processo de tratamento (GUIMARÃES, 2005).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento sobre o volume de lodo gerado em ETAs e ETEs e os aspectos legais que os regem são essenciais para se definir estratégias de disposição e destinação final. Como ponto de partida, é de extrema importância realizar análises e caracterizar o lodo, para se obter maiores informações sobre suas propriedades e avaliar seu potencial de utilização, e conseqüentemente, o potencial poluidor, principalmente ao que diz respeito à toxicidade ambiental. Das alternativas apresentadas para a destinação do lodo, é considerável que as empresas invistam em estudos e equipamentos adequados para desidratação do lodo, e posteriormente, podendo incorporá-lo em materiais cerâmicos, concretos, em construções civis, entre outros materiais. Outra alternativa que vêm sendo categoricamente utilizada é a reciclagem agrícola, se apresentando como a melhor opção em termos econômicos.

No entanto, deve-se levar em consideração as restrições ambientais existentes para disposição do lodo tratado, principalmente no solo e nas águas superficiais, garantindo que o mesmo atenda os parâmetros necessários de disposição final. Nesse sentido, as técnicas de tratamento térmico e recuperação de nutrientes para reutilização e aplicação do lodo nas mais diferentes formas de energia, produção de biodiesel, biomassa vegetal, fonte de nutrientes, estão sendo estudadas e apresentam-se como promissoras.

Ressalta-se que o cenário atual, reforça a narrativa de que é necessário métodos e regulamentos mais rigorosos de tratamento e descarte de lodo, pois mesmo que os tratamentos convencionais supracitados sejam propícios à inativação de vírus no lodo,

eles podem não atender aos padrões de segurança durante uma pandemia, conforme relatado.

REFERÊNCIAS

- ACHON, C. L. **Ecoeficiência de sistemas de tratamento de água à luz dos conceitos da ISO 14.001**. 2008. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2008.
- AMÂNCIO, D. V; RODRIGUES, F. N; RIBEIRO, K. D; COELHO, G. Caracterização do lodo gerado numa estação de tratamento de água. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p. 29-44, 2018.
- ANDRADE, C. F; SILVA, C. M; OLIVEIRA, F. C. **Gestão ambiental em saneamento: uma revisão das alternativas para tratamento e disposição do lodo de eta e seus impactos na qualidade das águas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Belo Horizonte, MG, 2014.
- ANDREOLI, C. V. et al. Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. In: **Biossólidos - alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: Editora ABES 2006.
- ANDREOLI, C. V; PINTO, M. **Aproveitamento do lodo gerado em estações de tratamento de água e esgotos sanitários, inclusive com a utilização de técnicas consorciadas com resíduos sólidos urbanos**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2001.
- ANJUM, M; AL-MAKISHAH, N. H; BARAKAT, M. A. Wastewater sludge stabilization using pre-treatment methods. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 102, p. 615-632, 2016.
- ANTONKIEWICZ, J; POPLAWSKA, A; KOLODZIEJ, B; CIARKOWSKA, K; GAMBUS, F; BRYK, M; BABULA, J. Application of ash and municipal sewage sludge as macronutrient sources in sustainable plant biomass production. **Journal of Environmental Management**, v. 264, p. 110450, 2020.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.209/2011**: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. ABNT, 2011.
- BALASUBRAMANIAN, S; TYAGI, R. D. Value-Added Bio-products From Sewage Sludge. **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering - Solid Waste Management**, v. 2, p. 27-42, 2017.
- CASSINI, S. T. **Digestão de resíduos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

- CONTIN, M; GOI, D; NOBILI, M. de. Land application of aerobic sewage sludge does not impair methane oxidation rates of soils. **Science of the Total Environment**, v. 441, p.10-18, 2012.
- DI FARIA, S; MACALUSO, A; MASSAROTTI, N; VANOLI, L. Geothermal energy for wastewater and sludge treatment: An exergoeconomic analysis. **Energy Conversion and Management**, v. 224, p. 113180, 2020.
- DUBEY, M; MOHAPATRA, S; TYAGI, V. K; SUTHAR, S; KAZMI, A. A. Occurrence, fate, and persistence of emerging micropollutants in sewage sludge treatment. **Environmental Pollution**, v. 273, p. 116515, 2021.
- FANTASSE, A; LAKHAL, E. K; IDLIMAM, A; KOUHILA, M; BERROUG, F; EL HALOUI, Y. E. Management of hydroxide sludge waste using hygroscopic gravimetric method and physico-chemical characterization. **Materials Today: Proceedings**, v. 27, p. 3021-3027, 2020.
- GALLIPOLI, A; GIANICO, A; GAGLIANO, M. C; BRAGUGLIA, C. M. Potential of high-frequency ultrasounds to improve sludge anaerobic conversion and surfactants removal at different food/inoculum ratio. **Bioresource Technology**, v. 159, p. 207-2014, 2014.
- GAO, N; DUAN, Y; LI, Z; QUAN, C; YOSHIKAWA, K. Hydrothermal treatment combined with in-situ mechanical compression for floated oily sludge dewatering. **Journal of Hazardous Material**, v. 402, p. 124173, 2021.
- GHERGHEL, A; TEODOSIU, C; GISI, S. de. A review on wastewater sludge valorisation and its challenges in the context of circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 244-263, 2019.
- GHOLOPOUR, S.; MOHAMMADI, F.; NIKAEEN, M.; SHAMSIZADEH, Z.; KHAZENI, A.; SAHBAEI, Z.; MOUSAVI, M. S.; GHOBADIAN, M.; MIRHENDI, H. COVID-19 infection risk from exposure to aerosols of wastewater treatment plants. **Chemosphere**, v. 273, p. 129701, jun. 2021.
- GOMES, S. C. de. ZHOU, J. L; LI, W; LONG, G. Progress in manufacture and properties of construction materials incorporating water treatment sludge: A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 145, p. 148-159, 2019.
- GONÇALVES, R. F; DA COSTA, A. N; KROHLING, B; RODRIGUES, C; TELES, C. R; DO NASCIMENTO, C. G; PASSAMANI, F. R. F; DE OLIVEIRA, F. F; LIMA, M. R. P. **Características Físico – Químicas e Microbiológicas do lodo de lagoas**. Capítulo 4. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal do Espírito Santo, 1999.
- GUIMARÃES, N. C. **Recuperação de Coagulante a partir da acidificação de resíduos gerados na estação de tratamento de água do Rio Manso**. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Minas Gerais, 2005.



- Jl, B.; ZHAO, Y.; WEI, T.; KANG, P. Water science under the global epidemic of COVID-19: Bibliometric tracking on COVID-19 publication and further research needs. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 4, p. 105357, ago. 2021.
- HATINOGLU, M. D; SANIN, F. D. Sewage sludge as a source of microplastics in the environment: A review of occurrence and fate during sludge treatment. **Journal of Environmental Management**, v. 295, p. 113028, 2021.
- HE, H; LUO, N; HUANG, B; LI, B; ZHANG, Z; XU, Z; PAN, X. Optical characteristics and cytotoxicity of dissolved organic matter in the effluent and sludge from typical sewage treatment processes. **Science of The Total Environment**, v. 725, p. 138381, 2020.
- HOSEINZADEH, E.; JAVAN, S.; FARZADKIA, M.; MOHAMMADI, F.; HOSSINI, H.; TAGHAVI, M. An updated min-review on environmental route of the SARS-CoV-2 transmission. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 202, p. 111015, 2020.
- HU, J; LI, Z; ZHANG, A; MAO, S; JENKINSON, I. R; TAO, W. Using a strong chemical oxidant, potassium ferrate (K₂FeO₄), in waste activated sludge treatment: A review. **Environmental Research**, v. 188, p. 109764, 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=notas-tecnicas>. Acesso em: 13 de julho de 2021.
- JORDÃO, E. P; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: ABES. 1995.
- KATAYAMA, V. T. **Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2012.
- KACPRZAK, M; NECZAJ, E; FIJALKOWSKI, K; GROBELAK, A; GROSSER, A; WORWAG, M; RORAT, A; BRATTEBO, H; ALMAS, A; SINGH, B. R. Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. **Environmental Research**, v. 156, p. 39-46, 2017.
- LI, J; TABASSUM, S. Synergism of uncoupler dicoumarin and nonmetallic mineral tourmaline for the sewage sludge treatment process: reducing sludge generation. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 24, p. 100013, 2020.



- LI, Y. H. et al. Activated carbon preparation from pyrolysis char of sewage sludge and its adsorption performance for organic compounds in sewage. **Fuel**, v. 266, p. 117053, 2020.
- LU, Q; YU, Z; WANG, L; LIANG, Z; LI, H; SUN, L; SHIM, H; QIU, R; WANG, S. Sludge pre-treatments change performance and microbiome in methanogenic sludge digesters by releasing different sludge organic matter. **Bioresource Technology**, v. 316, p. 123909, 2020.
- LUDUVICE, M. **Processos de estabilização de lodos**. In: Lodos de Esgotos – Tratamento e Disposição Final. Rio de Janeiro: ABES, 2001.
- MENEZES, R.R; NEVES, G. A de; FERREIRA, H. C. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas", **Rev. Brás. Eng. Ambiente**, v. 6, n. 2, pp. 303-313, 2002.
- METCALF; EDDY, INC. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse**. New York: Ed. McGraw-Hill, 2002.
- MIKI, M. K. et al. **Tratamento da fase sólida em estações de tratamento de esgotos – condicionamento, desaguamento mecanizado e secagem térmica do lodo**. In: Biosólidos: Alternativas de Uso de Resíduos do Saneamento. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
- NAKAO, S; AKITA, K; OZAKI, A; MASUMOTO, K; OKUDA, T. Circulation of fibrous microplastic (microfiber) in sewage and sewage sludge treatment processes. **Science of The Total Environment**, v. 795, p. 148873, 2021.
- NAKAO, S; NISHIO, T; KANJO, Y. Simultaneous recovery of phosphorus and potassium as magnesium potassium phosphate from synthetic sewage sludge effluent. **Environmental Technology**, v. 38, p. 2416-2426, 2017.
- NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário. Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blucher LTDA, 1 edição, São Paulo, 2003.
- OLIVEIRA, I. Y. Q. **Gerenciamento do lodo de estação de tratamento de água em Mato Grosso do Sul: uma análise crítica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.
- PHOTIOU, P.; VYRIDES, I. Recovery of phosphate from dewatered anaerobic sludge and wastewater by thermally treated *P.oceanica* residues and its potential application as a fertilizer. **Journal of Environmental Management**, v. 298, p. 113441, 2021.
- PEI, K.; XIAO, K.; HOU, H.; TAO, S.; XU, Q.; LIU, B.; YU, Z.; YU, W.; WANG, H.; XUE, Y.; LIANG, S.; HU, J.; DENG, H.; YANG, J. Improvement of sludge dewaterability by



ammonium sulfate and the potential reuse of sludge as nitrogen fertilizer. **Environmental Research**, v. 191, p. 110050, 2020.

PETROODY, S. S. A; HASHEMI, S. H; VAN GESTEL, C. A. M. Transport and accumulation of microplastics through wastewater treatment sludge processes. **Chemosphere**, v. 278, p. 130471, 2021.

PEDROZA, M. M; VIEIRA, G. E. G; DE SOUSA, J. F; PICKLER, A. C. de; LEAL, E. R. M; MILHOMEN, C. C. da. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, Nova Hamburgo, v.11, n.16, p. 149 – 160, 2010.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. Gheorge Iwaki. 2018. Destinação Final de Lodos de ETAs e ETEs. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/destinacao-final-de-lodos-de-et-as-e-etes/>. Acesso em: 13 de julho de 2021.

QIAN, L; WANG, S; XU, D; GUO, Y; TANG, X; WANG, L. Treatment of municipal sewage sludge in supercritical water: A review. **Water Research**, v. 89, p. 118-131, 2016.

QUINTANA, N. R. G; CARMO, M. S. do; MELO, W. J. Lodo de Esgoto como fertilizante: Produtividade Agrícola e Rentabilidade Econômica. **Nucleus**, v.8, n.1, p.183-192, 2011.

RAHEEM, A; SIKARWAR, V. S; HE, J; DASTYAR, W; DIONYSIOU, D. D; WANG, W; ZHAO, M. Opportunities and challenges in sustainable treatment and resource reuse of sewage sludge: A review. **Chemical Engineering Journal**, v. 337, p. 616-641, 2018.

RANDAZZO, W; TRUCHADO, P; FERRANDO, E. C; SIMÓN, P; ALLENDE, A; SÁNCHEZ, G. SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated COVID-19 occurrence in a low prevalence area. **Water Research**, v. 181, p. 115942, 2020.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. Ed. Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 2001.

SAYEG, C; MIKI, M. K; SOBRINHO, P. A; DE OLIVEIRA, M. A. S. **Parâmetros operacionais de prensa parafuso no desaguamento de lodo de ETE**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Campo Grande, 2005.

SCHNELL, M; HORST, T; QUICKER, P. Thermal treatment of sewage sludge in Germany: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 263, p. 110367, 2020.

SELEIMAN, M. F.; SANTANEN, A.; MAKELA, P. S. A. Recycling sludge on cropland as fertilizer – Advantages and risks. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 155, p. 104647, 2020.

- SHEN, M; ZHU, X; SHANG, H; FENG, F; OK, Y. S;ZHANG, S. Molecular characterization and environmental impacts of water-soluble organic compounds of bio-oil from the thermochemical treatment of domestic sewage sludge. **Science of The Total Environment**, v. 24, p. 144050, 2020.
- SINGH, S; KUMAR, V; DHANJAL, D. S; DATTA, S; BHATIA, D; DHIMAN, J; SAMUEL, J; PRASAD, R; SINGH, J. A sustainable paradigm of sewage sludge biochar: Valorization, opportunities, challenges and future prospects. **Journal of Cleaner Production**, v. 269, p. 122259, 2020.
- SILVA, J. F. A. **Comportamento de concreto asfáltico tendo lodo da ETA da cidade de Manaus como fíler**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus, Amazonas, 2008.
- SOUZA, V. P; TOLEDO, R; HOLANDA, J. N . F; VARGAS, H; JÚNIOR, R. T. F. Análise dos gases poluentes liberados durante a queima de cerâmica vermelha incorporada com lodo da estação de tratamento de água. **Cerâmica**, v. 54, n. 331, pp. 351-355, 2008.
- ŠWIERCZEK, L; CIEŚLIK, B. M; KONIECZKA, P. The potential of raw sewage sludge in construction industry – A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 200, p. 342-356, 2018.
- TAFAREL, N. F; MACIOSKI, G; DE CARVALHO, K. Q; NAGALLI, A; DE FREITAS, D. C; PASSIG, F. H. Avaliação das propriedades do concreto devido à incorporação de lodo na estação de tratamento de água. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 21, n. 4, p. 974-986, 2016.
- USMAN, K; KHAN, S; GHULAM, S; KHAN, M. U; KHAN, N; KHAN, M. A; KHALIL, S. K. Sewage sludge : an important biological resource for sustainable agriculture and its environmental implications. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, p. 1708-1721, 2012.
- VAN-DOREMALEN, N; BUSHMAKER, T; MORRIS, D. H; HOLBROOK, M. G; GAMBLE, A; WILLIAMSON, B. N; TAMIN, A; HARCOURT, J. L; THORNBURG, N. J; GERBER, S. I; SMITH, J. O. L; DE WIT, E; MUNSTER, V. J. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. **New England Journal of Medicine**, v. 382, p. 1564-1567, 2020.
- VAN HAANDEL, A. C; SOBRINHO, P. A. **Produção, composição e constituição de esgoto**. In: Biossólidos – Alternativas de Uso de Resíduos de Saneamento. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
- VITORINO, J. P. D; MONTEIRO, S. N; VIEIRA, C. M. F. Caracterização e incorporação de resíduos provenientes de estação de tratamento de água em cerâmica argilosa. **Cerâmica**, v. 55, n. 336, p. 385-392, 2009.



- VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v.1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 1996.
- TARPANI, R. R. Z; ALFONSÍN, C; HOSPIDO, A; AZAPAGIC, A. Life cycle environmental impacts of sewage sludge treatment methods for resource recovery considering ecotoxicity of heavy metals and pharmaceutical and personal care products. **Journal of Environmental Management**, v. 260, p. 109643, 2020.
- TARTARI, R; MORA, N. D; MÓDENES, A. N; PIANARO, S. A. Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha: Parte I: caracterização do lodo e de argilas do terceiro planalto paranaense. **Cerâmica**, v. 57, n. 343, p. 288-293, 2011.
- TEIXEIRA, S. R; SANTOS, G. T. A; SOUZA, A. E; ALESSIO, P; SOUZA, S. A; SOUZA, N. R. The effect of incorporation of a Brazilian water treatment plant sludge on the properties of ceramic materials. **Applied Clay Science**, v. 53, n. 4, p. 561-565, 2011.
- TONANZI, B; GALLIPOLI, A; ANNESINI, M. C; LA PENNA, C; GIANICO, A; BRAGUGLIA, C. M. Pre-treatments and anaerobic hydrolysis as strategical key steps for resource recovery from sludge: The role of disintegration degree in metals leaching. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 23, p. 104649, 2020.
- TONG, J; FANG, P; ZHANG, J; WEI, Y; SU, Y; ZHANG, Y. Microbial community evolution and fate of antibiotic resistance genes during sludge treatment in two full-scale anaerobic digestion plants with thermal hydrolysis pretreatment. **Bioresource Technology**, v. 288, p. 121575, 2019.
- UDAETA, M. C; DODBIBA, G; PONOU, J; SONE, K; FUJITA, T. Recovery of phosphorus from Sewage Sludge Ash (SSA) by heat treatment followed by high gradient magnetic separation and flotation. **Advanced Powder Technology**, v. 28, ed. 3, p. 755-762, 2017.
- WANG, S; ZHAO, Q; JIANG, J; WEI, L; WANG, K; DING, J; MENG, F. Performance of sludge degradation, mineralization and electro-energy harvesting in a sludge treatment electro-wetland: Insight into the sludge loading rate. **Journal of Water Process Engineering**, v. 40, p. 101779-101779, 2021.
- WU, B; DAI, X; CHAI, X. Critical review on dewatering of sewage sludge: Influential mechanism, conditioning technologies and implications to sludge re-utilizations. **Water Research**, v. 180, p. 115912, 2020.
- XIAO, K; BRAUN, G. A; HORN, H. Changes in the characteristics of dissolved organic matter during sludge treatment: A critical review. **Water Research**, v. 187, p. 116441, 2020.



- YANG, W; CAI, C; DAI, X. The potential exposure and transmission risk of SARS-CoV-2 through sludge treatment and disposal. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 162, p. 105043, 2020.
- ZHANG, Y; ZHANG, S. Y; LI, H; WANG, C. W; JIANG, F. H; LYU, J. F. Treatment of municipal sludge by hydrothermal oxidation process with H₂O₂. **Chemosphere**, p. 127140, 2020.
- ZHANG, Z; CHEN, Y. Effects of microplastics on wastewater and sewage sludge treatment and their removal: A review. **Chemical Engineering Journal**, v. 382, p. 122955, 2020.
- ZHEN, G; LU, X; KATO, H; ZHAO, Y; LI, Y. Y. Overview of pretreatment strategies for enhancing sewage sludge disintegration and subsequent anaerobic digestion: Current advances, full-scale application and future perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 69, p. 559-577, 2017.
- ZHONG, H; LIU, X; TIAN, Y; ZHANG, Y; LIU, C. Biological power generation and earthworm assisted sludge treatment wetland to remove organic matter in sludge and synchronous power generation. **Science of The Total Environment**, v. 776, p. 145909, 2021.
- ZIN, M. M. T; TIWARI, D; KIM, D. J. Recovery of ammonium and phosphate as struvite via integrated hydrolysis and incineration of sewage sludge. **Journal of Water Process Engineering**, p. 101697, 2020.

CAPÍTULO VIII

SUSTENTABILIDADE APLICADA À AQUICULTURA - UMA REVISÃO DE LITERATURA

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-8

Rayana Alves Rodrigues Vieira ¹

¹ Mestranda em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – UNIOESTE

RESUMO

A aquicultura é um sistema de cultivo de organismos vivos que se serve de forma direta dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Assim, métodos para torna-la uma prática mais sustentável vem sendo aplicados para mitigar seus prejuízos, a fim de que esta não se extinga por falta de recursos naturais e logre o previsto alcance que as previsões trazem a seu respeito. Alguns sistemas dessa modalidade de produção, planejados seguindo a linha da sustentabilidade vem sendo implantados e operam com sucesso, como é o caso dos sistemas de cultivo em bioflocos e a aquaponia, que partem do princípio de cultivo intensivo que se baseia na recirculação da água utilizada, fazendo com que o consumo deste bem seja drasticamente reduzido. Deste modo, este artigo traz uma revisão de literatura de como a sustentabilidade ambiental pode ser aplicada à um dos mais promissores sistemas de produção do mundo, a aquicultura.

Palavras Chave: Aquicultura. Sustentabilidade. Efluentes.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma atividade de produção que se concentra no cultivo de organismos vivos em ambientes aquáticos controlados ou semicontrolados que nos últimos anos ganhou destaque por contribuir para a geração de emprego e redução da fome em todo o mundo (SIQUEIRA, 2018).

Atualmente, metade dos principais pescados consumidos, diariamente no mundo, provém de algum dos tipos de cultivo aquícola. Além disso, no ano de 2016, a produção pesqueira mundial logrou um total de 171 milhões de toneladas, dentre as quais, 47% deste todo, adveio unicamente da aquicultura, acarretando em cerca de 232 bilhões de dólares (FAO, 2018).

Segundo A Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXE BR, 2021), em 2020 a produção de peixes no Brasil, atingiu cerca 802.930 toneladas resultando em uma receita de R\$ 8 bilhões, além de gerar por volta de 1 milhão de empregos, o que nos deixa em quarto lugar no ranking de maiores produtores mundiais de tilápia, espécie que representa 60% de toda a produção nacional.

Em conjunto com sua expansão, a aquicultura vem sofrendo, também, certa pressão por parte de órgãos ambientais para a implementação de práticas mais sustentáveis, haja vista que se trata de uma modalidade de produção que demanda o uso de grande quantidade de água, o que gera, como consequência um volume significativo de efluentes com elevados potenciais poluidores (FERRI et al., 2018).

Assim, este estudo traz uma revisão de literatura a respeito da importância da sustentabilidade e conservação do meio ambiente relacionados à uma das atividades de produção de alimento mais promissoras no Brasil e no mundo, a aquicultura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MEIO AMBIENTE E O SETOR DE PRODUÇÃO

O esgotamento dos recursos naturais por ocasião da alta demanda do setor produtivo, culmina na destruição dos ecossistemas e vem preocupando no que diz respeito à velocidade com que bens como a água, solo e ar vem sendo afetados de forma negativa (BORGES, 2021).



Durante muito tempo, a exploração de recursos naturais foi realizada sem maiores preocupações com o meio ambiente, a capacidade de suporte da natureza, não era uma questão, mas se chegou a um consenso de que os setores de produção devem aderir a práticas sustentáveis dos pontos de vista econômico, ambiental e social (VALENTI et al., 2010).

Entendeu-se que cultivos focados apenas no lucro, perdem seu potencial a longo prazo e que o esgotamento de recursos pode ser irreversível, além disto mudanças climáticas também ameaçam por indicar uma eminência de colapso na segurança alimentar que culminará no agravamento da desigualdade e fome (VALENTI et al., 2010; BORGES, 2021).

O que define uma produção sustentável é o emprego da ideia de que a natureza e seus recursos são finitos, não aderindo o habitual, característico da economia clássica, de que se deve crescer sem limites. Além disso, disseminar a ideia de que uma geração deve herdar recursos suficientes para que se mantenha o ciclo da vida, é essencial (KIMPARA et al., 2012).

No setor aquícola, em especial, a carência da conservação dos recursos naturais e do ecossistema explorado, junto à potencialização do melhor uso do solo e da água nos processos de produção, vem desencadeando, nos últimos anos, a busca pela implantação de sistemas de cultivo mais sustentáveis (FERRI et al., 2018).

2.2. A SUSTENTABILIDADE APLICADA À AQUICULTURA

A aquicultura é uma atividade do setor aquícola que depende completamente dos ecossistemas nos quais está inserida. Produzir sem afetar o meio ambiente, é uma tarefa impossível, no entanto, é realizável reduzir seus malefícios a ponto de que se mantenha a biodiversidade local sem prejuízos que ameacem ou levem ao esgotamento (VALENTI, 2002).

As alterações provocadas pela ação da aquicultura, podem ser mitigadas quando a sustentabilidade é inserida nos processos de produção, podendo esta ser empregada sem que haja maiores acréscimos de custos, mantendo uma elevada produtividade enquanto se respeita e preserva o meio ambiente (TANCREDO et al., 2011; SIQUEIRA, 2017).

A necessidade de mitigação ou redução dos impactos antrópicos gerados por esta atividade ao meio ambiente, vem, dentre outras razões, pelo prejuízo que o descarte de seus efluentes, ricos em nutrientes e matéria orgânica, pode causar aos corpos d'água receptores (KRUMMENAUER et al., 2012).

Os efluentes resultantes dos cultivos na aquicultura são repletos de resíduos ricos em nitrogênio, fósforo e matéria orgânica que atuam de forma direta para a eutrofização dos corpos d'água que possivelmente os receberão, resultando na, inevitável, alteração da sua biodiversidade natural (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008).

Outro resíduo gerado, é o metabissulfito de sódio vindo das soluções utilizadas para evitar a melanose em camarões que, em contato com a água, libera o dióxido de enxofre. Ademais, o efluente gerado por este produto, altera fortemente mananciais aquáticos receptores, ao consumir seu oxigênio, diminuir sua alcalinidade total e pH (ANDRADE et al., 2015).

2.3. SISTEMAS DE AQUICULTURA SUSTENTÁVEL

2.3.1. AQUAPONIA

A aquaponia é uma modalidade de cultivo integrada que assimila cultivos de aquicultura e hidroponia a partir da aplicação de um sistema de cultivo aquícola intensivo, com recirculação de água, possibilitando baixo consumo de água e alto aproveitamento de matéria orgânica produzida (LIMA et al., 2015).

Trata-se de um mecanismo de produção simultâneo de peixes e vegetais que reduz, de forma significativa, danos ao meio ambiente onde a reutilização total da água, é o pilar principal, pois isto reduz o descarte de efluentes de forma extremamente efetiva, podendo chegar até mesmo à eliminação desta prática (CARNEIRO et al., 2015; LIMA et al., 2015).

Uma vez em funcionamento, este sistema permanece por tempo indeterminado sem a necessidade de renovação de água, fazendo-se necessária apenas a reposição de água perdida por evaporação. Nesse contexto, a aquaponia se consolida como sendo mais eficiente até que a hidroponia em relação ao uso de água e produção de efluentes (CARNEIRO et al., 2015).

2.3.2. BIOFLOCOS

O sistema de cultivo em bioflocos (BFT), é uma modalidade de cultivo com altas densidades de estocagem, acima das suportadas em sistemas convencionais, e que opera com pouca ou nenhuma renovação de água, e isto se deve à assimilação dos compostos nitrogenados pela biomassa microbiana que se forma no próprio meio de cultivo (CRAB, 2012).

Este sistema, é apontado por estudos recentes, como sendo um dos mais adequados e propícios para o emprego de um desenvolvimento ambientalmente mais sustentável na aquicultura (AVNIMELECH, 2009).

A composição microbiana neste sistema está relacionada às condições físicas e químicas da água, aos tipos de nutrientes inseridos e ao tempo de cultivo. A relação C:N associada a força da aeração, vão propiciar o ambiente perfeito para o desenvolvimento de bactérias heterotróficas e bactérias nitrificantes (DURIGON et al., 2017).

O nitrogênio gerado é assimilado por bactérias, juntamente com uma fonte de carbono orgânico que é introduzida no sistema. Além disso, as concentrações de outros organismos que se desenvolvem nos flocos deste sistema, o enriquecem ainda mais, como perífons, microalgas, rotíferos, cladóceros e protozoários, (WASIELESKY et al., 2016; DURIGON et al., 2017).

Segundo Bossier e Ekasari (2017) a escolha de se operar com a tecnologia BFT oferta tanto benefícios para o crescimento da aquicultura como contribui para a conservação dos recursos explorados, podendo resultar em alta produtividade e baixo impacto para o meio ambiente.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aquicultura é uma atividade de produção agrária, que consiste no cultivo de organismos vivos e que faz uso direto de ecossistemas aquáticos e terrestres, gerando riscos ao meio ambiente por esgotar os recursos naturais e por gerar efluentes que podem eutrofizar possíveis áreas receptoras.

Nos últimos anos, tem havido um grande esforço para tornar esta atividade sustentável, do ponto de vista ambiental. Assim, práticas como sistemas de produção intensivos, que partem da premissa de que se pode cultivar a água, mantendo-a por



tempo indeterminado no sistema, recirculando, fazendo com que não seja necessário o descarte de efluente no meio ambiente e que o abastecimento ocorra apenas uma vez, no início do cultivo, tem sido amplamente disseminados e aceitos por pequenos e grandes produtores, que entendem o real benefício de se aplicar a sustentabilidade a esta prática, uma vez que, a longo prazo, um uso inconsequente dos recursos naturais inviabilizará qualquer atividade que deles dependa.

A aquicultura é uma das atividades de produção de alimento que mais cresce no Brasil e no mundo e entender que preservar os recursos da natureza, mitigando danos é a única via possível, para que esta atividade não se perca ou deixe de alcançar o êxito previsto por seu promissor e ascendente crescimento.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. T.; LACERDA, M. F. A. F.; VENTURA, A. P. M. Uso do dióxido de enxofre na despesca e beneficiamento de camarão. **Revista Principia**, n. 28, p. 66-77, 2015.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology - A Practical Guide Book**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, LA, United States. p. 182, 2009.
- BOSSIER, P.; EKASARI, J. **Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals**. *Microbial Biotechnology*, 10(5). 2017. Disponível em: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1751-7915.12836>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- BORGES, F. de F. **Certificação ambiental e indicadores de sustentabilidade da agricultura**. *Ciência & Tecnologia, [S. l.]*, v. 12, n. 1, p. 87-96, 2021. Disponível em: <https://citec.fatecjaboticabal.edu.br/index.php/citec/article/view/76>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; NIZIO, A.; RODRIGO, M.; FUJIMOTO, Y. **Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia**. Documentos 189. ISSN. 1678-1953. Out de 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2021.
- CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOISSER, P.; VERSTRAETE, W. **Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges**. *Aquaculture*, 356-357: 351-356. 2012.
- DURIGON, E. G.; SGAULIN, T.; PINHO, S. M.; BROL, J.; EMERENCIANO, M. G. C.; **Bioflocos e seus benefícios nutricionais na pré-engorda de tilápias**. *Aquaculture Brasil* - setembro/outubro 2017.



- FAO - Food and Agriculture Organization. **The State of World Fisheries and Aquaculture.** Meeting the sustainable development goals. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome (Italy). p. 209. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2021.
- FERRI, L. S.; ROCHA, W. de S.; FILHO, M. dos S. P. B. Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos. Incaper em **Revista Vitória**, v.9, p. 66-78. ISSN 2179-5304. jan/dez 2018.
- HENRY-SILVA, G. G. et al. Chemical composition of five species of aquatic macrophytes from lotic ecosystems of the southern coast of the state of São Paulo (Brazil). **Acta Limnol. Bras.**, v. 13, n. 1, p. 11-17, 2001.
- HENRY-SILVA, G. G., CAMARGO, A. F. M.; **Impacto das Atividades de Aquicultura e Sistemas de Tratamento de Efluentes Com Macrófitas Aquáticas – Relato de Caso.** B. Inst. Pesca, São Paulo, 34 (1): 163 - 173, 2008.
- JACOBI, P. **Meio Ambiente e Sustentabilidade.** Desenvolvimento e Meio Ambiente. Disponível em: <http://michelonengenharia.com.br/downloads/Sutentabilidade.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- KIMPARA, J. M. ZADJBAND, A. D. VALENTI, W. C.; **Métodos para Medir a Sustentabilidade na Aquicultura.** Documento 218, ISSN 0104-866X. Dez de 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005723/1/Doc218.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- KIMPARA, J. M. ZADJBAND, A. D. VALENTI, W. C.; **Medindo a sustentabilidade na aquicultura.** Sociedade Brasileira de Limnologia; Boletim ABLimno; 38; 2; 73-79. 9-2010.
- KRUMMENAUER, D.; JÚNIOR, C. A. S.; POERSCH, L. H; FOES, G. K.; LARA, G. R. DE; JUNIOR, W. W. **Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água.** Atlântica, Rio Grande, 34(2) 103-111, 2012. doi: 10.5088/atl.2012.34.2.103. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/4346/Cultivo%20de%20camar%C3%B5es%20marinhos%20em%20sistema%20de%20bioflocos%20an%C3%A1lise%20da%20reutiliza%C3%A7%C3%A3o%20da%20%C3%A1gua..pdf?sequence=1>. Acesso em: 22 nov. 2021.
- LIMA, J. DE F.; BASTOS, A. M.; MONTAGNER, D.; BORGES, W. L. **Aquaponia: Uma alternativa de diversificação na aquicultura e horticultura familiar do Amapá.** Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139166/1/CPAF-AP-2015-Folder-aquaponia.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA - **PEIXE BR.** Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/>. Acesso em: 25 nov. 2021.



- SIQUEIRA, T. V. de. **Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável.** 2017. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8142/1/BRU_n17_Aquicultura.pdf. Acesso em: 08 set. 2021.
- SIQUEIRA, T. V. de. **Aquicultura: a nova fronteira para produção de alimentos de forma sustentável.** R. BNDES, Rio de Janeiro, v. 25, n. 49, p. 119-170. Jun. 2018.
- TANCREDO, K. R.; NOBREGA, R. O.; DIAS, T.; LAPA, K. R. **Impactos Ambientais da Carcinicultura brasileira.** Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sexoes/6A/6/Tancredo_KR%20%20Paper%20-%206A6.pdf. Acesso em: 12 nov. 2021.
- VALENTI, W. C. 2002. **Aquicultura sustentável.** In: Congresso de Zootecnia, 12^o. Vila Real, Portugal, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais...p.111-118. 2002.
- VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; ZAJDBAND, A.D. Métodos para medir a sustentabilidade da aquicultura. **Panorama da Aquicultura**, 20:28-33. 2010.
- WASIELESKY, W.; KRUMMENAUER, D.; FÓES, G.; Lara, G., GAONA, C.; CARDOZO, A.; SUITA, S.; FURTADO, P.; HOSTINS, B.; ZEMOR, J.; BEZERRA, A.; POERSCH, L. **Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: doze anos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico na universidade federal do rio grande – FURG, RS.** Aquaculture Brasil. 2016. Disponível em: <https://www.aquaculturebrasil.com/artigo/11/cultivo-de-camaroes-marinhos-em-sistema-de-bioflocos:-doze-anos-de-pesquisa-e-desenvolvimento-tecnologico-na-universidade-federal-do-rio-grande-%E2%80%93-furg,-rs>. Acesso em: 15 out. 2021.



CAPÍTULO IX

DESENVOLVIMENTO DE FILTRO COMPOSTO POR CLORETO DE QUITOSANA - ÓXIDO DE GRAFENO, BASALTO E AREIA, NO TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-9

Raquel Cristina Neves Leite ¹
Jéssica Cristina de Abreu Romão ²
Assíria Edlaine de França Lemos ³
Daniel Araújo de Macedo ⁴
Diego Vieira Figueiredo ⁵

¹ Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

² Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

³ Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

⁴ Professor Doutor, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais – UFPB

⁵ Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

RESUMO

Com o crescimento econômico e populacional o planeta está prestes a enfrentar um colapso hídrico. Este trabalho teve por objetivo a redução do impacto e a viabilização da gestão desse recurso tão precioso, métodos alternativos para o uso de água não potável em ambientes residenciais são essenciais. Para tal finalidade, apresenta-se uma proposta teórica de produção de um sistema de reaproveitamento de água cinza de baixo custo e de fácil instalação, através de um filtro vertical composto por camadas de argila montmorilonite, cloreto de quitosana – óxido de grafeno, areia e rocha vulcânica. A metodologia aplicada foi uma pesquisa-ação, na bibliografia, dos materiais utilizados, apresentação de um projeto teórico detalhado do protótipo de filtro vertical e comparação com os concorrentes no mercado em relação a custos e viabilidade da ideia. Com resultados apresentados, acredita-se que a proposta do Filtro RAYABio é viável e tem chance de competir no mercado, uma vez que, dentro das necessidades atuais, teria caráter inovador e supriria as necessidades em relação aos concorrentes no tratamento de águas cinzas.

Palavras-chave: Águas cinzas. Filtro Vertical. Desenvolvimento de produto.

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista que grande parte da água que sai das estações de tratamento ou de um manancial e chega a uma residência é utilizada para atender uma demanda que não exige, necessariamente, uma água potável, sendo, por exemplo, o caso de lavagem de calçadas, de carros, irrigação de parques e jardins, descarga de vasos sanitários, entre outras. Utilizando cerca de 40% do total de água consumida para tais atividades. É neste contexto que a água cinza surge como uma alternativa interessante na substituição da água potável, proporcionando redução do seu consumo (COUTO, 2012).

De acordo com o CBCS (2012), o uso adequado de fontes alternativas de água em substituição à água potável pode ajudar a reduzir esse valor em 30% a 40%. Com base nesta problemática sobre a falta desse recurso e, atrelado a essa linha de pensamento, reusar a água também oferece benefícios porque reduz a demanda nas águas de superfície e subterrâneas, além de proteger o meio ambiente, economizar energia, reduzir investimentos em infraestrutura e proporcionar melhoria dos processos industriais.

Assim, este trabalho apresenta uma proposta de produção de um sistema de reaproveitamento de água cinza de baixo custo e de fácil instalação, através de um filtro composto por camadas de argila montmorilonite, cloreto de quitosana – óxido de grafeno, areia e rocha vulcânica. Caracteriza-se como uma pesquisa-ação, com ênfase em dados, pois busca analisar o ambiente de estudo e propor melhorias a este, dentro da sua realidade, propondo a elaboração de um sistema de filtragem pelo qual se torne viável a reutilização das águas provenientes das lavadoras de roupas automáticas para os mais diversos usos.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

Segundo o Programa Hidrológico Internacional da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco, 2015), na América do Sul encontra-se 26% do total de água doce disponível no planeta e apenas 6% da população mundial, enquanto o continente asiático possui 36% do total de água e abriga 60% da população mundial.



O Brasil, apesar da “abundância” hídrica existente em seu território, não está isento dos mesmos problemas relacionados à disponibilidade e gestão desse recurso. Conforme dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), apesar de deter 13% da água doce disponível no planeta, a sua distribuição é desigual por todo o território.

À medida que a população global aumenta, a demanda por água doce acompanha o crescimento, estimado em 80 milhões de pessoas por ano, podendo chegar a 9,1 bilhões em 2050 (ONU, 2020). Conforme o relatório da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), divulgado no ano de 2015, as reservas hídricas do mundo podem encolher 40% até 2030.

Se faz necessário uma gestão adequada e consciente do uso da água, com investimentos em novas tecnologias e pesquisas que venham a mitigar os impactos provenientes de sua escassez.

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) adota uma classificação de reuso de água dividida em duas grandes categorias: potável e não potável. Amplamente adotada devido a sua facilidade e praticidade:

- Reuso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- Reuso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.
- Reuso não potável: Este tipo de reuso apresenta um potencial muito amplo e diversificado. Por não exigir níveis elevados de tratamento, vem se tornando um processo viável economicamente e, conseqüentemente, com rápido desenvolvimento. Em função da diversidade de uso, pode ser classificado de acordo com sua finalidade (reuso para fins agrícolas, industriais, recreacionais, domésticos, manutenção de vazões, aquicultura e recarga de aquíferos subterrâneos).

2.2. REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA

O reuso de águas cinzas vem da premissa da sustentabilidade e conservação, referente a um método de coleta e tratamento de água não potável, afim de que essa,

posteriormente, esteja apta para o reuso. May (2005), salienta que qualquer sistema de reuso de água deve seguir quatro critérios: segurança, higiene, proteção ambiental e viabilidade técnica e econômica.

As águas residuárias podem ser classificadas quanto a sua origem. Henze e Ledín (2001) dividem as águas cinzas em duas categorias: águas cinzas claras e águas cinzas escuras. As águas cinzas claras são águas residuárias provenientes do chuveiro, do lavatório e da máquina de lavar roupas. Já as águas cinzas escuras apresentam em sua mistura as águas provenientes da pia da cozinha e da máquina de lavar pratos

May (2009) afirma que no Brasil existem poucas legislações que regulamentam o reuso de águas. A NBR 13969/1997 descreve no item 5.6 o reuso local onde o esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, após tratamento deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como, irrigação dos jardins, lavagem de pisos e veículos automotivos, descarga de vasos sanitários, manutenção paisagística dos lagos e canais com água, irrigação dos campos agrícolas, pastagens, etc. Na NBR 13969/1997 são definidos classes e parâmetros para os esgotos, conforme o reuso previsto. As classes são as seguintes:

- Classe 1: lavagem de veículos e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluído chafarizes;
- Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;
- Classe 3: reuso nas descargas de vasos sanitários;
- Classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

A água cinza devidamente tratada pode ser utilizada na jardinagem, sistemas de descargas em bacias sanitárias, lavagem de veículos e calçadas, ornamentação, entre outros múltiplos serviços, desde que estes não ofereçam riscos à saúde dos usuários.

2.3. TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

March et al. (2002) reiteram que as águas cinzas não estão livres de Coliformes fecais (CF) e outras bactérias e desta forma se constituem em risco a saúde pública dependendo do seu uso que pode dar origem a aerossóis ou respingos. Assim, estas águas devem ser desinfetadas para virem a uso.

Diante do exposto, o presente trabalho propõe-se a montar um sistema economicamente viável e de fácil manutenção, a fim de que os recursos hídricos sejam preservados em regiões onde são escassos, como também reduzir os custos mensais com o consumo de água.

2.3.1. FILTRO

Segundo Brandão et al. (2003) a filtração está entre as formas de tratamento para a remoção de poluentes, que se baseia no princípio de que um meio poroso pode reter impurezas de dimensões até mesmo menores que as dos poros da camada filtrante.

Os filtros têm como principal função a remoção de sólido em suspensão, o que é essencial para um possível reuso das águas cinza, seja para irrigação de áreas verdes ou para descargas de vasos sanitários (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Em Brandão et al. (2003), os elementos usados como meio filtrante para tratamento das águas cinzas foram areia, brita e o carvão ativado. Segundo o mesmo autor, se a água residuária possuir elevado teor de sólidos, principalmente em suspensão, o uso de filtros convencionais de areia não é recomendável, dada a sua rápida colmatação superficial, com redução do fluxo de filtração da água residuária. Porém, as águas cinzas utilizadas nesse sistema seriam provindas de lavadoras automáticas, onde não haveria elevado teor de sólidos, garantindo assim a eficiência necessária para uma boa filtragem e a armazenagem de águas para reuso com qualidade satisfatória para cumprir sua função.

2.3.2. MATERIAIS FILTRANTES

2.3.2.1. ARGILA

Os minerais argilosos são minerais acessíveis, abundantes e de ocorrência natural, encontrados em muitas partes do mundo que são utilizados de maneira eficaz



para remediar muitos contaminantes. Diversos autores comprovam a capacidade de absorção dos minerais argilosos. A absorção pode ser definida como a deposição e aderência de espécies de moléculas a uma superfície (ABOUDI MANA ET AL., 2017; UDDIN, 2017). As propriedades absorventes dos minerais argilosos os tornam adequados para fins de remediação (CHURCHMAN ET AL., 2006). Essas propriedades são fortemente dependentes da estratificação de minerais argilosos específicos (ABOUDI MANA ET AL., 2017).

A capacidade de troca catiônica (CEC) e a área de superfície específica (SSA) são propriedades específicas dos minerais da argila que determinam sua capacidade de absorção. CEC é a carga negativa total presente na argila que pode atrair e reter cátions de metais pesados (BORDEN E GIESE, 2001; AL-ANI E SARAPÄÄ, 2008). SSA é a área total da superfície disponível como superfícies reativas em um mineral de argila. Alguns minerais argilosos possuem apenas camadas externas (caulinita, ilita), enquanto outros possuem camadas internas e externas (esmectitas e atapulgita), proporcionando uma maior superfície (DOGAN ET AL., 2006).

A taxa de absorção de minerais argilosos aumenta gradualmente com o aumento do tempo de contato e permanece constante até que o equilíbrio seja alcançado (CHANG E JUANG, 2004). Para experimentos em lote ou em laboratório, uma quantidade satisfatória de metais pesados pode ser absorvida nas primeiras 3h (MOHAPATRA ET AL., 2007; ES-SAHBANY ET AL., 2019). Por isso, a absorção completa dos metais pesados pode levar até 6 h, dependendo de outros fatores, como a composição mineral da argila, tipo de metal pesado e pH do sistema (COLES E YONG, 2002).

2.3.2.2. MATERIAIS ARGILOSOS

Existem diversos minerais argilosos, mas o escolhido foi o Montmorillonite devido a sua capacidade adsorptiva para a remoção de vários metais pesados em águas residuais que foi avaliada por Sdiri et al. (2016). Eles deduziram que a capacidade máxima de absorção variava entre 6,78 e 131,58 mg / g, indicando mais de 95% de taxa de adsorção. Isso implica que o uso de minerais de argila montmorilonita foi eficaz na remoção de metais pesados, especialmente em soluções aquosas (IJAGBEMI ET AL., 2009). Alshameri et al. (2019), descreveram a montmorilonita como um mineral argiloso com capacidade de absorção muito alta para absorver as espécies La e Yb.

2.3.2.3. QUITOSANA

A quitosana, um polissacarídeo nitrogenado composto principalmente de poli (β -1-4) -2-amino-2-desoxi-d-glucopiranoose, é produzida pela desacetilação da quitina, amplamente disseminada entre os invertebrados marinhos e terrestres (NGAH E FATINATHAN, 2006). A quitosana está bem estabelecida como um excelente adsorvente e coagulante natural para o tratamento de águas residuais devido às presenças dos grupos amino (—NH_2) e hidroxil (—OH). Esses grupos servem como locais de coordenação e reação para um processo de tratamento eficaz.

2.3.2.4. CLORETO DE QUITOSANA – ÓXIDO DE GRAFENO

Devido à baixa solubilidade em água, a quitosana só pode ser dissolvida em solução ácida fraca (CKS Pillai , W. Paul , CP Sharma, 2009), dificultando sua ampla aplicação. Logo, se a quitosana não for dissolvida, o grupo amino da quitosana não poderá ser protonado e, portanto, é difícil para a quitosana exercer sua atividade antibacteriana (CKS Pillai et. al., 2009). Portanto, é necessário modificar a quitosana para que ela seja solúvel em água. De acordo com Xufei (2019), o cloreto de quitosana (CSCI) é um excelente derivado de quitosana, que possui excelente solubilidade em água, mantendo as propriedades antibacterianas da quitosana. Porém, por possuir baixa resistência mecânica e fraca estabilidade térmica a aplicação de quitosana ou seus derivados ainda é inviável.

Por outro lado, o grafeno e seus derivados estão bem concentrados com base em suas propriedades químicas e físicas únicas. Em 2010, Hu descobriu que o grafeno tinha fortes propriedades antibacterianas. Quando o cloreto de quitosana é incorporado no óxido de grafeno para formar materiais compósitos, pode-se obter um efeito sinérgico de componentes orgânicos e inorgânicos, o que melhora drasticamente a atividade antibacteriana dos materiais. Tornando este o verdadeiro diferencial inovador do filtro aqui proposto.

2.3.2.5. BASALTO

São rochas efusivas originadas de magmas basálticos provenientes da fusão do manto. Representam rochas parentais (primárias e menos evoluídas) da maioria dos magmas mais evoluídos formados por processos de diferenciação. Pertencem a família



do Gabro-basal possuindo teores de SiO₂ (óxido de enxofre) entre 45 e 52%, com teor de álcalis totais (Na₂O + K₂O) menor que 5%.

3. METODOLOGIA

A pesquisa-ação é uma família de metodologias que contempla simultaneamente a pesquisa e a ação (Dick, 2015). Assim, a pesquisa consiste em estudo e entendimento, em geral direcionando à publicação dos resultados. De acordo com o autor, duas ênfases podem ser dadas à pesquisa-ação, conforme o objetivo da pesquisa.

Na etapa de Geração do Conceito é definido o tipo de produto que o mercado necessita. Logo, faz-se necessário conhecer as expectativas dos clientes em potencial e mencionar as funcionalidades deste produto, formando assim o conceito do produto. No presente trabalho foi realizada uma pesquisa do mercado de filtros de água cinza verificando quais os principais materiais utilizados e as suas respectivas propriedades filtrantes, e assim, oportunidades e restrições para novos produtos. A primeira limitação constatada para o produto seria o tipo de material a ser utilizado como corpo do filtro para que o mesmo fosse leve, maleável e resistente. Assim, o material escolhido foi o polipropileno que compõe todas as características supracitadas.

Como geração de ideias o primeiro passo foi definir o perfil do cliente. Por conseguinte, a ideia surgiu através da técnica de brainstorming tendo como foco atender a necessidade de um consumidor dono de uma lavanderia preocupado com a sustentabilidade e a preeminente crise hídrica global, que gostaria de reaproveitar a água cinza de suas máquinas automáticas e assim contribuir para minimizar esse problema (que também economizaria com sua conta de água no final do mês). Também foi realizada uma pesquisa deste produto, via online, onde o mesmo não foi encontrado (com os mesmos materiais). O produto idealizado será denominado “Filtro RAYABio”, que será composto por argila montmorillonite, CSI@GO/QS e rochas vulcânicas trituradas. Seguindo o contexto na etapa de projeto preliminar do “Filtro RAYABio” é constituído por uma peça única, formada por dois componentes, o corpo e a tampa. O corpo tem a forma cilíndrica, sua entrada é composta de uma tampa removível com uma malha. Posteriormente a esta primeira barreira vem o corpo propriamente dito, formado por três camadas de materiais, sendo eles a argila, quitosana e a rocha vulcânica, nessa ordem respectivamente.

Na terceira etapa os materiais do filtro são escolhidos. Para o corpo do filtro e a tampa, polipropileno, devido a sua capacidade de suportar altas temperaturas, impacto e ser reciclável. Além disso, possui propriedades como: resistência química, soldável e moldável permitindo a fabricação de tanques e conexões, resistente à absorção de umidade, ótima resistência dielétrica, alta tenacidade, bom isolamento térmico, boa resistência à abrasão, bom equilíbrio de propriedades térmicas e elétricas, resistência mecânica moderada, boa resistência ao impacto, atóxico, baixo custo, fácil usinagem, pode ser aditivado, alta resistência ao entalhe, opera até 115°C, leveza. A argila montmorillonite, componente da primeira camada filtrante, possui capacidade adsorbtiva para a remoção de vários metais pesados em águas residuais que foi avaliada por Sdiri et al. (2016). Sendo eficiente na remoção de Pb (II), Cd (II), Cu (II) e Zn (II) de soluções aquosas. O Cloreto de quitosana – óxido de grafeno (CSI@GO/QS), componente da segunda camada filtrante, é um material compósito, para que se possa obter o efeito sinérgico de componentes orgânicos e inorgânicos, o que melhora drasticamente a atividade antibacteriana dos materiais. Tornando este o verdadeiro diferencial inovador do filtro. As rochas de lava triturada, por sua vez, componente da terceira camada filtrante, foi escolhida porque os filtros à base de areia e rocha de lava triturada podem obter uma remoção de matéria orgânica acima de 85% nas águas cinzas de alta resistência, e 50% a 70% de remoção dos nutrientes nitrogênio e fósforo.

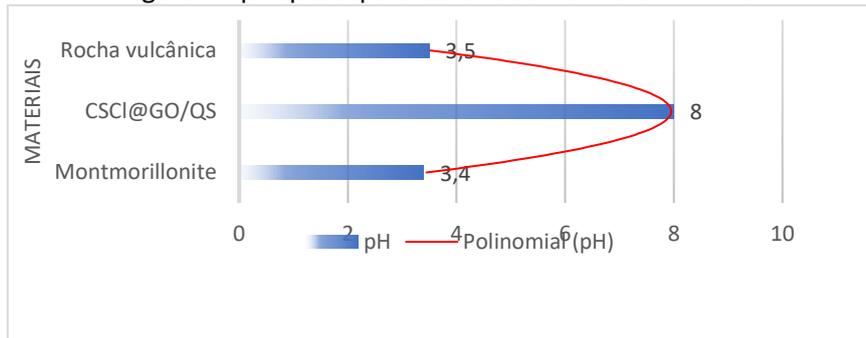
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os resultados obtidos pelos autores citados na bibliografia, segue descrito o que se espera obter do Filtro RayaBio em termos de filtragem e observação de alguns parâmetros de qualidade da água.

Segundo Xufei et al.(2019), que utilizou um filtro composto de areia e Cloreto de Quitosana – Óxido de Grafeno, o pH da água cinza filtrada foi 8. Já Katukiza et al.(2014), que trabalhou num filtro com areia e rocha vulcânica de composição basáltica, o pH da água cinza filtrada foi de 3,5. Por fim, Sdiri et al. (2016) trabalhou com montmorillonite no seu filtro, obtendo um pH = 3,4. Assim há indícios de que, diante do uso dos três materiais, o Filtro RAYABio poderá ter um pH variando entre 6 e 8, tendo em vista que o Cloreto de Quitosana - óxido de grafeno é o material de maior proporção dentre os três. A figura 1 expõe os resultados dos autores.



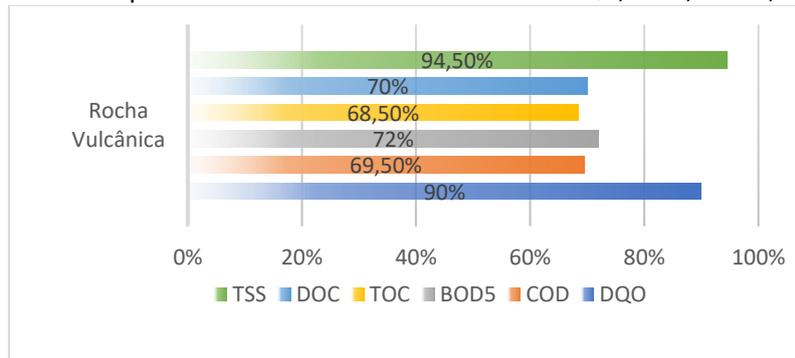
Figura 1- pH que espera ser obtido no Filtro RAYABio.



Fonte: Aatoria Própria, 2020.

Ainda conforme Katukiza et al. (2014) e suas análises, se conjectura esperar tais parâmetros no tratamento de águas cinzas provenientes de máquinas automáticas devido ao uso de rochas vulcânicas de composição basáltica como material filtrante. Tais resultados seguem descritos na figura 2, que demonstra os valores de diversos parâmetros na água filtrada. Resultados esperado nas análises realizadas em: DQO, COD, BOD5, TOC, DOC e TSS.

Figura 2 – Resultados esperados nas análises realizadas em: DQO, COD, BOD5, TOC, DOC e TSS.

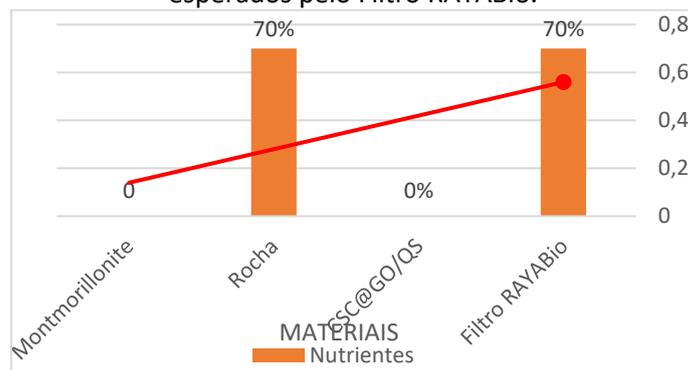


Fonte: Aatoria Própria, 2021.

Contrastando os três materiais e suas respectivas propriedades, obtém-se uma estimativa do potencial filtrante do produto. Nas figuras 3, 4, 5 e 6 apresenta-se um comparativo entre as propriedades bactericidas, remoção de nutrientes, remoção de metais pesados e remoção de matéria orgânica, respectivamente, dos materiais montmorillonite, rocha vulcânica e cloreto de quitosa óxido de grafeno/quartzo.

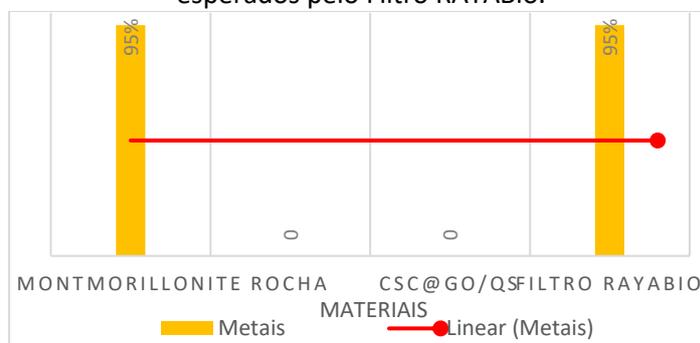


Figura 3 – Comparação entre a remoção de nutrientes dos materiais versus os resultados esperados pelo Filtro RAYABio.



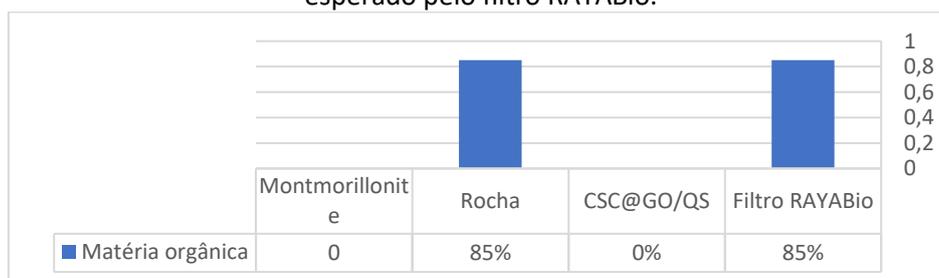
Fonte: Aatoria Própria, 2020.

Figura 4 - Comparação entre a remoção de metais dos materiais versus os resultados esperados pelo Filtro RAYABio.



Fonte: Aatoria Própria, 2020.

Figura 5- Comparação entre a remoção de matéria orgânica dos materiais filtrantes versus o resultado esperado pelo filtro RAYABio.

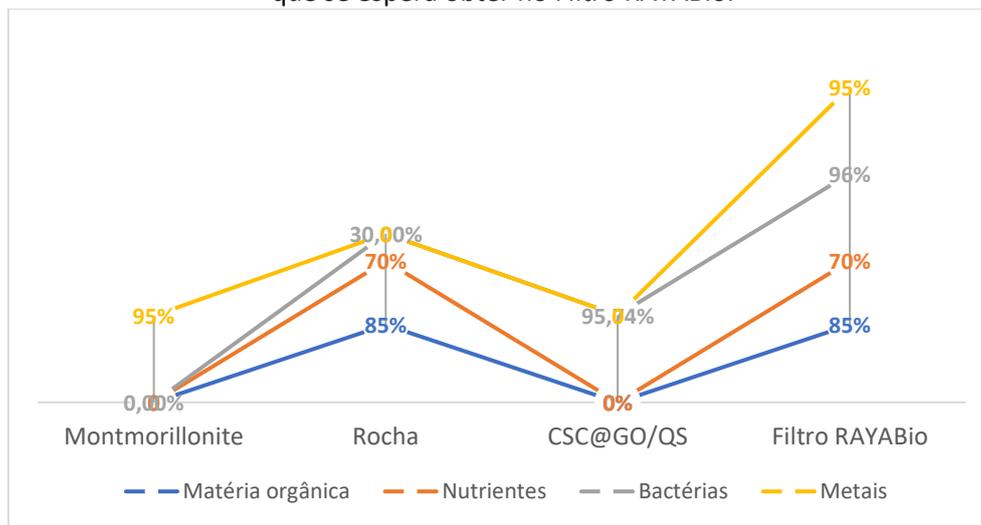


Fonte: Aatoria Própria, 2020.

O Gráfico 6 apresenta um resumo das porcentagens de cada propriedade dos materiais filtrantes. Assim, observa-se que a capacidade de absorção de metais pesados fica a cargo unicamente da argila montmorillonite, que remove cerca de 95% desses componentes da água cinza. Em relação à remoção de matéria orgânica (85%) e nutrientes (70%) das águas cinzas, o material que predomina nessa capacidade é a rocha vulcânica, sendo que os demais não servem para tais finalidades. Assim, há indícios que o Filtro RayaBio terá uma alto teor quanto as propriedades antibactericidas, pois a rocha

vulcânica tem capacidade de absorção de 30% e a quitosana – óxido de grafeno em torno de 96%, com isso espera-se que o filtro aqui proposto também tenha uma alta porcentagem, perto dos 90%, tendo em vista que dois dos três materiais componentes são eficazes em tal absorção.

Figura 6 - Comparação entre as propriedades dos materiais filtrantes versus o resultado que se espera obter no Filtro RAYABio.



Fonte: Autoria Própria, 2020.

5. CONCLUSÃO

Este estudo verificou a viabilidade de um novo produto, denominado “Filtro RAYABio”, propondo o uso de materiais biodegradáveis com propriedades filtrantes, tais propriedades comprovadas por inúmeros autores. O novo material tem natureza socioambiental e socioeconômico, onde objetiva-se, não apenas a obtenção de lucro, mas também oferecer futuramente uso residencial, escassez consequentemente atendendo populações carentes situadas em regiões geográficas com de água. Portanto, optou-se por materiais de fácil obtenção, facilitando a produção e diminuindo o custo final do produto.

O novo produto tem a possibilidade de competir no mercado, levando em consideração o caráter inovador do produto. Todavia, para comercialização do material, é de suma importância um estudo mais específico, avaliando não só a viabilidade técnica e econômica, mas também registrando o tal como Propriedade Industrial (INPI). Considerando questões que abrangem a produção e comercialização, tais como: público alvo, possíveis concorrentes, custos, localização para implantação de uma fábrica e

logística, demonstram que o desenvolvimento do produto “Filtro RAYABio” é uma oportunidade de negócio fundamentado, com grande chance de sucesso no cenário atual de uma crise hídrica global preeminente.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969/97.
- ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), 1992. **Reuso da Água**. São Paulo: ABES.
- ABOUDI MANA, S.C., Hanafiah, M.M., Chowdhury, A.J.K., 2017. **Environmental characteristics of clay and clay-based minerals**. Geol. Ecol. Landsc. 1 (3), 155–161. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/24749508.2017.1361128>>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.
- AL-ANI, T., Sarapää, O., 2008. **Clay and clay mineralogy**. In: Physical-Chemical Properties and Industrial Uses. pp. 29–39.
- A.Y. Katukiza, M. Ronteltap, C.B. Niwagaba, F. Kansiime, P.N.L. Lens,(2014). **A two-step crushed lava rock filter unit for grey water treatment at household level in an urban slum**. Journal of Environmental Management, Volume 133, Pages 258-267,ISSN 0301-4797.
- ALSHAMERI, A., He, H., Xin, C., Zhu, J., Xinghu, W., Zhu, R., Wang, H., 2019. **Understanding the role of natural clay minerals as effective adsorbents and alternative source of rare earth elements: Adsorption operative parameters**. Hydrometallurgy 185, 149–161. Disponível em : <<http://dx.doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.02.016>>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.
- BRANDÃO, V. S.; MATOS, A. T.; FONTES, M. P. F.; MARTINEZ, M. A. **Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 329- 334, 2003.
- BAZZARELA, B.B. **Caracterização e aproveitamento da água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acesso em: 6 de maio de 2019.
- BORDEN, D., Giese, R.F., 2001. **Baseline studies of the clay minerals society source clays: Cation exchange capacity measurements by the ammonia-electrode method**. Clays Clay Miner. 49 (5), 444–445.



- BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2019**. Brasília: ANA, 2019.
- BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução nº 54, de 28 de nov de 2005. Estabelece critérios gerais para reúso de água potável. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 mar. 2006.
- COLES, C.A., Yong, R.N., 2002. **Aspects of kaolinite characterization and retention of Pb and Cd**. Appl. Clay Sci. 22 (1–2), 39–45. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0169-1317\(02\)00110-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-1317(02)00110-2)>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.
- CKS Pillai , W. Paul , CP Sharma. **Polímeros de quitina e quitosana: química, solubilidade e formação de fibras**. Prog. Polym. Sci. , 34 (2009) , pp. 641 – 678.
- CKS Pillai , W. Paul , CP Sharma , G.J. Tsai. **Polímeros de quitina e quitosana: química, solubilidade e formação de fibras**. Prog. Polym. Sci. , 34 (2009) , pp. 641 – 678.
- COUTO, E. A. Avaliação do reúso de águas cinza em ambientes aeroportuários. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CBCS. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. São Paulo, SP. Disponível em:<<http://cbcs.org.br/website/>>. Acesso em 07 de outubro de 2019.
- Chang, M.Y.; Juang, R.S. Adsorption of tannic acid, humic acid, and dyes from water using the composite of chitosan and activated clay. Journal of Colloid and Interface Science, v. 278, 2004; p. 18–25.
- CHURCHMAN, G.J., Gates, W.P., Theng, B.K.G., Yuan, G., 2006. **1 clays and clay minerals for pollution control**. Dev. Clay Sci. 1, 625–675. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1572-4352\(05\)01020-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1572-4352(05)01020-2)>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.
- Dick, B., & Greenwood, DJ (2015). Teoria e método: Por que a pesquisa-ação não os separa. *Action Research* , 13 (2), 194--197.
- DOGAN, A.U., Dogan, M., Onal, M., Sarikaya, Y., Aburub, A., Wurster, D.E., 2006. **Baseline studies of the clay minerals society source clays: Specific surface area by the Brunauer Emmett Teller (BET) method**. Clays Clay Miner 54 (1), 62–66. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1346/CCMN.2006.0540108>>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.
- ES-SAHBANY, H., Berradi, M., Nkhili, S., Hsissou, R., Allaoui, M., Loutfi, M., Bassir, D., Belfaquir, M., El Youbi, M.S., 2019. **Removal of heavy metals (nickel) contained in wastewater-models by the adsorption technique on natural clay**. In: Materials Today: Proceedings. vol. 13. pp. 866–875. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2019.04.050>>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.



- HENZE, M.; LEDIN, A. **Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters**. New York: IWA Published, 2001.
- IJAGBEMI, C.O., Baek, M.H., Kim, D.S., 2009. **Montmorillonite surface properties and sorption characteristics for heavy metal removal from aqueous solutions**. *J. Hazard. Mater.* 166 (1), 538–546. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.11.085>>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. *Reúso de Águas*. Barueri: Manole, cap. 1, p. 14-21, 2003.
- MARCH, J.G., GUAL, M. & SIMONET, B.M., 2002. Determination of residual chlorine in grey water using o-tolidine. *Talanta*, 58: 995-1001.
- MAY, S; HESPANHOL, I. Caracterização e tratamento de águas cinzas para consumo não potável em edificações. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 30, 2006, Punta Del Leste. Anais, Punta Del Leste: Asociación Interamericana de Ingeniería Ambiental, 2006. p. 7.
- MOHAPATRA, D., Mishra, D., Chaudhury, G.R., Das, R.P., 2007. **Arsenic adsorption mechanism on clay minerals and its dependence on temperature**. *Korean J. Chem. Eng.* 24 (3), 426–430. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11814-007-0073>>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.
- W. Hu , C. Peng , W. Luo , M. Lv , X. Li , D. Li , Q. Huang , C. Fan. **Papel antibacteriano à base de grafeno**. *ACS Nano* , 4 (2010) , pp. 4317 – 4323.
- ONU – Brasil. **Relatório Anual 2020 Nações Unidas Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2021-10/RelatorioAnual_2020_ONUBrasil_WEB_0.pdf>. Acesso em 15 de Janeiro de 2021.
- SDIRI, A., Khairy, M., Bouaziz, S., El-Safty, S., 2016. **A natural clayey adsorbent for selective removal of lead from aqueous solutions**. *Appl. Clay Sci.* 126, 89–97. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2016.03.003>>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.
- UDDIN, M.K., 2017. **A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade**. *Chem. Eng. J.* 308, 438–462. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2016.09.029>>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.
- UNESCO. **Education and skills for inclusive and sustainable development beyond 2015: thematic think piece for the UN Task Team on the Post-2015**. International Development, Agenda. Paris, 2011.



- USMAN, A.R.A., Kuzyakov, Y., Stahr, K., 2004. **Effect of clay minerals on extractability of heavy metals and sewage sludge mineralization in soil**. Chem. Ecol. 20 (2), 123–135. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/02757540410001665971>>. Acesso em: 11 de Abril de 2020.
- WAHBA, M.M., Labib, B.F., Darwish, K.H.M., Zaghloul, M.A., (2017). **Application of some clay minerals to eliminate the hazards of heavy metals in contaminated soils**. In: 15th International Conference on Environmental Science and Technology, CEST.
- WS WAN NGAH, S FATINATHAN,(2006).**Chitosan flakes and chitosan-GLA beads for adsorption of p-nitrophenol in aqueous solution**. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 277 (2006), pp. 214-222
- Xufei Li, Junzhi Sun, Yangli Che, Yan Lv, Fang Liu, (2019). Antibacterial properties of chitosan chloride-graphene oxide composites modified quartz sand filter media in water treatment. International Journal of Biological Macromolecules, pp. 760 – 773.
- ZHANG, G., Lin, Y., Wang, M., 2011. **Remediation of copper polluted red soils with clay materials**. J. Environ. Sci. 23 (3), 461–467. [http://dx.doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60431-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60431-7).

CAPÍTULO X

PLANEJAMENTO DO USO DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: ÁREAS AGRÍCOLAS, ÁREAS URBANAS E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS1051-10

Naiara Jacinta Clerici ¹
Raíssa Engroff Guimarães ¹
Thalía Lopes Friedrich ¹
Laís Andressa Finkler ¹
Suzana Diel Boligon ¹
Ana Carolina Scher ¹
Letícia Slodkowski ¹

¹ Graduadas em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal da Fronteira Sul.

RESUMO

A esfera designada para a área ambiental compreende o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Nesse sentido, objetivou-se abordar a importância do planejamento do uso do solo para gestão hídrica em bacias hidrográficas, destacando as áreas urbanas, áreas agrícolas e Áreas de Preservação Permanente (APP). A partir de uma revisão da literatura sobre o uso e ocupação do solo em áreas urbanas, os principais apontamentos são a ocorrência de i) inundações, ii) processos erosivos, iii) deslizamentos de terra e iv) soterramentos. Logo, são desafios a serem superados pelos Planos Diretores Municipais e Zoneamento Urbano. Em relação ao uso e ocupação do solo em áreas rurais presentes em bacias hidrográficas, postula-se especialmente sobre a atividade de criação de animais, visto que afeta a reposição de água doce através da compactação do solo, diminui a infiltração dos lençóis e aumenta a degradação das margens dos rios, além da agricultura que engloba a contaminação do solo por agroquímicos. O cenário expresso por APPs reporta especialmente problemas de ordem social, além da degradação dos solos, por meio da erosão urbana e dos recursos hídricos, a partir da poluição por esgotos e assoreamento. Assim, torna-se fundamental a adequação das políticas públicas a fim de utilizar o espaço urbano/rural de forma socialmente justa e sustentável.

Palavras-chave: Gestão ambiental. Impacto ambiental. Recursos hídricos. Usos do solo.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade da água reflete o grau de desenvolvimento social e ambiental de uma comunidade. Assim, torna-se oportuno demonstrar que a gestão do uso do solo é fundamental para a manutenção do ciclo hidrológico, a conservação dos recursos hídricos, o equilíbrio e a qualidade ambiental das bacias hidrográficas. Nesse sentido, a criação de planos de bacia permitem a discussão integrada da temática da gestão de recursos hídricos por parte da sociedade em geral, representantes de usuários de água, poder público na esfera municipal e federal que vislumbram orientar e organizar a utilização da água por parte dos interessados (BRAZ et al., 2020; JOIA; ANUNCIAÇÃO; PAIXÃO, 2018).

Desta forma, na efetiva e descentralizada gestão de recursos hídricos, se torna necessário o alicerce jurídico para com questões de uso e ocupação do solo com vista a evitar conflitos. A caracterização geográfica da bacia hidrográfica pode ser elaborada de acordo com os aspectos fitogeográficos e socioeconômicos até se chegar a um zoneamento ambiental, que é previsto na Lei Orgânica dos municípios, de acordo com suas particularidades, a fim de cooperar com a capacidade de resiliência do planeta (ANJINHO et al., 2021; JOIA; ANUNCIAÇÃO; PAIXÃO, 2018; LOITZENBAUER; MENDES, 2016).

Para uma gestão sustentável dos recursos hídricos no contexto de bacias hidrográficas, se faz necessária a aplicação de instrumentos de gestão. Estes estão previstos no plano de bacia, bem como onde existe a criação de uma base de dados e informações socialmente acessível, respaldada em uma definição clara dos direitos de uso e apoiada por uma pontuação sobre o controle dos impactos sobre os sistemas hídricos. Assim, o processo de tomada de decisão envolve a abrangência dos importantes elementos supracitados (BRAZ et al., 2020; JOIA; ANUNCIAÇÃO; PAIXÃO, 2018; LOITZENBAUER; MENDES, 2016).

O desenvolvimento econômico e o manejo do solo para atividades agrícolas, pecuária, indústrias, turismo e moradia, contribui gradativamente com o avanço da vulnerabilidade ambiental, hoje facilmente percebida (SANTOS et al., 2020). A maior repercussão socioespacial dos eventos naturais, sobretudo os decorrentes de alterações climáticas, processam-se nos espaços urbanos, gerando inundações periódicas, e nos

espaços rurais, a erosão do solo (ANJINHO et al., 2021; JOIA; ANUNCIAÇÃO; PAIXÃO, 2018). Deste modo, o objetivo deste trabalho é ressaltar a relevância do devido planejamento do uso do solo para gestão hídrica em bacias hidrográficas, destacando as áreas urbanas, agrícolas e APPs.

2. METODOLOGIA

O presente artigo é uma pesquisa descritiva referente ao Planejamento do Uso do Solo em Bacias Hidrográficas: Áreas Agrícolas, Áreas Urbanas e APPs. Desse modo, foi realizada uma revisão bibliográfica no qual foram comparadas informações de diferentes autores acerca do assunto estudado, utilizando as bases de dados SCOPUS, Scielo e Science Direct. Os descritores utilizados foram “use of the soil”, “watershed plan”, “water resources”, “management”, “erosion and silting up” e “urban planning”, totalizando 37 artigos e 6 trabalhos selecionados, os quais foram publicados entre os anos de 2000 e 2021. Assim, foi elaborada a separação de conteúdos relevantes e que serviram de referências para a nova criação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O plano de bacia hidrográfica representa uma alternativa eficaz de gerenciamento de inúmeras atividades na área de abrangência, sendo responsável também pelo auxílio na mediação de conflitos e no atendimento das demandas por parte dos usuários de água. As atividades econômicas existentes na área da bacia refletem na organização do espaço geográfico e na dinâmica socioambiental das populações inseridas (JOIA; ANUNCIAÇÃO; PAIXÃO, 2018; BRAZ et al., 2020).

A interação entre atividades socioeconômicas e o meio ambiente se destacam nas políticas relacionadas aos recursos hídricos e ocupação do solo dos municípios. Sendo assim, as lideranças do comitê de bacias são responsáveis pelo ordenamento físico-territorial para subsidiar tais políticas e possibilitar que estas sejam cumpridas na prática (JOIA; ANUNCIAÇÃO; PAIXÃO, 2018). Diante disso, no decorrer desta seção será apresentado o planejamento do solo em bacias hidrográficas, especificamente em áreas urbanas, rurais e APPs.

3.1. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS URBANAS

A intensa urbanização e a ausência de planejamento adequado propicia o uso incorreto do solo em centros urbanos, como a construção de moradias clandestinas e em áreas de risco, especialmente no contexto brasileiro de periferias. Esses fatos, frequentemente, ocasionam impactos ambientais negativos, os quais estão relacionados à ocorrência de i) inundações, ii) processos erosivos, iii) deslizamentos de terra, iv) soterramentos, acontecimentos que interferem também na gestão de recursos hídricos. Portanto, o uso e a ocupação do solo urbano requerem um planejamento articulado por meio de políticas públicas, além de iniciativas proativas das demais partes interessadas (HONDA et al., 2015; WU et al., 2019; HENRIQUE; TSCHAKERT, 2019; ZHAO et al., 2020).

O principal instrumento de planejamento urbano no Brasil consiste no Plano Diretor Municipal, estabelecido pelo Estatuto da Cidade (Lei Nº 10.257/2001), que discorre a respeito do ordenamento urbano, o qual é responsabilidade dos municípios. Alguns dos itens obrigatórios a conter no Plano Diretor são referentes ao desenvolvimento de um sistema de drenagem de águas pluviais, preservação dos espaços naturais, mapeamento das áreas de risco, entre outros, além de estar em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica em questão (BRASIL, 2001).

O zoneamento urbano é outro instrumento destinado ao ordenamento do uso e ocupação do solo nas cidades, além de controlar a densidade demográfica nas zonas urbanas e zonas de expansão municipal. O zoneamento mais utilizado é o que divide as áreas urbanas de acordo com as atividades nelas realizadas, por exemplo, uso residencial, industrial, uso misto, entre outros (BRAGA, 2001). Outra maneira de adequar corretamente o uso do solo urbano é por meio de loteamentos ou desmembramentos, instituídos pela Lei Nº 6.766/1979 (BRASIL, 1979).

Entretanto, esse planejamento urbano, muitas vezes, não é elaborado e/ou praticado de forma eficaz, sobretudo, em grandes metrópoles. Entre os efeitos estão a valorização de algumas áreas em relação a outras, formação de periferias com infraestruturas precárias, e terras demarcadas para fins que não refletem o bem estar social, como a especulação imobiliária (BRAGA, 2001). Assim, torna-se fundamental a



adequação das políticas públicas a fim de utilizar o espaço urbano de forma socialmente justa e sustentável (HONDA et al., 2015). Destaca-se, ainda, a necessidade dos governos locais realizarem o planejamento da ordenação territorial levando em consideração as consequências dessa gestão para a preservação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica (PERES; SILVA, 2010).

3.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS RURAIS

A área rural em bacias hidrográficas comumente é majoritária com relação aos demais zoneamentos existentes, visto que as atividades agrícolas ocupam maior extensão territorial no espaço brasileiro (BRAZ et al., 2020).

As formas de uso e ocupação do solo apresentam uma forte relação com as diferentes inclinações do relevo em bacias hidrográficas. O sentido da disposição e predomínio de altas e baixas declividades, torna regiões de vales passíveis à vulnerabilidade de eventos climáticos e geológicos extremos, sobretudo nos processos de precipitação, infiltração, percolação e erosão do solo (JOIA; ANUNCIAÇÃO; PAIXÃO, 2018; GABIRI et al, 2020).

O uso do plano de bacia hidrográfica e da política de zoneamento presente na Lei Orgânica dos municípios, permite a contextualização de problemas, facilitando a identificação das áreas com picos de degradação ambiental e do grau de comprometimento da produção presente em uma determinada bacia hidrográfica, bem como permite a organização do espaço para finalidades específicas que permitem o bem estar social e ambiental (LOITZENBAUER; MENDES, 2016; JOIA; ANUNCIAÇÃO; PAIXÃO, 2018).

O desenvolvimento agrícola pode contribuir para a degradação dos corpos d'água através da poluição e contaminação destes, visto que fertilizantes e outros produtos químicos são amplamente utilizados no cultivo. Dessa forma, a lixiviação e a erosão podem carregar substâncias potencialmente tóxicas para as águas superficiais, como os metais que possivelmente estão acumulados no solo (SARAN et al., 2018; CHARNSUNGNERN et al., 2017).

Diferentes estudos relatam a alteração das águas superficiais e subterrâneas relacionada ao uso irregular do solo em áreas agrícolas, devido ao aumento de nutrientes presentes nas mesmas, especialmente advindos de pesticidas (SWARTJES;

VAN DER Aa, 2020). As mudanças desses ambientes naturais podem causar o desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos e contribuir para decomposição do oxigênio dissolvido. Além disso, o desmatamento dessas áreas pode contribuir para uma maior erosão e um aumento de sedimentos e nutrientes no solo, o que influencia no aumento da utilização de fertilizantes químicos para repor as perdas por erosão e uma sedimentação gradativa dos leitos dos rios (PAULA FILHO et al., 2019; VALLE et al., 2014; PLAMBECK, 2020).

No Brasil a criação do Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, pelo Decreto nº 94.076 foram definidos objetivos específicos do programa voltados a zona rural, onde buscou-se: a) Executar ações voltadas para a prática de manejo e conservação dos recursos naturais renováveis, evitando sua degradação e objetivando um aumento sustentado da produção e produtividade agropecuárias, bem como da renda dos produtores rurais; b) Estimular a participação dos produtores rurais e suas organizações nas atividades de que trata o item anterior; c) Promover a fixação das populações no meio rural e reduzir os fluxos migratórios do campo para a cidade (BRASIL, 1987).

Desta forma, o manejo integrado de microbacias hidrográficas e propriedade agrícola se torna a unidade de trabalho ideal para o planejamento da exploração e conservação a nível local, considerando a integração dos recursos naturais e aspectos socioeconômicos em áreas rurais, bem como as demais (AL-JAWAD et al., 2019; BRAZ et al., 2020).

3.2.1. USO PELA ATIVIDADE DE CRIAÇÃO DE ANIMAIS

Uma das maiores causas de degradação do solo em áreas rurais é o pisoteio animal, provocando deformações plásticas no mesmo devido, principalmente, às condições de umidade inadequadas, fazendo com que o solo perca sua capacidade de retornar ao estado original, como é o caso do semiárido brasileiro (DA SILVA et al., 2020). Também pode ocorrer a compactação do solo, provocada pela redução da macroporosidade, resultante do tráfego excessivo de animais e maquinários agrícolas (ORTIGARA et al., 2014). Esses fatores aumentam a impermeabilização do solo que está relacionada com o aumento do escoamento superficial e conseqüentemente com a

presença de altas cargas de nutrientes no mesmo, proveniente das excreções de animais (PAULA FILHO et al., 2019).

A remoção da cobertura vegetal para formar as pastagens, além de comprometer a biodiversidade, também compromete o ciclo da água, pois reduz a infiltração e o armazenamento. Essa dinâmica, acaba liberando gás carbônico para atmosfera contribuindo para a mudança climática, aumentando a velocidade de lixiviação, assim causando a compactação e erosão no solo (PINHEIRO; PROCÓPIO, 2008; HIPT et al., 2019).

Segundo Souza (2010), o uso do solo por atividades de criação de animais também afeta a reposição de água doce através da compactação do solo, diminuindo a infiltração para os lençóis e a degradação das margens dos rios. No entanto, é inviável simplesmente cessar esta tipologia de atividade agropecuária, em vistas da sua importância frente ao abastecimento para consumo humano, especialmente conhecendo a caracterização da dieta do brasileiro, assim é necessário utilizar alternativas que conciliam a preservação ambiental com a pecuária, visto que a última supre necessidades de consumo, e a primeira articula e viabiliza a harmonia entre o meio ambiente e as atividades antrópicas.

Com o sistema integrado lavoura-pecuária, as áreas que possuem menor produção poderão receber parte do rebanho bovino e assim permitir a formação da cobertura que auxilia na conservação da umidade e alimenta plantas e microrganismos presentes no solo, proporcionando maior estabilidade para o sistema de plantio direto (HERRERO et al., 2000).

3.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

De acordo com a Lei N°12.651/2012, APP é caracterizada como área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com o intuito de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e garantir o bem-estar da população humana (BRASIL, 2012).

Em áreas de APP a ocupação do solo envolve a não construção de moradias, bem como a não realização de outras atividades exploratórias. No entanto, a realidade de muitas cidades brasileiras contradiz a premissa postulada. Visto que ocupações em APP

ocorrem, na maioria das vezes sem qualquer planejamento e, por não se enquadrarem nas normas legais, são construídas com inúmeras irregularidades, tais como a carência de saneamento básico e diversos fatores de salubridade essenciais. Isto se deve à falta de políticas públicas no sentido de elaborar um adequado planejamento urbano, e que, propende a se agravar caso mantenham-se na irregularidade (PINHEIRO; PROCÓPIO, 2008).

3.3.1. CONSEQUÊNCIAS DO USO INDISCRIMINADO DO SOLO EM APPS

A insuficiência de investimentos se torna um obstáculo à implementação de medidas protetoras das APPs, tendo em vista as razões econômicas e administrativas em pequenos municípios. Sabe-se portanto, que é de fundamental importância manter o equilíbrio entre as questões ambientais e a boa qualidade de vida à população (BILAC; ALVES, 2014).

Entre os diversos impactos sociais e ambientais encontrados nos ambientes urbanos, pode-se citar a degradação dos solos, por meio da erosão urbana e dos recursos hídricos a partir da poluição por esgotos, e por meio do assoreamento. Além disso, a concentração populacional em locais ambientalmente inadequados, como vertentes que possuem declives acentuados e em fundos de vale, inclusive aqueles identificados como APPs, também trazem consequências negativas à esses locais (PEDRO, 2011).

Construções irregulares correm risco de alagamento em épocas de cheias. Deste modo, ocorre o aumento da poluição das águas por resíduos domésticos, oriundos da criação de animais e do descarte de entulhos no leito do rio. Ainda, correlato a falta de saneamento básico, há o aumento da incidência de doenças advindas do contato das pessoas com a água contaminada (BILAC; ALVES, 2014).

Além dessas, a retirada de matas ciliares para construção de estabelecimentos e domicílios, além de aumentar o assoreamento do rio, também perde-se o principal agente na manutenção do equilíbrio do ecossistema (SILVA; HERRMANN, 2008).

3.3.2. ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO DE APPS EM CENTROS URBANOS E ZONAS RURAIS

A área urbana de muitos municípios brasileiros se desenvolveu próxima de cursos de água, ocupando as áreas de mata ciliar que haviam anteriormente nestes

locais e, muitas vezes, essas áreas, correspondem ao centro da cidade, característica de edificações históricas. Há também locais que possuem uma dinâmica de ocupação recente e desordenada, ocupada por uma parcela de população carente (BILAC; ALVES, 2014).

Diante disso, Bilac e Alves (2014) acreditam que é primordial a delimitação de áreas ambientais em processo de degradação para que seja possível discutir estratégias e soluções que visem desenvolver a preservação de APPs. E desta forma, garantir uma proposta de equilíbrio que possa atingir positivamente a sociedade nas questões ambientais, além de garantir diálogos que fomentem estratégias justas para a parcela da sociedade periférica, e portanto desassistida quanto ao assunto de bem estar social.

Ainda, pontua-se que é preciso superar problemas originalmente primários como a questão de moradia, para poder-se evoluir na resolução dos problemas secundários que são consequências de uma série de problemas acumulados, ou seja, não é possível pensar por exemplo em saneamento básico ou preservação de APPs, em um contexto que não existe atendimento de premissas básicas (BILAC e ALVES, 2014).

Alguns países buscam integrar o acesso recreativo à população com a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações. Dessa forma a construção de parques e meios de lazer próximos a cursos hídricos, desde que haja uma gestão efetiva visando a preservação dos ecossistemas, apresenta-se como uma alternativa para evitar construções irregulares (BEECO et al., 2013). Além disso, o aumento dos espaços verdes na área urbana são fundamentais para o desenvolvimento sustentável, ressaltando a importância do planejamento urbano (WU et al., 2019).

Uma das alternativas mais valorosas para proteger as APPs é a manutenção e preservação da mata ciliar. Desse modo, a vegetação ciliar reduz o impacto de fontes de poluição de áreas a montante, através da retenção de sedimentos, barreiras físicas e processos químicos, além de minimizar o assoreamento dos corpos d'água e a contaminação por lixiviação ou escoamento superficial de defensivos agrícolas e fertilizantes, garantindo a manutenção da qualidade da água. Além disso, mantém a estabilidade dos solos marginais, minimizando os processos erosivos e os danos das margens (ANJINHO et al., 2021; GUIDOTTI et al., 2020; SILVA e HERRMANN, 2008).

Baseado nessa perspectiva, um estudo realizado na bacia hidrográfica do Rio Doce comprova que a degradação do solo e o desmatamento são os principais fatores

de degradação das APP da mesma. Dessa forma, demonstram que essa problemática poderia ser mitigada com o efetivo cumprimento da Lei Brasileira de Proteção à Vegetação Nativa (LPVN), conhecida como Novo Código Florestal, pois os dados comprovam que quanto maior a quantidade de cobertura de vegetação nativa, maior a resiliência e resistência geral de toda a bacia do Rio Doce (PIRES et al., 2017).

No entanto, Guidotti et al. (2020), avaliaram a capacidade de APPs em conformidade com a legislação de fornecer serviços de bacias hidrográficas, em uma bacia hidrográfica de 2.200 ha no Estado de São Paulo, Brasil. E os resultados demonstram que o cumprimento da LPVN a partir da realização de boas práticas de manejo do solo e da água, não é o suficiente para manter o controle de erosão e estabilização de margens de rios.

Para proteção de APPs na zona rural, alternativas de compensação aos trabalhadores que preservam e zelam pelos cursos d'água já estão sendo implementadas quando em processos de licenciamento ambiental é levado em conta as características de todo o território inscrito na certidão de registro do terreno. Sendo assim, para fins de legislação, são aprovados projetos que apresentam conformidade com a produção sustentável e protetiva ao meio ambiente (PALANIAPPAN et al., 2013).

Desse modo, o papel do Estado na defesa ambiental é de extrema importância. O Estado atua traçando planos de ações, pelas chamadas políticas públicas, que abrangem etapas educativas, de coordenação e de realização. Afinal, o Estado não pode pressupor que a simples existência de leis protetoras do meio ambiente irão resolver os dilemas ambientais. (DUARTE, 2003).

3.4. USO DO SOLO EM ÁREAS COSTEIRAS

As zonas costeiras são amplamente urbanizadas e industrializadas, devido ao uso e ocupação do solo sem o efetivo planejamento. Essa premissa pode gerar diferentes impactos para os ecossistemas aquáticos, principalmente devido a gestão desequilibrada das bacias hidrográficas. Além disso, regiões costeiras favorecem o turismo que conseqüentemente aumentam o número de construções no local e resultam na perda da vegetação natural (SALHI et al., 2020; ZHAI et al., 2020).

Um estudo realizado por Zhai et al. (2020), constatou que na zona costeira chinesa, fatores como a produção agrícola, a expansão urbana e a poluição industrial

causaram impactos negativos sobre a qualidade dos ecossistemas terrestres e ameaçam a saúde dos ecossistemas marinhos. Dessa forma, faz-se necessário a intervenção humana para propor ações de manejo e recuperação do uso do solo de forma a mitigar os impactos das atividades antrópicas gerados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento e gestão sobre o ordenamento referente ao uso e ocupação do solo é demanda substancial no contexto ambiental. Especialmente, no cenário expresso entre a vinculação do espaço urbano, áreas rurais e APPs, que se integram através de uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, a partir de uma narrativa descritiva foi possível realizar a síntese dos principais empecilhos existentes, viabilizando a resolução das premissas postuladas.

O uso e ocupação do solo em áreas urbanas está atrelado ao exponencial crescimento desordenado averiguado ao longo do tempo. Isto se deve ao fato de quando a implementação física dos aglomerados é desprovida de articulações referente à logísticas de engenharia, como existência de drenagem urbana, delimitação de espaços, saneamento básico, entre outras medidas. Nesse sentido, a má organização espacial implica em problemas de inundações, processos erosivos, deslizamentos de terra, soterramentos, acontecimentos estes que interferem intimamente na gestão dos recursos hídricos. Logo, é necessário a ação da municipalidade na realidade singular averiguada, para que o zoneamento seja acurado e coerente aos atuais diálogos, fomentados pela sustentabilidade ambiental.

Já sobre a realidade do uso e ocupação do solo em área rural, é nítido a dependência do setor frente a existência de uma bacia hidrográfica, para que as necessidades sejam suprimidas, a fim de garantir o atendimento da nobre função do mesmo. No entanto, é requerido a atuação técnica junto a este setor, visto a vulnerabilidade de eventos climáticos e geológicos extremos, além da potencial poluição das águas subterrâneas no manejo inadequado de fertilizantes, viabilizado por falta de conhecimento técnico apropriado.

O tema que rege o uso e ocupação do solo em APPs, trata-se de uma concepção global. O principal apontamento reportado é interligado a questões de cunho social, especialmente em um país belisário no ambiente de periferização, onde a demanda por

área é maior que a oferta territorial, em termos qualitativos. Portanto, ações a longo prazo a fim de atender aos desassistidos que acabam por agir erroneamente, requerem atenção especial. Assim, é preciso que o debate ambiental se concretize por meio da efetivação do direito ambiental a partir de posições concretas a serem assumidas pelos atores a exercitarem a ação participativa e comunicativa que a realidade exige.

REFERÊNCIAS

- AL-JAWAD, J. Y. et al. A comprehensive optimum integrated water resources management approach for multidisciplinary water resources management problems. **Journal of Environmental Management**, v. 239, p. 211-224, 2019.
- ANJINHO, P. S. et al. Environmental fragility analysis in reservoir drainage basin land use planning: A Brazilian basin case study. **Land Use Policy**, v. 100, p. 104946, 2020.
- BEECO, A. J. BROWN, G. Integrating space, spatial tools, and spatial analysis into the human dimensions of parks and outdoor recreation. **Applied Geography**, v. 38, p. 76-85, 2013.
- BILAC, R. P. R.; ALVES, A. M. Crescimento urbano nas áreas de preservação permanente (APPs): um estudo de caso do leito do rio Apodi/Mossoró na zona urbana de Pau dos Ferros - RN. **Revista Geotemas**, v. 4, n. 2, p. 79-95, 2014.
- BRAGA, R. 2001. Política urbana e gestão ambiental: considerações sobre plano diretor e o zoneamento urbano. In: CARVALHO, P. F.; BRAGA, R. (Org.). **Perspectivas de gestão ambiental em cidades médias**, p. 95-109, Rio Claro: LPM-UNESP, 2001.
- BRASIL. Casa Civil. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Lei nº 12.651** de 25 de maio de 2012. Brasília, DF, 2012.
- BRASIL. Casa Civil. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Lei Nº 10.257** de 10 de julho de 2001. Brasília, DF, 2001.
- BRASIL. Casa Civil. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. **Lei nº 6.766/1979** de 19 de dezembro de 1979. Brasília, DF, 1979.
- BRASIL. Decreto nº 94.076 de 05 de março de 1987 - Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas. Brasil (DF), 1987.
- BRAZ, A. M. et al. Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v.29 n.1 Bogotá, 2020.



- CHARNSUNGNERN, M.; TANTANASARIT, S. Environmental sustainability of highland agricultural land use patterns for Mae Raem and Mae Sa watersheds, Chiang Mai province, Kasetsart. **Journal of Social Sciences**, v. 38, ed. 2, p. 169-174, 2017.
- DA SILVA, J. L. B. et al. Changes in the water resources, soil use and spatial dynamics of Caatinga vegetation cover over semiarid region of the Brazilian Northeast. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, p 100372, 2020.
- DUARTE, M. C. S. **Meio ambiente sadio: direito fundamental em crise**. Curitiba: Juruá, 2003.
- GABIRI, G. et al. Modelling the impact of land use management on water resources in a tropical inland valley catchment of central Uganda, East Africa. **Science of The Total Environment**, v. 653, p. 1052-1066, 2020.
- GUIDOTTI, V. et al. Changes in Brazil's Forest Code can erode the potential of riparian buffers to supply watershed services. **Land Use Policy**, v. 94, p. 104511, 2020.
- HENRIQUE, P. V; TSCHAKERT, P. Contested grounds: Adaptation to flooding and the politics of (in)visibility in São Paulo's eastern periphery. **Geoforum**. v, 104, p. 181-192, 2019.
- HERRERO, M. et al. Tecnologia Embrapa: Integração Lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras. **URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, n. 11, 2000.
- HIPT, F. O. et al. Modeling the effect of land use and climate change on water resources and soil erosion in a tropical West African catch-ment (Dano, Burkina Faso) using SHETRAN. **Science of The Total Environment**, v. 653, p. 431-445, 2019.
- HONDA, S. C. de A. L. et al. Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). **URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, n. 1, 2015.
- JOIA, P. R.; ANUNCIAÇÃO, V. S.; PAIXÃO, A. A. **Implicações do uso e ocupação do solo para o planejamento e gestão ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Aquidauana**, Mato Grosso do Sul. Interações (Campo Grande), v.19 n.2, Campo Grande, 2018.
- LOITZENBAUER, E; MENDES, C. A. B. **Integração da gestão de recursos hídricos e da zona costeira em Santa Catarina: a zona de influência costeira nas bacias dos rios Mampituba, Araranguá, Tubarão e Tijucas, SC**. RBRH v.21, n.2, Porto Alegre, 2016.
- ORTIGARA, C. et al. Uso do solo e propriedades físico-mecânicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 619-626, 2014.



- PALANIAPPAN, M. et al. **Cuidando das Águas** - Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. 2013.
- PAULA FILHO, F. J. de. et al. Land uses, nitrogen and phosphorus estimated fluxes in a Brazilian semi-arid watershed. **Journal of Arid Environments**, v. 163, p. 41-49, 2019.
- PEDRO, L. C. Geomorfologia urbana: impactos no ambiente urbano decorrente da forma de apropriação e ocupação do relevo. **Revista Geografia em Questão**, v.04, n.01, p. 153-172. 2011.
- PERES, R. B.; SILVA, R. S. A relação entre Planos de Bacia Hidrográfica e Planos Diretores Municipais: Análise de Conflitos e Interlocações visando Políticas Públicas Integradas. In: **V Encontro Nacional da Anppas (Florianópolis)**, 2010.
- PINHEIRO, A. C. D.; PROCÓPIO, J. B. Áreas urbanas de preservação permanente ocupadas irregularmente. **Revista de Direito Público**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 83-103, Set. / Dez. 2008.
- PIRES, A. P. F. et al. Forest restoration can increase the Rio Doce watershed resilience. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, ed. 3, 2017.
- PLAMBECK, N. O. Reassessment of the potential risk of soil erosion by water on agricultural land in Germany: Setting the stage for site-appropriate decision-making in soil and water resources management. **Ecological Indicators**, v. 118, p. 106732, 2020.
- SALHI, A. et al. Impacts and social implications of landuse-environment conflicts in a typical Mediterranean watershed. **Science of The Total Environment**, p. 142853, 2020.
- SANTOS, A. et al. Causes and consequences of seasonal changes in the water flow of the São Francisco river in the semiarid of Brazil. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 8, p. 1000084, 2020.
- SARAN, L. M. et al. Land use impact on potentially toxic metals concentration on surface water and resistant microorganisms in watersheds. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 166, p. 366-374, 2018.
- SILVA, L. A.; HERRMANN, H. **O Uso e a Ocupação do Solo em Área de Preservação Permanente**. 2008.
- SOUZA, J. M. F. et al. Avaliação dos conflitos no uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão Lamarão, Distrito Federal. **Ciênc. Florest.** v. 29, n. 2, p. 950-964, 2019.
- SOUZA, J. S. O impacto ambiental atribuído à pecuária. **Revista CRMV- PR**, Paraná, v. 2, n. 30, 2010.



SWARTJES, F. A.; VAN DER Aa, M. Measures to reduce pesticides leaching into groundwater-based drinking water resources: An appeal to national and local governments, water boards and farmers. **Science of The Total Environment**, v. 699, p. 134186, 2020.

VALLE, R. F. et al. Groundwater quality in rural watersheds with environmental land use conflicts. **Science of The Total Environment**, v. 493, p. 812-827, 2014.

ZHAI, T. et al. Assessing ecological risks caused by human activities in rapid urbanization coastal areas: Towards an integrated approach to determining key areas of terrestrial-oceanic ecosystems preservation and restoration. **Science of The Total Environment**, v. 708, p. 135153, 2020.

ZHAO, Y.; WANG, Y.; WANG, Y. Comprehensive evaluation and influencing factors of urban agglomeration water resources carrying capacity. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 125097, 2020.

WU, Z. et al. Changing urban green spaces in Shanghai: trends, drivers and policy implications. **Land Use Policy**, v. 87, p. 104080, 2019.

CAPÍTULO XI

REÚSO DA ÁGUA: PERSPECTIVAS SOBRE A REALIDADE BRASILEIRA E EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS COM ENFOQUE NO ARCABOUÇO LEGISLATIVO

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS1051-11

Naiara Jacinta Clerici ¹
Raíssa Engroff Guimarães ¹
Thalía Lopes Friedrich ¹
Laís Andressa Finkler ¹
Suzana Diel Boligon ¹
Ana Carolina Scher ¹
Letícia Slodkowski ¹

¹ Graduas em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal da Fronteira Sul.

RESUMO

O aumento da demanda por água, causado especialmente pelo crescimento populacional e pelas atividades produtivas decorrentes, somado à degradação crescente dos recursos hídricos, criam um cenário de escassez em diversas regiões, ou seja, estresse hídrico. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar os métodos de reúso de água perante a realidade do Brasil e do exterior, com enfoque na legislação. Os resultados indicam que o reúso da água surge como um instrumento complementar para a gestão dos recursos hídricos, trazendo uma série de benefícios aos usuários, tais como o aumento da produtividade agrícola, a redução dos custos com a captação de água e a preservação dos aquíferos subterrâneos. Além disso, o reúso da água pode ser feito através de método direto ou indireto, onde esta água poderá ser aplicada em diferentes áreas, como na agricultura, indústria, meio urbano e para fins ambientais. No que diz respeito aos outros países, especialmente europeus, a reutilização da água é uma alternativa para contribuir com o combate à escassez, principalmente para aqueles que sofrem com as condições climáticas adversas. Dessa forma, é fundamental que as legislações continuem se aprimorando, de forma a garantir padrões de monitoramento eficientes, visando a qualidade da água de reúso.

Palavras-chave: Estresse hídrico. Padrões de qualidade. Regulamentação. Reutilização.

1. INTRODUÇÃO

A água é a responsável pelo respaldo existencial da vida na Terra e abrange em torno de 70 % da superfície terrestre. Ademais, é fundamental para ações antrópicas, como processos industriais, agricultura, abastecimento urbano, dessedentação animal, entre outras finitas atividades (CASTRO, 2012).

Grande parcela da superfície terrestre localiza-se em áreas com carência de água potável. Desse modo, buscam-se alternativas e tecnologias, que possibilitem uma melhor captação, armazenamento e, fundamentalmente, preservação e conservação da água e seus mananciais (ANA, 2018). Uma possibilidade viável e sustentável para solucionar a crise hídrica é a reutilização, reciclagem e recuperação de efluentes, de forma a, posteriormente, tornar possível a utilização da água de reuso na indústria, residências e irrigação. Desse modo, atua-se na minimização quantitativa de águas residuárias que acabam sendo despejadas nos corpos hídricos, tal como, a diminuição de retiradas de corpos naturais de água doce (HENDGES; ANTES; TONES, 2018).

Segundo Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos Nº 54/2005, o reúso da água é definido pelo uso de água residuária. De acordo com a finalidade de reutilização, pode necessitar ou não um tratamento da água. O reúso da água reflete-se de uma maneira sustentavelmente adequada, no entanto, é recomendado a utilização de águas com qualidade inferior para usos menos nobres (BRASIL, 2005; ANA, 2018).

De acordo com Agência Nacional de Águas (ANA) (2018), a ampliação da demanda de água tornou o reúso relevante, de modo a prezar pelo uso consciente e racional, demandando de i) estudo para controle de desperdícios e perdas; ii) manutenção dos sistemas de abastecimento; e iii) redução da geração de efluentes. Dessa forma, objetivou-se identificar os métodos de reúso da água perante a realidade do Brasil e do exterior, com enfoque na legislação ambiental pertinente ao escopo discutido pelo trabalho.

2. METODOLOGIA

O presente artigo é uma pesquisa de revisão descritiva, partindo de uma análise geral do tema, para uma particular, com o intuito de fornecer um embasamento teórico sobre o assunto e, posteriormente, destacar suas peculiaridades e implementações.



Para idealizar a metodologia com acurácia, foram consultadas doutrinas, legislação, regras e princípios atinentes ao reuso da água que contribuíram para a análise do tema em discussão.

Utilizou-se para efetiva elaboração desta pesquisa as bases de dados Scopus, Scielo e Science Direct, usando os descritores “hydricaI stress”, “quality standards”, “regulation” in “water reuse” com inclusão do operador AND. O desenvolvimento se deu sobre a leitura e avaliação de 21 entre artigos e documentos publicados entre os anos de 1997 e 2020, enquanto que informações consideradas pertinentes à temática foram desenvolvidas no decorrer do texto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através do ciclo hidrológico, a água se constitui em um recurso renovável. Quando reutilizada através de sistemas naturais, é um recurso limpo e seguro, porém, quando passa a ser incrementada por atividades antrópicas, pode ser potencialmente deteriorada a diferentes níveis de poluição. Entretanto, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reutilizada para diversos fins benéficos. As possibilidades e formas potenciais de reuso, dependem de características, condições, competências e fatores locais, tais como decisões políticas, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2002). Assim, torna-se necessário uma regulamentação adequada à prática do reúso de forma a promovê-la, ampliando os benefícios aos usuários, minimizando os riscos associados e possibilitando o equacionamento dos conflitos potencialmente existentes (RODRIGUES, 2005).

3.1. LEGISLAÇÃO PERTINENTE AO REÚSO DE ÁGUA NO BRASIL

A partir da promulgação da Lei N° 9.433/1997 que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), o Brasil ofereceu fundamentos jurídicos para a racionalização do uso e, conseqüentemente, condicionantes legais para o reúso da água, alternativa viável na preservação e na conservação ambiental. Os instrumentos da PNRH, em especial, a necessidade de outorga pelo uso dos recursos hídricos e a possibilidade de cobrança pelo uso destes que vierem a ser outorgados, tornaram-se razões adicionais para que as indústrias e os responsáveis pelos usos agrícolas

começassem a considerar o reúso de águas como opção para suas atividades, essencialmente, a agricultura (BARROS et al., 2015).

Nesse sentido, a Resolução N° 54/2005 estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentam e estimulam o reúso direto de água não potável em todo o território nacional (BRASIL, 2005). Já em 16 de dezembro de 2010, foi aprovada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) a Resolução N° 121, que estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal. Porém, esta Resolução não define parâmetros específicos de qualidade de água para reúso direto não potável, especificando apenas que a aplicação da água de reúso não pode apresentar risco ou causar danos ambientais e à saúde pública (BRASIL, 2010).

A Norma Brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13.969/1997, consiste no principal instrumento utilizado para a prática de reúso no Brasil. Esta norma classifica apenas o reúso local, baseado em parâmetros físico-químicos de qualidade (pH, turbidez, coliforme fecal, sólidos dissolvidos totais e cloro residual), como também a sua adequada aplicação a partir de quatro classes determinadas. Porém, esta norma não pode servir como instrumento para a adequação de parâmetros para posterior reúso na agricultura, justificando, assim, a necessidade de elaboração de um instrumento que os determine para a aplicação da água de reúso em tal atividade (ABNT, 1997).

Toda a regulamentação sobre o reúso da água deve ser elaborada, de acordo com os seguintes princípios: i) proteção ao meio ambiente; ii) proteção à saúde pública; iii) racionalização do uso da água; iv) planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; v) incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; vi) educação ambiental, e vii) intersetorialidade, compreendendo as integrações das ações de saneamento entre si e com as demais políticas públicas (RODRIGUES, 2005).

3.2. MÉTODOS DE REÚSO DA ÁGUA

Segundo Rodrigues (2005), o reúso da água pode ser classificado considerando se há ou não ou descarte das águas nos corpos hídricos, antes do próximo uso, ou seja:



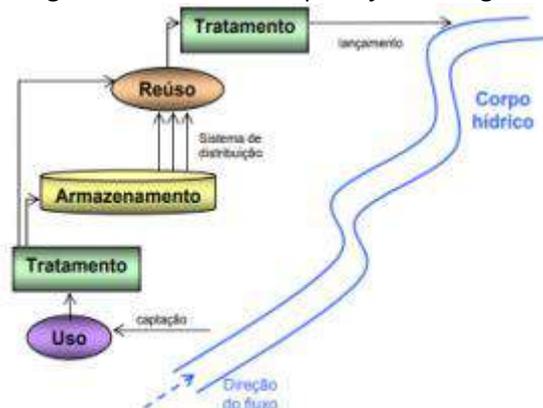
- Reúso indireto: a água utilizada é descartada nos corpos hídricos superficiais ou subterrâneos, sendo então, diluída, e depois captada para um novo uso a jusante (Figura 1);
- Reúso direto: uso planejado da água de reúso, que é conduzida do local de produção ao ponto de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos(Figura 2).

Figura 1 - Reúso indireto não planejado da água.



Fonte: Rodrigues (2005).

Figura 2 - Reúso direto planejado da água.



Fonte: Rodrigues (2005).

O reúso indireto é considerado como um recurso hídrico que deve ser administrado pelos Comitês de Bacia Hidrográficas, para os quais há um conjunto de leis específicas. No caso do reúso direto, devem ser considerados prioritários alguns reúsos para implementação de regulamentação, em função da sua ocorrência, como: i) agrícola; ii) urbano para fins não potáveis; iii) industrial; iv) recarga de aquíferos e, v) aquicultura (RODRIGUES, 2005).

3.3. POSSIBILIDADES DE REÚSO DA ÁGUA NA AGRICULTURA

A utilização de águas residuárias no Brasil, iniciou nos engenhos de cana-de-açúcar, com o uso do efluente proveniente das destilarias de álcool para irrigar as plantações de cana. Em 1993, a preocupação quanto a escassez de água fez com que quatro fábricas, no Estado de São Paulo, iniciassem um programa de reúso da água para refrigeração de seus processos de fabricação (LEITE, 2003). Entretanto, o Brasil ainda está em fase inicial na efetivação e regulamentação de parâmetros técnicos a serem empregados para utilização de reúso da água, em termos de políticas públicas (CUNHA et al., 2011).

Cerca de 70% das águas utilizadas no Brasil são destinadas à agricultura. Segundo Hespanhol (2002), o reúso adequado da água oriunda de atividades agrícolas, águas salobras, de chuva e esgotos domésticos e industriais se constitui como um importante instrumento de gestão racional dos recursos hídricos, no que diz respeito ao reúso de água para fins agrícolas.

O uso de águas residuárias para irrigação de culturas vêm aumentando significativamente, devido a alguns fatores: i) dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação; ii) custo elevado de fertilizantes; iii) a segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se forem tomadas as precauções adequadas; entre outros (HESPANHOL, 2002). De acordo com o mesmo autor, a aplicação destas águas no solo é uma maneira de controlar a poluição e torna-se uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, principalmente em regiões áridas e semi-áridas.

3.4. POSSIBILIDADES DE REÚSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA

O desenvolvimento industrial proporcionou grandes avanços tecnológicos e sociais, porém, na mesma medida gerou impactos ambientais significativamente relevantes no âmbito de recursos hídricos. Sendo assim, é necessário elaborar regulamentações rígidas para que as indústrias reduzam o consumo de água potável, e não obstante, implemente métodos interligados com as iniciativas tecnológicas baseadas nas premissas sustentáveis (MEURER et al., 2020).

Com vista ao exposto, têm-se buscado alternativas a respeito da reutilização de águas residuárias, seja com ciclo fechado de produção, ou com utilização desta como



insumo em processo análogo ao desempenhado nas empresas. A exemplo deste, tem-se a fertirrigação na agricultura e alternativas como a inserção do efluente na produção de materiais que demandam de água, entretanto não necessitam que esta seja potável como nos usos preponderantes. Um exemplo de reúso na indústria é a de blocos de concreto para vedação em alvenaria na construção civil e ciclo fechado em indústrias de cutelaria e têxteis, por meio da aplicação de processos eficientes de tratamento de efluentes que diminuem em 70 % o volume de lançamento em corpos hídricos (OLIVEIRA; BASTOS; SOUZA, 2019; MEURER et al., 2020, AQUIM; HANSEN; GUTTERRES, 2019; BUSCIO et al., 2019).

Existem finitas possibilidades de reúso da água na indústria, algumas possibilitam a sua utilização *in natura* e outras exigem tecnologias de tratamento eficientes para ciclo fechado no processo. Entretanto, no Brasil, essa ainda é uma realidade desconhecida visto que casualmente as empresas não são obrigadas a trabalhar em ciclo fechado. Sendo assim, torna-se opcional, gerando mais efluentes a serem tratados e disponibilizados a corpos hídricos sem a adoção de práticas de reutilização da água (MEURER et al., 2020).

3.5. POSSIBILIDADES DE REÚSO DA ÁGUA NO MEIO URBANO

A comunidade científica integrada às demais competências, reporta possibilidades de reúso de água nas áreas urbanas, porém, suas aplicações são dependentes da qualidade da água requerida para determinados fins. Por exemplo, algumas atividades necessitam de água de alta qualidade, como é o caso da água destinada ao consumo humano, sendo essencial a realização de processos avançados de tratamento para que esta possa ser reutilizada, como os métodos de membrana e processos oxidativos avançados. Todavia, assim que atendidas as normas de padrão de qualidade de água, esta poderá ser útil para fins potáveis e não potáveis (LEITE, 2003).

Entretanto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) não recomenda o reúso de água para fins potáveis, em virtude da presença do risco potencial de patogenicidade, metais pesados e compostos químicos sintéticos que, muitas vezes, não são completamente eliminados durante os processos de tratamento ou, ainda, requerem métodos muito avançados de descontaminação, o que inviabiliza técnica e economicamente o seu reúso (HESPANHOL, 2002).

A literatura aponta inúmeros exemplos de reúso de água para fins não potáveis, por exemplo, decoração paisagística (lagos ornamentais e chafarizes), descargas sanitárias, lavagens em geral (ruas, calçadas, máquinas, veículos etc.), irrigação de plantas e gramados de parques, jardins e centros esportivos, como campos de futebol. A água de reúso também possui utilidade para a construção civil (na preparação de concreto e argamassa, por exemplo). Além disso, essa água pode ser utilizada como reserva de incêndio, desobstrução de redes e tubulações, e para sistemas de ar-condicionados (MUFFAREG, 2003).

3.6. POSSIBILIDADES DE REÚSO DA ÁGUA PARA FINS AMBIENTAIS

O reúso de água para fins ambientais, possuem algumas aplicações, como: Wetlands (fitodepuração), recreação, lagos e represas, indústria pesqueira, aplicação em pântanos, terras alagadas, pesca e canoagem, acréscimo de vazão em cursos d'água, entre outros (ANA, 2018; CETESB, 2020).

Outra maneira de reúso de água no meio ambiente, são as recargas artificiais de aquíferos. Os aquíferos subterrâneos são mantidos por meio de recargas naturais, como rios, lagos, ou então, pela infiltração de água de chuva. Foi desenvolvida, pela engenharia e hidrogeologia, a tecnologia de recarga artificial, que propõe o reúso de águas com diferentes origens ou efluentes que já passaram pelo tratamento adequado, para alimentar aquíferos de modo artificial. No Brasil, a legislação vigente sobre as recargas artificiais é a Resolução Nº 153/2013, que descreve “as recargas artificiais são a inserção artificial de água em um aquífero, por meio de ações humanas planejadas, mediante construções estruturais propostas para esse uso”. As recargas tem como propósito aumentar reservas hídricas, ampliar disponibilidade hídrica e reservas de água (LEITE, 2003; BRASIL, 2013).

3.7. EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS DE REÚSO DA ÁGUA DE UM MODO GERAL

O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, aprovaram um regulamento prevendo a utilização de águas residuais urbanas tratadas para irrigação agrícola, prevendo os requisitos mínimos para reutilização de água. Deste modo, o mesmo busca garantir a disponibilidade deste recurso de maneira suficiente para



atender as demandas das atividades agrícolas, devido a necessidade de manter a qualidade da produção em períodos de escassez. No entanto, para os Estados-Membros, há a flexibilidade de decidir se irão ou não praticar a reutilização da água, desde que apresentem uma justificativa pertinente conforme os critérios previstos no regulamento (UNIÃO EUROPEIA, 2020).

Ainda, segundo Rebelo et al. (2020), diferentes países como Espanha, França, Itália e Grécia possuem padrões de qualidade aplicados para todos os projetos, regulamentados a nível nacional, quando se refere ao reúso da água. No entanto, em países como os Estados Unidos da América, as legislações são aplicadas a níveis estaduais e locais. Devido às alterações climáticas serem um fator que está relacionado diretamente com a disponibilidade de água, alguns países estão mais expostos aos impactos destas mudanças. Em Portugal, a utilização do reúso de água foi identificada como uma alternativa adequada para evitar a escassez de água. No entanto, a ausência de uma legislação efetiva, além de outros fatores econômicos e de infraestrutura, acabam limitando os projetos de reúso no país.

Dessa forma, em 2020, Portugal aprovou uma política de produção de água de reúso de diversas nascentes para utilização em múltiplos fins não potáveis. No entanto, a utilização desta água pode apresentar riscos à saúde, devido a possibilidade da presença de microrganismos patogênicos. Assim, apoiada na Organização Internacional de Normalização (ISO), bem como nas normas ISO 16.075, essa política determina que há necessidade de realizar uma avaliação de risco para todos os projetos que tenham o objetivo de utilizar a água recuperada (REBELO et al., 2020).

Por outro lado, as legislações preveem como padrões de qualidade, uma série de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, deixando de incluir os compostos de preocupação emergente, como desreguladores endócrinos, sendo estes prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Esta preocupação é pertinente, visto que muitos estudos relatam a presença desses compostos nas águas residuais de Estações de Tratamento de Efluentes (ETE 's), especialmente por as mesmas não possuírem métodos de tratamentos eficazes para remover esses tipos de substâncias perigosas. Nesse sentido, as legislações atuais não são suficientes para eliminar os riscos provenientes e garantir a proteção ambiental quando realiza o reúso de águas residuais (DEVILLER; LUNDY; FATTA-KASSINOS; 2020).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseada na perspectiva postulada, pontua-se que a nível nacional as regulamentações legislativas são robustas em vista aos termos quantitativos. No entanto, a prática não perdura de forma acurada tal qual como promulgada em termos jurídicos, tornando a aplicabilidade ainda morosa no cenário atual. Reforça-se ainda, que existe uma lacuna a ser suprimida no sentido de que existem vastos potenciais de aplicações a serem incrementados de maneira eficaz ao que concerne às perspectivas de reúso de água, nas mais diferentes atividades como: i) agricultura, ii) indústria, iii) meio urbano, iv) potencialidades ambientais, sejam essas partir de métodos diretos ou indiretos.

No panorama ambiental nacional, indaga-se que as normativas técnicas de aplicação para o reúso são concebidas de maneira consistente, como a técnica Wetlands, mas ainda precisam ser divulgadas de maneira perspicaz para que fomentem a adesão nos mais diversos segmentos. Para suprir esta demanda emergente, é necessário esforços contínuos em prol das medidas da ótica de educação ambiental, bem como métodos que reconheçam as medidas instauradas por empresas, por exemplo. Ressalta-se que iniciativas ambientalmente sustentáveis mostram-se como um diferencial, em vista do exponencial interesse demonstrado pelos consumidores conscientes e alinhados às premissas ambientais de consumo.

Ademais, a visão retratada primariamente em diferentes países ainda demonstra-se colossalmente importante. Cabe ao poder público, à comunidade técnica e científica fomentar práticas em prol dos mais relevantes recursos existentes, estes de valor ainda não quantificado. Por fim, esforços contínuos para suprir as necessidades ambientais, especialmente às que se referem à água, devem ser encarados como legado previsto para as futuras gerações e suas necessidades de existência através da estrutura do cosmos.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas. Aspectos gerais do reúso da água. Acervo Educacional sobre Água. 2018. Disponível em: . Acesso em: 19 out. 2020.



- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.997**, de 30 de outubro de 1997: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- AQUIM, P. M.; HANSEN E.; GUTTERRES, M. Water reuse: An alternative to minimize the environmental impact on the leather industry. **Journal of Environmental Management**, v. 230, p. 456-463, 2019
- BARROS, H. M. M.; VERIATO, M. K. L. SOUZA, L. P. et al. Reúso de água na agricultura. **Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.10, n.5, p. 1-6, dez. 2015.
- BUSCIO, V.; GRIMAU, V. L.; ÁLVAREZ, M. D.; BOUZÁN, C. G. Reducing the environmental impact of textile industry by reusing residual salts and water: ECUVal system. **Chemical Engineering Journal**, v. 373, p. 161-170, 2019.
- BRASIL. Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. **Resolução N° 54**, de 28 de novembro de 2005. Brasília, DF, 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. **Resolução N° 121**, de 16 de dezembro de 2010. Brasília, DF, 2010.
- BRASIL. Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. **Resolução N° 153**, de 17 de dezembro de 2013. Brasília, DF, 2010.
- CASTRO, C. N. Gestão das Águas: Experiência Internacional e Brasileira. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Brasília. 2012.
- CETESB. **Reúso de água**. 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>> Acesso em: 22 out. 2020.
- CUNHA, A. H. N.; OLIVEIRA, T. H.; FERREIRA, R. B. et al. O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.13, p. 1225-1248, nov. 2011.
- DEVILLER, G.; LUNDY, L.; FATTA-KASSINOS, D. Recommendations to derive quality standards for chemical pollutants in reclaimed water intended for reuse in agricultural irrigation. **Chemosphere**, v. 240, p. 124911, 2020.
- HENDGES, L.; ANTES, B. S.; TONES, A. R. M. Reúso da água na agricultura: a realidade brasileira e experiências internacionais. **R. Eletr. Cient. Inov. Tecnol**, v. 09, n. p 94-109, 2018.
- HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.7, n.4, p. 75- 95, 2002.



- LEITE, A. M. **Reúso da Água na Gestão Integrada de Recursos Hídricos**. 2003. 123 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental), Universidade Católica de Brasília, Brasília, Brasília, 2003.
- MEURER, P.; AMORIM, A.; QUINTANILHA, C. et al. Effluent reuse in the manufacture of concrete blocks for sealing masonry. **Revista ALCONPAT**, v. 9, n.2, 2020.
- MUFFAREG, M. R. **Análise e Discussão dos Conceitos e Legislação Sobre Reúso de Águas Residuárias**. 2003. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Saúde Pública). Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional da Saúde. Rio de Janeiro, 2003.
- OLIVEIRA, A. A. S.; BASTOS, R. G.; SOUZA, S. F. Adaptation of domestic effluent for agricultural reuse by biological, physical treatment and disinfection by ultraviolet radiation. **Revista Ambiente e Água**, v. 14, n. 2, 2019.
- REBELO, A.; QUADRADO, M.; FRANCO, A. et al. Water reuse in Portugal: New legislation trends to support the definition of water quality standards based on risk characterization. **Water cycle**, v. 1, p. 41-53, 2020.
- UNIÃO EUROPEIA. Parlamento Europeu e do Conselho. Regulamento Nº 741/2020, de 25 de maio de 2020.
- RODRIGUES, R. S. As dimensões legais e institucionais do reuso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reuso no Brasil. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAPÍTULO XII

ECOTOXICOLOGIA AMBIENTAL: UTILIZAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS E ÍNDICES BIÓTICOS PARA O BIOMONITORAMENTO DA ÁGUA DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-12

Silvio Gentil Jacinto Junior ¹
Eliseu Marlônio Pereira de Lucena ²

¹ Doutorando em Ciências Naturais. Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais – UECE.

² Professor Associado do Curso Ciências Biológicas/CCS e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais – UECE.

RESUMO

As ações antrópicas são capazes de gerar grandes impactos sobre meio ambiente aquático, ameaçando a sua conservação e reduzindo a qualidade da água presente nestes corpos hídricos. Deste modo, o objetivo desta revisão de literatura é demonstrar informações acerca da utilização de bioindicadores na avaliação da qualidade da água em ecossistemas aquáticos e utilizar esses parâmetros para calcular índices bióticos capazes de mensurar o dano ambiental causado pela poluição. Para isto, foi realizada uma triagem de artigos de 2010 a 2020 no Portal de Periódicos da Capes que abordassem temáticas relacionadas ao biomonitoramento ambiental. A partir da avaliação populacional das comunidades bentônicas presentes em determinados corpos hídricos, é possível calcular índices bióticos capazes de fornecer um diagnóstico da qualidade da água, bem como, mensurar o nível de poluição a qual este ecossistema está submetido, auxiliando na gestão dos recursos hídricos e nas tomadas de decisão em relação à recuperação do impacto ambiental causado pelas atividades humanas.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental. Corpo hídrico. Macroinvertebrados bentônicos.

1. INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas são capazes de gerar múltiplos impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos, principalmente quando estes ameaçam a sua conservação e reduzem a qualidade da água presente nestes corpos hídricos. O crescimento populacional; o lançamento de grandes quantidades de efluentes domésticos e industriais; o uso intensivo de agrotóxicos na produção agrícola e a contaminação por metais pesados têm modificado a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas, causando impactos sobre a fauna e a flora ali presentes (SILVA *et al.*, 2016).

Diante desta problemática, torna-se relevante monitorar as condições ecológicas de corpos d'água, rios, riachos, reservatórios, entre outros, pois a análise das suas condições de salubridade depende da comparação entre ambientes com características naturais preservadas e outros sujeitos a diferentes níveis de impacto causado pelo homem. Programas de controle ambiental monitoram a saúde dos habitats aquáticos por meio de índices de qualidade da água, obtidos principalmente, a partir da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Estas variáveis apresentam limitações e não conseguem mensurar de maneira integral o impacto das ações humanas sobre os ecossistemas aquáticos (YOSHIDA; UIEDA, 2013).

A partir do século XX, muitos pesquisadores têm estudado a utilização de bioindicadores, sobretudo os macroinvertebrados bentônicos, para estimar o efeito da poluição nas comunidades aquáticas. Isso ocorre por meio da avaliação das alterações ocorridas na densidade populacional e riqueza de determinadas comunidades bentônicas e atestam, de forma eficiente, a sua saúde do habitat onde estes organismos estão inseridos (PIMENTA *et al.*, 2016). Entre os pontos positivos da utilização destes invertebrados no biomonitoramento estão: a prevalência destes indivíduos em ambientes aquáticos variados (lênticos e/ou lóticos); ciclo de vida relativamente longo; sésseis ou de mobilidade reduzida; de fácil identificação e sensíveis as alterações do meio ambiente provocadas pela poluição (SÁNCHEZ *et al.*, 2016).

A partir da avaliação populacional das comunidades bentônicas presentes em determinados corpos hídricos é possível calcular índices bióticos capazes de fornecer um diagnóstico da qualidade da água, assim como também mensurar o nível de poluição





que o ecossistema está submetido, e auxiliar na gestão dos recursos hídricos e nas tomadas de decisão em relação a recuperação do impacto ambiental causado pelas atividades antrópicas (LIMA *et al.*, 2017).

Os principais índices biológicos que serão apresentados neste trabalho são: Biological Monitoring Working Party Score System – BMWP; o Biological Monitoring Working Party System Average Score Per Taxon (BMWP - ASPT); Hilsenhoff Family Biotic Index – HFBI; Percentage of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera – EPT e o Índice da Comunidade Bentônica.

Deste modo, o objetivo desta revisão da literatura é demonstrar informações acerca da utilização de bioindicadores, sobretudo os macroinvertebrados bentônicos, na avaliação da qualidade da água em ecossistemas aquáticos, e utilizar esses parâmetros para calcular índices bióticos capazes de mensurar o dano ambiental causado pela poluição.

2. METODOLOGIA

Para isto, foi realizada uma triagem de artigos dos últimos dez anos no Portal de Periódicos da CAPES que abordassem temáticas relacionadas ao biomonitoramento ambiental. Os critérios utilizados para a escolha foram artigos que apresentassem as seguintes palavras-chave: ‘biomonitoramento’, ‘bioindicadores’, ‘macroinvertebrados bentônicos’, ‘índices bióticos/biológicos’, não importando em que idioma tenham sido escritos. A exclusão foi feita por ano da publicação, onde aqueles que apresentassem mais de dez anos de edição eram descartados, fazendo posteriormente a leitura dos seus resumos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. BIOINDICADORES

Conforme Chaves e Ruvolo-Takasusuki (2018), a modernização e o aperfeiçoamento dos processos de produção trouxeram desenvolvimento para diversas áreas da Ciência e sobretudo, para a qualidade de vida do homem. Todavia, boa parte dos resíduos produzidos por essas atividades industriais acabam alcançando parcelas significativas do meio ambiente, contaminando ecossistemas encontrados em corpos

hídricos e no solo; poluindo o ar e, conseqüentemente, causando danos para a fauna e para a flora terrestre.

Meneguzzo e Chaicouski (2010) afirmam que a legislação brasileira define impacto ambiental como qualquer alteração ocorrida no meio ambiente ocasionada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades antrópicas que direta ou indiretamente causem alterações nas propriedades físicas, químicas ou biológicas e afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

De acordo com Chaves (2017), os impactos sobre o meio ambiente podem causar tanto efeitos benéficos como adversos. O primeiro pode ser exemplificado a partir das ações a seguir: manejo responsável das unidades de conservação; a recuperação e o reflorestamento de áreas degradadas; a criação de animais e o cultivo legal plantas, que contribuem para a diminuição da atividade predatória; os “negócios verdes” que incluem (reciclagem, produtos biodegradáveis, práticas agrícolas sem o uso de agrotóxicos), entre outros. O segundo é aquele que produz efeitos negativos como as perdas, danos e prejuízos ambientais decorrentes da poluição, do desmatamento, da contaminação da fauna e da flora, e das alterações e destruição dos ecossistemas (GOTARDI *et al.*, 2012).

Oliveira *et al.*, (2014), relatam que as alterações no meio ambiente provocadas pela ação antrópica diminuem a biodiversidade através da simplificação de paisagens que anteriormente possuíam dinâmicas mais complexas; levam a eliminação de espécies-chaves capazes de garantir o equilíbrio dos ecossistemas; afetam diretamente a fauna e a flora, modificando as relações ecológicas entre os seres vivos; e prejudicam a qualidade de vida do planeta.

Diante da problemática apresentada, vários grupos de pesquisa estão desenvolvendo programas de monitoramento ambiental utilizando bioindicadores. Estes podem ser definidos como qualquer organismo escolhido por sua sensibilidade ou tolerância a vários parâmetros ambientais. Para avaliar o impacto oriundo das atividades humanas é necessário a realização de testes de ecotoxicidade ou bioensaios que sejam capazes de prever os danos que um agente tóxico provoca no ambiente (FRANCO *et al.*, 2018).

Muitos organismos têm sido utilizados como bioindicadores, a saber: ‘macroinvertebrados bentônicos’ (OLIVEIRA; CALLISTO, 2010); ‘insetos’ (OLIVEIRA *et al.*, 2014; FRANÇA *et al.*, 2014; CREPALDI *et al.*, 2014); ‘nematoides’ (RITZINGER *et al.*, 2010); ‘moluscos’ (LOYO; BARBOSA, 2016); ‘peixes’ (FRANCO *et al.*, 2018); ‘plantas, algas, musgos e líquens’ (MAKI *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2017). No entanto, o foco do presente trabalho é avaliar a utilização de comunidades bentônicas na determinação da qualidade da água em ecossistemas aquáticos.

3.1.1. MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Com o objetivo de facilitar o enquadramento de diferentes corpos hídricos, foram estabelecidos padrões para mensurar o estado da água. O objetivo primordial da utilização desses critérios é manter a saúde e a segurança humana no uso deste recurso natural, e a conservação das espécies aquáticas. Um dos fatores que contribui negativamente para isso, reside na inadequada ocupação da natureza pelo homem, uma vez que a mesma água que atende as suas necessidades de consumo, produção de energia, irrigação e alimentação, também é o local onde as populações se livram de seus resíduos de forma direta ou indireta (OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2011).

Diante deste contexto, as pesquisas que utilizam o biomonitoramento têm ganhado destaque, pois conseguem traçar estimativas sobre a qualidade e conservação dos ecossistemas em meio aos impactos de origem antropogênica; caracterizando o seu status aquático por meio da avaliação das condições ambientais em comunidades biológicas (SANTOS *et al.*, 2016).

Para Oliveira-Filho *et al.*, (2011), além dos parâmetros físico-químicos já utilizados para verificação da qualidade da água, como: temperatura, pH, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio -DBO e oxigênio dissolvido – OD, entre outros, seria relevante analisar também os indicadores biológicos, uma vez que a análise combinada destas variáveis compreenderia uma análise mais completa de determinado corpo hídrico.

Segundo Oliveira e Callisto (2010), o uso de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores com o objetivo de determinar a qualidade da água, tornou-se uma ferramenta importante, uma vez que este consegue refletir as condições ecológicas e

heterogeneidade do habitat em que estão inseridos. Além disso, estes organismos apresentam várias características que os tornam fáceis de estudar e mostrar respostas claras quando em condições ambientais adversas.

Pimenta *et al.*, (2016), caracterizam os macroinvertebrados bentônicos como a fauna pertencente a vários táxons (Annelida, Arthropoda, Mollusca, Platyhelminthes, entre outros) retirada de uma coluna de água, que consegue ficar retida em uma malha de 0,2 mm. Neste sentido, Lima *et al.*, (2017) descrevem algumas características biológicas e ecológicas dos principais grupos supracitados no Quadro 1.

Sánchez *et al.* (2016) corroboram com a informação do Quadro 1 ao relatarem que uma das vantagens da utilização de bioindicadores reside no fato dos macroinvertebrados conseguirem integrar muito mais parâmetros que os exclusivamente físico-químicos e apresentam um efeito “memória” que registra as mudanças históricas que acontecem nos ecossistemas.

Terneus-Jácome e Yánez (2018), avaliaram que cada grupo ou associação de macroinvertebrados aquáticos apresentam níveis de preferência em relação a ocupação de um microambiente específico, como por exemplo: os micro-habitats rochosos, os ambientes lamacentos, a serapilheira, a areia, o lodo ou a argila. Outros critérios também apresentam relevância para estes organismos, como: os aspectos de dinâmica da água e fluxos de corrente (zonas com correntes fracas, médias ou fortes) ou a presença de determinados elementos químicos. Sendo assim, a presença, abundância e ausência destes organismos indicam as condições do corpo hídrico ou de um setor dele.

Quadro 1 - Principais grupos taxonômicos de macroinvertebrados e suas respectivas características biológicas e ecológicas

GRUPOS	CARACTERÍSTICAS
Anelídeos	As duas principais classes são Polichaeta e Oligochaeta, sendo que a primeira tem poucos representantes em águas inferiores. Oligochaeta ocorre amplamente em diversos ambientes aquáticos, tendo hábito alimentar herbívoro e detritívoro. A classe Hirudínea (sanguessugas) é predadora de macroinvertebrados ou ectoparasitas de vertebrados aquáticos.
Crustáceos	Possuem grande importância na estrutura de ambientes lênticos ou lóticos, ocorrendo associados a barrancos, vegetação marginal ou banco de macrófitas. Possuem representantes predadores, os quais utilizam hábito de alimentação raptorial, fragmentadores ou raspadores.
Moluscos	Filo altamente diversificado, ocorrendo em ambientes lênticos e lóticos, associados ao substrato ao fundo ou a plantas aquáticas (vegetação marginal e macrófitas). Dentre os moluscos, destacam-se os bivalves (filtradores) e os gastrópodes (herbívoros e raspadores).



GRUPOS	CARACTERÍSTICAS
Platelmintos	São vermes achatados de vida livre, encontrados associados a substratos, em águas pouco profundas e bem oxigenadas nos ambientes lênticos e lóticos. Possuem hábito alimentar carnívoro e detritívoro.
ORDENS DE INSETOS	CARACTERÍSTICAS
Coleoptera	Organismos cosmopolitas, aquáticos ou semiaquáticos, ocorrendo em águas doces salobras e salinas. Colonizam ambientes com vegetação aquática, além de substratos como troncos e folhiços. Larvas e adultos possuem hábito alimentar predador, filtrador ou raspador.
Diptera	Ocorrem em abundância nos ambientes aquáticos, tanto em águas lóticas e lênticas. Pelo fato de algumas famílias suportarem ambientes com baixa oxigenação e com altas concentrações de matéria orgânica, são considerados indicadores de locais impactados. O hábito alimentar pode ser filtrador, coletor ou predador.
Ephemeroptera	Indicadores de águas limpas e bem oxigenadas, ocorrendo preferencialmente em águas rápidas. As ninfas possuem hábito alimentar raspador ou filtrador.
Odonata	Possuem representantes marinhos, em águas salobras e em áreas de inundação temporárias. Ocorrem em rios e lagos, estando associadas ao sedimento, vegetação marginal e macrófitas. As larvas são predadoras.
Trichoptera	Indicadores de águas limpas e bem oxigenadas. Ocorrem em águas quentes e frias, em ambientes lóticos ou lênticos. Algumas espécies constroem refúgios utilizando areia, seda, folhas e galhos. As larvas podem ser predadoras, raspadoras ou filtradoras.

Fonte: Lima *et al.*, (2017).

Segundo Barbola *et al.*, (2011) fenômenos como a eutrofização são capazes de estimular o desenvolvimento de alguns grupos taxonômicos, principalmente os Oligochaeta e Chironomidae com conseqüente redução da biodiversidade pelo desaparecimento de espécies mais sensíveis e crescimento de indivíduos tolerantes as novas condições. Para Terneus-Jácome e Yánez-Moretta (2018), estes grupos podem ser encontrados em diferentes habitats como lagos, rios e reservatórios; e são muito importantes para a cadeia alimentar bentônica, principalmente em águas eutrofizadas ou poluídas (onde atingem densidades populacionais muito altas) servindo de alimentos para peixes bentônicos e turfosos, sanguessugas, nematoides e larvas de insetos.

Ainda segundo os autores, a presença de organismos de grupos dos efêmerópteros, plecópteros e tricópteros são indicadores de boa qualidade da água pois estes costumam habitar águas rápidas, com bastante oxigenação e pouco rasas. Já os indivíduos do grupo dos dípteros, quironomídeos e ceratopogonídeos e alguns anelídeos ocupam habitats de água barrenta (rasa ou profunda) demonstrando sobreviver em ambientes com alta carga orgânica. Dessa forma, a proporção e riqueza encontrada em associações destes grupos são capazes de fornecer informações precisas sobre a saúde de determinado meio aquático.



3.1.2. ÍNDICES BIÓTICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Conforme o site da Agência Nacional de Águas – ANA é possível estimar a qualidade da água através do Índice de Qualidade da Água - IQA. Ele foi criado pelo órgão americano National Sanitation Foundation– NSF em 1970, passando a ser adotado em 1975 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB e mais tarde por outros estados brasileiros. Ele é calculado a partir de nove parâmetros, que englobam tanto aspectos físico-químicos como microbiológicos, a saber: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, resíduo total, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez. Embora seja relevante a utilização deste índice para estimar o estado da água, ele não consegue mensurar de forma integrada a qualidade da água e os impactos da contaminação desta sobre os diferentes habitats aquáticos (LIMA *et al.*, 2017).

A partir desta problemática, muitos estudos surgiram com o objetivo de criar um índice biótico capaz de mensurar o estado ecológico de um ecossistema aquático afetado por um processo de contaminação (SÁNCHEZ *et al.*, 2016). Segundo Naranjo-López e Castillo (2013), a primeira menção de um índice biótico surgiu na Alemanha através dos pesquisadores Kolkwitz e Marsson em meados de 1909. Eles desenvolveram a ideia de saprobidade (nível de poluição) em rios como uma forma de mensurar o grau de contaminação das águas residuárias, com base na densidade de bactérias, fungos, algas e protozoários; que quando presentes em grandes quantidades, provocam a diminuição do oxigênio dissolvido causando efeitos adversos na biota do rio.

No continente europeu, muitos pesquisadores se esforçaram para testar a aplicabilidade do sistema sapróbico criado por Kolkwitz e Marsson, levando a criação de novas metodologias que culminaram na criação dos índices bióticos a seguir: Biological Monitoring Working Party Score System – BMWP; o Biological Monitoring Working Party System Average Score Per Taxon (BMWP - ASPT); Hilsenhoff Family Biotic Index – HFBI; Percentage of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera – EPT e o Índice da Comunidade Bentônica (GONÇALVES E MENEZES, 2011; SÁNCHEZ *et al.*, 2016).

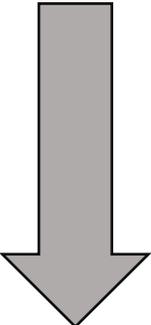
Segundo Yoshida e Uieda (2013), os índices bióticos monométricos são aqueles em que são atribuídos uma determinada pontuação baseada na sensibilidade ou tolerância de determinado táxon frente a degradação ambiental., como o Biological



Monitoring Working Party – BMWP. Nele, os organismos mais sensíveis recebem pontos mais altos e os tolerantes recebem pontuação mais baixa, variando em uma escala de 1 a 10. Uma das desvantagens apontadas pelos autores é que alguns grupos encontrados no Reino Unido e, portanto, presentes na formulação original do BMWP não existem no Brasil, corroborando para a necessidade de uma adaptação deste índice a fauna local de macroinvertebrados bentônicos. Além disso, ele pode perder sua precisão se aplicado a ecossistemas aquáticos maiores devido a ampliação da diversidade taxonômica presente naquele habitat.

Na dissertação de Costa (2013) é possível verificar a pontuação atribuída para táxons encontrados em quatro pontos do açude Gavião, localizado no município de Itaitinga-CE, utilizado pela autora no cálculo do índice BMWP, conforme se observa na Tabela 1.

Tabela 1 - Pontuação utilizada para o reservatório Gavião no cálculo do índice BMWP

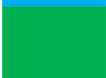
TÁXON	PONTUAÇÃO	GRAU DE TOLERÂNCIA
Lestidae, Libellulidae	8	
Polycentropodidae	7	
Thiaridae, Palaemonidae, Ancylidae	6	
Noteridae	5	
Caenidae, Baetidae, Stratiomyidae, Hydracarina (Pionidae, Mideopsidae, Arrenuridae)	4	
Gerridae, Mesoveliidae, Notonectidae, Corixidae	3	
Glossiphonidae, Physidae, Planorbidae, Hydrobiidae		
Ampullariidae	2	
Chironomidae		

Fonte: Costa (2013).

O método original do BMWP, não faz menção a um sistema de classificação da qualidade da água. Costa (2013) utiliza os Índices de Qualidade da Água utilizados pelo Instituto Ambiental do Paraná para avaliar os seus resultados (obtidos a partir do somatório da pontuação de todas as famílias presentes nos quatro pontos coletados do açude Gavião). A Tabela 2 mostra a relação entre o BMWP e a qualidade da água.



Tabela 2 - Relação entre o BMWP e a Qualidade da água

Classe	Qualidade	Valor	Significado	Cor
I	Ótima	> 150	Águas muito limpas ou prístinas	
II	Boa	121 - 150	Águas não poluídas ou com sistema perceptivelmente não alterado	
III	Aceitável	101 - 120	Águas muito pouco poluídas ou sistema com poucas alterações	
IV	Duvidosa	61 - 100	Águas poluídas ou contaminadas (sistema com alterações moderadas)	
V	Poluída	36 - 60	Águas poluídas e contaminadas (sistema alterado)	
VI	Muito Poluída (Crítica)	16 - 35	Águas muito poluídas (sistema muito alterado).	
VII	Fortemente Poluída (Muito Crítica)	< 15	Águas fortemente poluídas (sistema fortemente alterado)	

Fonte: Sousa (2013).

Para corrigir o problema do uso do BMWP em grandes rios, foi criado o Biological Monitoring Working Party System Average Score Per Taxon (BMWP - ASPT), sendo calculado pela razão da pontuação obtida no índice BMWP e o número de famílias encontradas nos pontos. Este índice serve para confirmar os resultados obtidos pelo BMWP e oferece uma tabela que permite analisar a qualidade da água (Tabela 3) (GONÇALVES; MENEZES, 2011; COSTA, 2013).

Silva *et al.* (2016) utilizaram os índices bióticos BMWP e ASPT para avaliar a qualidade de água de cinco pontos do rio Ouricuri, localizado no município de Capanema na região nordeste do Estado do Pará. Os resultados obtidos pelos autores estão dispostos na Tabela 4. Todos os pontos analisados apresentaram indicativos de poluição, sendo a qualidade da água para o ponto (P1) duvidosa, crítica nos trechos P2, P3 e P4; e no P5 muito críticas, encontrando níveis de contaminação moderada e severa.

Tabela 3 - Qualidade da água e valor de ASPT

Valor de ASPT	Significado
> 6	Água Limpa
5 – 6	Qualidade Duvidosa
4 – 5	Poluição Moderada
< 4	Poluição Grave

Fonte: Costa (2013).

Tabela 4 - Resultado dos índices BMWP e ASPT avaliados para os cinco pontos amostrados do rio Ouricuri, Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil

PONTOS	CLASSE	BMWP	QUALIDADE	ASPT	QUALIDADE
P ₁	IV	36	Duvidosa	4,3	Provável Poluição Moderada
P ₂	V	32	Crítica	3,5	Provável Poluição Severa
P ₃	V	16	Crítica	3,2	Provável Poluição Severa
P ₄	V	19	Crítica	3,1	Provável Poluição Severa
P ₅	VI	13	Muito crítica	4,3	Provável Poluição Moderada

Fonte: Silva *et al.*, (2016).

Os autores justificam essas informações afirmando que estes resultados são oriundos da combinação de uma série de fatores antrópicos que tem afetado a fauna desse ecossistema, tais como: erosão na margem do rio com perda da mata ciliar, proliferação de macrófitas a partir do acúmulo de efluentes domésticos e mudanças na composição dos substratos. Outro parâmetro que pode ser utilizado para mensurar a qualidade da água é o índice Hilsenhoff Family Biotic Index – HFBI que é calculado a partir da equação abaixo:

$$HFBI = \sum ni ai / N (1)$$

Onde, 'ni' é o número de indivíduos de cada família; 'ai' é o valor de tolerância adotado para cada família e 'N' corresponde ao número total de indivíduos analisados. Nele, quanto maior a pontuação menor a qualidade da água e mais suscetível ao estresse se encontra o habitat analisado, conforme demonstrado na Tabela 5 (YAPO *et al.*, 2017).

Tabela 5 - Avaliação da qualidade da água usando o índice HFBI

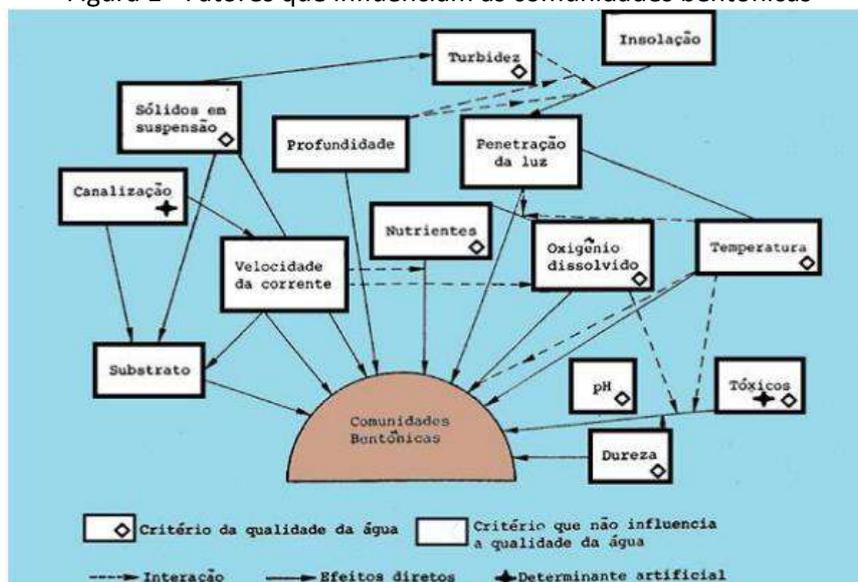
Family Biotic Index	Qualidade da Água	Grau de Poluição Orgânica
0,00 - 3,75	Excelente	Poluição orgânica improvável
3,76 - 4,25	Ótima	Possível poluição orgânica leve
4,26 - 5,00	Boa	Alguma poluição orgânica provável
5,01 - 5,75	Razoável	Provável poluição razoavelmente substancial
5,76 - 6,50	Razoavelmente pobre	Provável poluição substancial
6,51 - 7,25	Pobre	Provável poluição muito substancial
7,26 - 10,00	Muito pobre	Provável poluição substancial severa

Fonte: Traduzido de YAPO *et al.*, (2017).

A Percentage of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera - EPT é obtida através das abundâncias relativas de organismos das ordens ‘Ephemeroptera’, ‘Plecoptera’ e ‘Trichoptera’ encontradas em uma amostra em comparação com o número total de indivíduos. A maior abundância relativa desses táxons em amostras coletadas representa uma melhor qualidade da água local, uma vez que os organismos dessas três ordens são sensíveis as substâncias orgânicas e a poluição (GONÇALVES; MENEZES, 2011).

O Índice da Comunidade Bentônica – ICB é obtido através da média ponderada de várias métricas, como por exemplo: a riqueza taxonômica (S); o índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H’); o índice de Comparação Sequencial (ICS); a razão Tanytarsini/Chironomidae (Tt/Chi); a dominância de grupos tolerantes a poluição (T/DT) e os números de táxons sensíveis à poluição (Ssens), com conseqüente diagnóstico da qualidade da água adequados a cada tipo de ambiente (zona sublitoral de reservatórios, zona profunda de reservatórios e rios). Ele é utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo para mensurar a qualidade de água de diferentes tipos de reservatórios (CETESB, 2011). Diante do exposto, a possibilidade de utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento está atrelada ao fato destes organismos não responderem somente as alterações no estado da água, mas sim, a diversos fatores inerentes ao próprio biótopo onde estão inseridos, como se pode observar na Figura 1 (BARBOZA, 2011).

Figura 1 - Fatores que influenciam as comunidades bentônicas



Fonte: Barboza (2011).



Dessa forma, é necessário investimento em pesquisas que relacionem os parâmetros físico-químicos/microbiológicos (já utilizados para avaliar a qualidade da água) com os apresentados pelos indicadores biológicos com o objetivo de entender de maneira mais integrada quais ações antrópicas estão interferindo na salubridade e conservação dos ecossistemas aquáticos.

4. CONCLUSÃO

O principal objetivo dos artigos descritos nesta revisão da literatura foi discorrer, de maneira geral, sobre a utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento da qualidade da água em ecossistemas aquáticos, mensurando seus impactos na densidade populacional e riqueza das comunidades bentônicas – e calculando, a partir dessas informações, índices bióticos capazes de estimar o nível de poluição a qual aquele corpo hídrico está submetido. Na minha concepção, os autores conseguiram atingir os objetivos propostos em seus trabalhos, como demonstrado a partir dos resultados de Costa *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2016).

Os pesquisadores salientam a importância de mais estudos sobre a utilização destes indicadores biológicos no monitoramento ambiental, tendo em vista que os parâmetros físico-químicos e microbiológicos já são utilizados para avaliar o estado da água, e que estes apresentam certas limitações por não permitirem uma análise integrada de como a poluição afeta as comunidades biológicas existentes nesses ecossistemas aquáticos. Podemos inferir a partir disso, que as pesquisas nesta área ainda são muito incipientes, tendo em vista que o primeiro índice biológico (de saprobidade) só foi criado em 1909.

Pesquisas que possam mensurar o impacto ambiental causado pelas atividades antrópicas nos ecossistemas aquáticos se tornam necessárias principalmente para auxiliar nas tomadas de decisão em relação a gestão de bacias hidrográficas e corpos hídricos no enquadramento e classificação da água para diferentes usos (abastecimento humano, navegação, irrigação, atividades agrícolas e industriais), conforme se observa no trabalho de Lima *et al.* (2017).

A partir do exposto, pode-se concluir, que estudos que tratem da viabilidade dos bioindicadores no monitoramento da estrutura, funcionamento, qualidade e conservação dos ecossistemas são necessários; pois requerem da sociedade a

conscientização em relação a preservação do meio ambiente. O cálculo dos índices biológicos demonstra de forma prática, como as ações humanas influenciam no status de qualidade ambiental, permitindo uma avaliação integrada do grau de salubridade de diferentes corpos hídricos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Indicadores de qualidade - Índice de Qualidade das Águas – IQA**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 6 mai. 2020.
- BARBOLA, I. F.; MORAES, M. F. P. G.; ANAZAWA, T. M.; NASCIMENTO, E. A.; SEPKA E. R.; POLEGATTO, C. M.; MILLÉO, J.; SCHÜHLI, G. S. Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. *Iheringia*, v. 101, n. 1-2, p. 15-23, 2011.
- BARBOZA, L. G. A. **O biomonitoramento aquático como ferramenta de gestão ambiental**. (Trabalho de Conclusão de Curso) Curso de Graduação em Tecnologia de Gestão Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, 2011.
- CHAVES, M. de M.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M. C. C. Hydra (Cnidaria, Hydrozoa) como modelo em estudos de ecotoxicidade: Revisão. *Pubvet*, v. 12, n. 7, a123, p. 1-8, 2018.
- CHAVES, T. F. Uma análise dos principais impactos ambientais verificados no Estado de Santa Catarina. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 5, n. 2, p. 611-634, 2017.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Relatório de qualidade das águas superficiais**. Apêndice D: Índices de qualidade das águas. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2011.
- COSTA, T. R. A. A. da. **Avaliação da qualidade de água do reservatório Gavião utilizando macroinvertebrados como bioindicadores**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Ceará, 2013.
- CREPALDI, R. A. PORTILHO, I. I. R., SILVESTRE, R. MERCANTE, F. M. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavourapecuária. *Ciência Rural*, v. 44, n. 5, p. 781-787, 2014.
- FRANÇA, J. M. da., MIRANDA, L. M, LEITE, M. V., MOREIRA, E. A. Entomofauna bioindicadora da qualidade ambiental e suas respostas a sazonalidade e



atratividade. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n. 1, p. 3-16, 2014.

FRANCO, H. A.; FILHO, S. T.; PÉREZ, D. V.; MARQUES, M. R. C. Avaliação do potencial de impacto do lixiviado de aterro sanitário sobre organismos aquáticos. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 3, p. 109-116, 2018.

GONÇALVES, F. B.; MENEZES, M. S. DE. A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil. **Biota Neotrop.**, v. 11, n. 4, p. 27-36, 2011.

GOTARDI, A. *et al.* Grandes impactos ambientais no mundo. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 1, n. 1, p. 56-76, 2012.

LIMA, T. S.; CANDEIAS, A. L. B.; CUNHA, M. C. C. Bioindicadores e Sensoriamento Remoto como Subsídios à Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, p. 1975-1994, 2017.

LOYO, R. M.; BARBOSA, C. S. Bioindicadores para avaliação do risco potencial de transmissão da esquistossomose no açude Apipucos, Pernambuco. **Rev. Ambient. Água**, v. 11, n. 1, p. 156-161, 2016.

MAKI, E. S.; SHITSUKA, R.; BARROQUEIRO, C. H.; SHITSUKA, D. M. Utilização de Bioindicadores em Monitoramento de Poluição. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 2, p. 169-178, 2013.

MENEGUZZO, I. S.; CHAICOUSKI, A. Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. **Geografia (Londrina)**, v. 19, n. 1, p. 181-185, 2010.

NARANJO-LÓPEZ, J. C.; CASTILLO, P. L. DEL. Biological monitoring working party, un índice biótico com potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en ríos cubanos. **Ciencia en su PC**, n. 2, p. 15-25, 2013.

OLIVEIRA, A.; CALLISTO, M. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment. **Iheringia, Sér. Zool.**: v.100, n.4, p.291-300, dez, 2010.

OLIVEIRA, M. A. DE.; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S.; LUCIA, T. M. C. D. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, Suplemento, p. 800-807, 2014.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; RAMOS, M. G.; FREIRE, I. S.; MUNIZ, D. H. de F. Comparison between the efficiency of two bioindicators for determining surface water quality in an urban environment. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 33, n. 3, p. 311-317, 2011.

- PIMENTA, S. M.; BOAVENTURA, G. R.; PEÑA, A. P.; RIBEIRO, T. G. Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 199-210, 2016.
- RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M.; RITZINGER, R. Nematoides: bioindicadores de sustentabilidade e mudanças edafoclimáticas. **Rev. Bras. Frutic**, v. 32, n. 4, p. 1289-1296, 2010.
- SÁNCHEZ, B. L. M.; RIVERO, A. E. G.; CASTILLO, P. L. del.; GARCÍA, G. A.; CHÁVEZ, E. S. Calidad de las aguas del río Ariguanabo según índices físico-químicos y bioindicadores. **Ing. Hidráulica y Ambiental**, v. 37, n. 2, p. 108-122, 2016.
- SANTOS, L. B. dos.; CORREIA, D. L. S.; SANTOS, J. C. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores do impacto urbano. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2016.
- SILVA, K. W. dos S.; MELO, M. A. D. de.; EVERTON, N. dos S. Aplicação dos índices biológicos Biological Monitoring Working Party e Average Score per Taxon para avaliar a qualidade de água do rio Ouricuri no Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil. **Rev Pan-Amaz Saude**, v. 7, n. 3, p. 13-22, 2016.
- SOUZA, E. F. de.; NOBREGA, M. A. dos S., PONTES, M. da S. Musgos como bioindicadores de metais pesados no ambiente. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 8, n. 2, p. 13-22, 2017.
- TERNEUS-JÁCOME, E.; YÁNEZ-MORETTA, P. Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. **La Granja: Revista de Ciencias de la Vida**, v. 27, n. 1, p. 36-50, 2018.
- YAPO, M. L.; TUO, Y. KONE, M.; ATSE, B. C.; KOUASSI, P. Can use the Biotic Index as an indication of fish farm pond water quality? **Journal of Advanced Botany and Zoology**, v. 4, n. 4, p. 1-7, 2017.
- YOSHIDA, C. E.; UIEDA, V. S. Índices bióticos mono e multimétricos de avaliação da qualidade da água em riachos de Mata Atlântica. **Bioikos**, v. 27, n. 2, p. 79-88, 2013.



CAPÍTULO XIII

USO CORRETO DE AGROTÓXICOS NA COMUNIDADE DO SÍTIO NOVO EM PEDREIRAS-MA

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-13

Diêda Silva Oliveira ¹
Ana Priscila Lima da Silva ²
Emerson Filipe Melo de Aguiar ³
Alamgir Khan ⁴
Raquel Maria Trindade Fernandes ⁵

¹ Graduanda Ciências Licenciatura – Habilitação em Biologia, da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

² Graduanda Ciências Licenciatura – Habilitação em Biologia, da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

³ Graduanda Ciências Licenciatura – Habilitação em Biologia, da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

⁴ Professor Adjunto do Departamento de Química. Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

⁵ Professora Adjunta do Departamento de Química. Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

RESUMO

O agrotóxico é um recurso muito utilizado nas plantações de pequeno e grande porte na área da agricultura para combater pragas e organismos patógenos que possam ser prejudiciais nas produções agrícolas. No entanto essa ação de uso desses produtos químicos traz consigo uma série de malefícios aos envolvidos, como o ser humano e o meio ambiente. Essa proposta teve como objetivo geral avaliar a utilização de agrotóxicos na comunidade do Sítio Novo no Município de Pedreiras - MA; como objetivos específicos identificar os principais xenobióticos utilizados na comunidade do Sítio Novo, diferenciar as principais causas de intoxicações humanas causadas pelos agrotóxicos, informar sobre a toxicologia dos produtos químicos e suas reações, assim como as medidas adequadas para preservação do uso do solo. Tratou-se de um levantamento de dados de caráter quantitativo e de uma investigação bibliográfica fundamentada em estudos e pesquisas, realizado no povoado do Sítio Novo, pertencente a cidade de Pedreiras- MA, onde o mesmo foi realizado por meio de um questionário, sendo entrevistados (10) agricultores. Os resultados foram distribuídos em gráficos e discussões, de modo a compreender os objetivos proposto pelo o estudo. Os xenobióticos mais utilizados pelo os agricultores foram: glifosato, roundap, barragem, dma, bolfo e gramoxone. A realização dessa proposta visou informar sobre os riscos da utilização desses produtos químicos, alertando-os sobre as consequências a que expõem esses agrotóxicos.

Palavras-chave: Agrotóxicos. Agricultores. Meio ambiente.

1. INTRODUÇÃO

O uso de agrotóxicos nas comunidades é um assunto relevante, por tratar-se de um tema cujo os agricultores apresentam conhecimentos prévios do uso de inseticidas nas suas plantações, este conhecimento é adquirido por gerações antecedentes e posta em prática pelos sucessores até os dias atuais na cultura sertaneja.

O uso desses elementos químicos nas lavouras é essencial, pois a cada a dia a população vem crescendo e com isso a produção de alimentos deve manter a demanda para os consumidores, desta forma, somente através do uso desses xenobióticos que é possível controlar o plantio e manter a produtividade em maior escala.

A produção agrícola pode ser afetada por diversas pragas, como insetos, patógenos e plantas invasoras. Para combater estes organismos, são utilizados produtos químicos, como inseticidas, fungicidas, acaricidas, nematicidas, bactericidas e vermífugos (ALVES FILHO, 2002; SANTOS e PHYN, 2003).

A toxicologia é o estudo dos efeitos lesivos decorrentes das influências mútuas das reações de substâncias químicas no organismo, sob categorias específicas de exposição. Portanto, a toxicologia é a ciência que averigua experimentalmente o evento, o meio ambiente, a incidência, estrutura e os fatores de risco das decorrências venenosas de influente químicos.

Deste modo tais efeitos tóxicos mudam de efeitos, desde os ditos leves, como a impaciência dos olhos, ou até réplicas mais rígidas, como complicações hepáticas e renais, tendendo ser tão sérias ao ponto de incapacitar permanentemente um órgão, acarretando a um câncer ou cirrose (OGA *et. al.*, 2008).

Compreende-se por agente tóxico ou toxicante o composto químico apropriado a causar prejuízo a um aparelho biológico, transformando gravemente uma função ou até mesmo induzindo à óbito, quando exposto a certas condições (OGA *et. al.*, 2008).

Existe no conceito de toxicante dois tipos de aspectos, um quantitativo e outro qualitativo. O aspecto quantitativo se refere praticamente todas as substâncias, nocivas em algumas doses, em doses relativamente baixa pode não ser prejudicial. No aspecto qualitativo é considerado que uma substância nociva para uma espécie, possa ser desprovida de perigo para outra espécie (OGA *et. al.*, 2008).





O uso dessas substâncias acarreta uma series de consequências para a saúde humana e ao ambiente na qual ela é aplicada, nesse sentido este projeto visa demonstrar meios e alternativas de manejo adequado para com os agricultores no campo, tendo desta forma outros mecanismos que possibilitem o desenvolvimento de suas atividades agrarias, sem pôr em risco a saúde dos consumidores, bem como a degradação ambiental.

A aplicação dessas substâncias serve, no entanto, como uma forma de prevenção contra ataques de pragas e mantendo o pleno desenvolvimento da cultura plantada (PESSANHA, 1982). No entanto há outras formas de combater tais pragas sem uso dessas substâncias.

Essa utilização, além de afetar a saúde dos consumidores e trabalhadores rurais, favorece o desenvolvimento de novas pragas que se tornam resistentes aos agrotóxicos em uso daí o surgimento de novas produtos (PESANHA, 1982; RUEGG *et. al.*,1986)

A utilização de agrotóxicos convém, todavia como uma maneira de enfrentar os ataques de pragas e conservando o completo desenvolvimento da plantação. Porém, existem outras maneiras de enfrentar essas pragas sem o uso de agrotóxicos. Nesta afirmação, percebe-se que o uso desses inseticidas além de prejudicar a saúde dos seres humanos, ainda em alguns, pode surgir pragas mais resistentes que por sua vez irá requerer substâncias cada vez mais perigosas, fazendo um processo ainda mais longo. Faz-se necessário um procedimento biológico que venha auxiliar esses agricultores de forma saudável e eficaz.

Portando, esta proposta pedagógica objetivou fazer um levantamento sobre os riscos do uso dessas substâncias, e sugerir opções de fácil acesso para que os mesmos não enfrentem dificuldades no manuseio e possam encontrar tais soluções a fim de incentivá-los a aplicá-las de forma segura e eficiente, mantendo a integridade física e ambiental.

1.1. HISTÓRIA DO USO DO AGROTÓXICO

Em meados de 1500 na Europa, a percepção de mundo dominante e também nos demais continentes, a agricultura era fundamentada na origem orgânica. Seguindo princípios da igreja e de Aristóteles, considerando o significado mais alto, que advinda de fenômenos naturais explicados por estes pensadores e pelo clero, tendo assim nos



séculos XVI e XVII, mudanças radicais de cunho epistemológico quanto a plantação, causadas pelos revolucionistas Copérnico, Galileu, Newton e Einstein (PINOTTI E SANTOS, 2013).

Nos anos de 1798 quando o mundo estava com uma população com cerca de 1 bilhão de pessoas, onde a população crescia em produção geométrica e desenvolvimento de práticas agrícolas era crescia de forma aritmética, ocasionando uma dívida em alimentos, conseqüentemente provocando a fome (RIBAS E MATSUMURA, 2009).

Já na Revolução Verde, ocorrida entre os anos de 1940 a 1970, com a revolução tecnológica rural, utilização de agrotóxicos, fertilizantes e irrigação, e como o preparo das sementes mais superiores para reprodução, as atividades agrícolas cresceram três vezes a produção de grãos em países desenvolvidos. Fatores como os impactos da humanidade sobre o planeta, iniciaram um desenvolvimento de dez mil anos atrás, sendo a produção de culturas agrícolas controladas pelos altos índices de mortalidade por guerras da época e epidemia (PINOTTI E SANTOS, 2013).

A definição de agrotóxicos pode ser conceituada como os artigos químicos utilizados no ambiente doméstico, na lavoura e na pecuária, são estes: os vermífugos, bactericidas, nematicidas, herbicidas, acaricidas, fungicidas e inseticidas. Tais ainda se apresentam na forma de lubrificantes, químicos para higienização de estábulos, tintas ou solventes. Eles ocasionam sérios agravos ao meio ambiente, pelo fato trazer consigo danos a nós humanos e aos animais (SOUZA E FAVARO, 2007).

Nos países em desenvolvimento no período contemporâneo, as questões discutidas pela comunidade científica, têm levantado grandes discursões sobre o uso abusivo dos agrotóxicos nas culturas disseminadas (MOREIRA *et. al.*, 2002).

Segundo Veiga (2007), a apreensão com o comparecimento das práticas que utilizam agrotóxicos nos alimentos é tão anosa quão à iniciação destes químicos no domínio de doenças e pragas que assolam a atividade agrícola. Percebe-se quanto é grande a relação da agricultura com a saúde pública, tanto no posto de fornecer alimentos, quanto relacionada às imponderações da saúde humana bem como ao meio ambiente ocasionados pelo uso indevido de agrotóxicos (VEIGA, 2007).

O emprego de novas tecnologias para Cunha *et. al.* (2003), trouxe grandes mudanças na paisagem agrícola, onde estas procederam na troca da mão de obra

humana e animal pelo uso de equipamentos e maquinas, no uso de sementes escolhidas, visando rapidez e melhoria e por último a repercussão da utilização dos transgênicos. Estes avanços ainda derivaram na abusiva pratica da adubação química e agrotóxica. Tal conjunto de novidades tem colaborado muito nos desenrolar das práticas agrarias que permitem a imensa produção de cereais para o alimento e crescimento da fecundidade das culturas mais utilizáveis (Cunha *et. al.*, 2003).

1.2. AGROTÓXICO: MOCINHO OU VILÃO?

Existe uma grande necessidade dos agricultores de obter-se uma plantação com ótimos resultados e em tempo ágil, isso devido as grandes concorrências existentes no mercado, e o uso destes agrotóxicos pode ser uma forma rápida e eficiente para esses produtores.

E essa é uma alternativa rápida que os agricultores tem tanto para combater certas pragas como também para a melhoria do plantio, o uso dessas substancias químicas vem crescendo cada vez mais no Brasil, e com isso os riscos à saúde humana e ambiental também cresce junto com essas práticas.

Anualmente, três milhões de pessoas são contaminados por agrotóxicos em todo o mundo, sendo 70% desses casos nos países em desenvolvimento, onde o difícil acesso às informações e à educação por parte dos usuários desses produtos, bem como o baixo controle sobre sua produção, distribuição e utilização são alguns dos principais determinantes dessa situação como um dos principais desafios de saúde pública (PERES *et. al.*, 2001).

Se por lado um há benefícios rápidos e eficazes, por outro lado existem também prejuízos significativos não somente à saúde humana, mas também no solo, na fauna e flora e até mesmo nos lenções freáticos dependendo do local onde foi aplicado.

A utilização de agrotóxicos é um dos recursos mais utilizados pelos agricultores para elevar a produtividade agrícola e o consumo destes produtos no Brasil é crescente (SANTOS e PYHN, 2003; VEIGA *et. al.*, 2006).

Porém, há o outro lado que é preciso ser revisto por esses agricultores, e para isso segundo Peres *et. al.* (2001), o acesso à educação também pode ser um fator que contribui para a falta de informação sobre os riscos dessas substancias químicas,

necessitaria de informações claras e objetivas sobre as consequências de se usar esse método (PERES *et. al.*, 2001).

Desta forma, essas químicas que são usadas para auxiliar o homem no campo podem ter aparência de mocinho e resolver certos problemas, mas que na verdade há uma série de consequências desse hábito que muitos ainda desconhecem mais que estão sujeitos tanto a se contaminar como também contaminar terceiros e incluindo o meio em que vivermos.

Os resíduos de agrotóxicos em alimentos consumidos por pessoas podem ser a causa de problemas endócrinas, uma vez que várias substâncias químicas de uso doméstico, industrial e agrícola possuem comprovada atividade hormonal, e por isso também são denominados interferes ou disruptores endócrinos (FONTENELE *et. al.*, 2010)

Sendo assim, os pontos positivos seriam grande aumento da produtividade de alimentos; desenvolvimento agrícola; e desenvolvimento tecnológico, e os pontos negativos danos à saúde humana; perda da biodiversidade e agressões ao meio ambiente.

1.3. IMPACTOS NA SAÚDE CAUSADA POR AGROTÓXICO

O agrotóxico e o meio ambiente estão em uma relação extremamente complexa, uma vez que o produto químico é lançado nas lavouras ocasionando assim, um impacto ambiental.

O uso de combinações de agrotóxicos também impacta o ecossistema. Uma vez que, ao entrarem em contato com o ambiente, as substâncias podem ser degradadas ou se movimentarem, dependendo de fatores como: característica do solo, condições climáticas e formas de aplicação. Quando o produto é aplicado incorretamente ele pode não se degradar, causando a contaminação do solo, ar e água, colocando em risco a saúde da população, que ignora o risco, devido à baixa concentração das substâncias.

No entanto, o Brasil é um dos pioneiros do mundo a fazer do uso da utilização de agrotóxicos nas suas plantações, devido a sua grande riquíssima extensão de terras adubáveis e de aplicações indevidas de produtos químicos sem as orientações e os critérios técnicos sobre a contaminação do meio ambiente que posteriormente pode afetar a saúde da população.

De acordo com a OPAS (1996), os efeitos causados pelos agrotóxicos em relação a saúde humana, são as intoxicações que podem ser de dois modos: pelo efeito agudo, onde os sintomas são de resultado imediato, que aparecem no momento em que o agricultor entra em contato com o produto, tendo os sintomas aparecendo em 24 horas, como por exemplo: espasmos musculares, convulsões, náuseas, desmaios, vômitos e dificuldades respiratórias. No efeito crônico os sintomas podem aparecer em semanas, em meses ou até em anos, que ao longo do prazo, pode resultar em um câncer, em um descontrole da tireoide, do sistema neurológico em geral, uma surdez, uma diminuição da acuidade visual e até mesmo Mal de Parkinson (OPAS, 1997).

Deste modo, a utilização abusiva de agrotóxico, pode gerar vários riscos e consequências para a população que consomem diariamente alimentos contaminados.

Segundo Flores *et. al.*, (2004), os compostos mais usados em grande escala, são os organoclorados, depois os organofosforados, carbonatos, piretróides e toda uma série de derivados de triazinas, dentre outras. São esses tipos de inseticidas que podem ocasionar umas séries de doenças tanto para o agricultor, como para o consumidor (FLORES *et. al.*, 2004).

Portanto, os agrotóxicos são prejudiciais à saúde humana devido ao seu uso, que provocam morte e doenças dos trabalhadores, principalmente para aqueles que não utilizam equipamento de proteção individual (EPI).

1.4. DEGRADAÇÃO DO SOLO PROVOCADO PELO USO DE AGROTÓXICO

O uso de produtos químicos é uma das ferramentas mais utilizados pelos trabalhadores que lidam no campo com seu plantio agrícola, com o intuito de aumentar a produção, e com isso, essa prática desenvolve-se de forma avassaladora no Brasil (VEIGA *et. al.*, 2006).

A prática contínua do uso desses agentes químicos pode trazer consequências significativas para o solo, água e aos seus microbiotas, onde o fator primordial é o tempo de permanência desses produtos no ambiente, que acelera o processo dos impactos causados pelo excesso desses resíduos. A insistência dessa prática resulta na modificação estrutural química dos compostos, e por sua vez, causam dissipação dos mesmos.

Uma prática comum entre os trabalhadores rurais que lidam com essa atividade que podem afetar direta e indiretamente o meio ambiente e o próprio agricultor, é a queima de embalagens vazias dos agrotóxicos.

Sendo a exoneração das embalagens uma atividade comum nas lavouras, com opção de descarte das mesmas, os trabalhadores acabam realizando tal hábito, por conta de desconhecerem a LEI Nº 9.9974, DE 06 DE JULHO DE 2000. Como menciona o trecho no artigo 6º e inciso 2º da seguinte lei:

§ 2º Os usuários de agrotóxicos, seus componentes e afins deverão efetuar a devolução das embalagens vazias dos produtos aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos, de acordo com as instruções previstas nas respectivas bulas, no prazo de até um ano, contado da data de compra, ou prazo superior, se autorizado pelo órgão registrante, podendo a devolução ser intermediada por postos ou centros de recolhimento, desde que autorizados e fiscalizados pelo órgão competente.

Segundo Oga *et. al.* (2008), a contaminação do solo pode ocorrer por xenobióticos que são lançados diretamente, intencionalmente ou não intencionalmente, por exoneração de materiais deslocados pela via aérea ou na inundação de certos locais por fontes d'água poluída. Neste ambiente, os poluentes podem ser lixiviados, alcançando as águas subterrâneas, prejudicando assim, a população que residem naquela comunidade (OGA *et. al.*, 2008).

Algumas variações que existem no solo, são provocadas por esses agentes químicos prejudicando até mesmo organismo não-alvo (por exemplo, as minhocas) e os decompositores que fazem a “limpeza” do solo. Ocasionalmente assim, um desequilíbrio biológico, pois os mesmos contribuem para a fertilidade do solo, onde esses fatores auxiliam no aparecimento de novas pragas e doenças resistentes a certos tipos de agrotóxicos.

De acordo com Chaboussou (1980), as consequências que podem afetar o solo com esses tipos de xenobióticos, podem adentrar no ecossistema afetando assim, os procedimentos da decomposição. Do mesmo modo, cita que os fungicidas sistêmicos afetam organismos saprófitas do solo e as micorrizas, e com o uso de fungicidas prolongados podem causar a esterilização do solo e a destruição das minhocas pelo agrotóxico ditiocarbamatos, e sem contar que podem ter a influência de inibir certas bactérias fixadoras de nitrogênio, responsável pelo processo nitrato e nitrito do solo (CHABOUSSOU, 1980).

A deterioração do meio ambiente tem efeitos limitados e suas consequências podem inutilizar o solo, por sua vez tornando assim, improdutivo. Para Veiga e colaboradores (2006), a utilização de agentes químicos podem contaminar o solo e os lençóis freáticos, ocasionando assim, uma devastação ambiental acarretando um dano à saúde e conseqüentemente aos ecossistemas.

Segundo Scorza Junior *et. al.* (2010), os agrotóxicos são diretamente lançados nas plantas ou no solo, e quando não são lançados de uma forma direta, esses produtos químicos por sua vez atingirão o solo, isso ocorre quando as folhas infectadas são atingidas pela irrigação ou pela água da chuva (SCORZA JUNIOR *et. al.*, 2010).

Assim sendo, a contaminação dos lençóis freáticos não significa somente a água consumida pela comunidade regional, porém, haverá a contaminação de toda comunidade beneficiada por essa água contaminada. (VEIGA *et. al.*, 2006).

De acordo com Carlos *et. al.* (2013), a preocupação com a contaminação do solo é alusivo com a influência de alguns princípios ativos dos processos biológicos responsáveis pela grande distribuição de nutrientes e que são responsáveis pelas alterações sofridas na deterioração de restos de matéria orgânica, isso ocorre através da inativação e da morte de microrganismos invertebrados que crescem no solo. O período inicial dos nutrientes pode ser afetado quando os resíduos ativos que continuam no solo impedi o desenvolvimento de bactérias fixadores de nitrogênio, que são responsáveis pela distribuição desses minerais as plantas (CARLOS *et. al.*, 2013).

Devido a contaminação do solo, há uma grande contaminação no que se refere a: deterioração de restos de matérias orgânicas, isso ocorre devido a morte de alguns invertebrados que vivem no solo, outro organismo que é afetado por esse processo químico, são as bactérias fixadoras de nitrogênio, pois o lançamento permanente desses produtos químicos acarreta no desenvolvimento dessas bactérias impedindo-as no seu crescimento.

1.5. TIPOS DE XENOBIÓTICOS

Praguicidas são compostos químicos ou toda substância ou emaranhado de substâncias com o intuito de prevenir, destruir ou controlar de qualquer maneira, pragas incluindo vetores de doenças humanas ou de outros animais que causam prejuízos, ou implicam de qualquer forma na comercialização, transporte, armazenagem, elaboração

ou produção de produtos agrícolas, madeiras e produtos derivados desta, podendo assim os praguicidas serem administrados aos animais para controle e combate de insetos, aracnídeos ou outras pragas dentro ou sobre seus corpos.

O tal termo também inclui as substâncias destinadas a serem plantadas reguladoras do crescimento das plantas, desfolhantes, dessecantes, agentes para reduzir a densidade ou evitar a queda prematura dos frutos, e as substâncias aplicadas nas culturas, antes ou após a colheita, para proteger o produto durante o depósito ou o transporte. São usados, sobretudo na agricultura para combater pragas, ervas daninhas ou doenças nas plantas e também como agentes de controle de vetores nos programas de saúde pública e, em menor quantidade, na pecuária e silvicultura (OGA *et. al.*, 2008).

A legislação brasileira define o termo praguicidas segundo a Organização para Agricultura e Alimentação das Nações Unidas (FAO), ou seja, utilizam o termo agrotóxico, que substitui o termo defensivo agrícola, para denominar os venenos agrícolas, colocando em evidência a toxicidade desses produtos para o meio ambiente e à saúde humana. Essa definição exclui os fertilizantes e os produtos químicos administrados aos animais para estimular o crescimento ou modificar o comportamento reprodutivo.

Existem diferentes classes de xenobióticos, baseadas nos padrões de uso e no tipo de praga a ser controlada ou destruída, onde as principais são: inseticidas, herbicidas, fungicidas e raticidas. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), também agrupou os praguicidas em diferentes categorias: químicos, biológicos e instrumentos/dispositivos para controle de pragas (OGA *et. al.*, 2008).

De acordo com a classificação dos agrotóxicos existem mais de 300 princípios ativos, distribuídos em 2 mil formulações comerciais diferentes somente no Brasil. Sendo importante saber classificar os xenobióticos de acordo com a sua ação e ao seu grupo químico a que se refere. Também é importante para poder diagnosticar intoxicação, para assim receber o atendimento específico.

Inseticidas: têm ação de combater insetos, larvas e formigas. Onde possui quatro grupos químicos diferentes. Que são: **Organofosforados:** são compostos orgânicos derivados do ácido fosfórico, do ácido tiofosfórico ou do ácido ditiofosfórico. Ex.: Folidol, Azodrin, Malation, Diazinon, Nuvacron, Tamaron, Rhodiatox. **Carbamatos:** são derivados do ácido carbâmico. Ex.: Carbaril, Temik, Zectram, Furadan. **Organoclorados:**



são compostos à base de carbono, com radicais de cloro. São derivados do clorobenzeno, do ciclo-hexano ou do ciclodieno. Foram muito utilizados na agricultura, como inseticidas, porém seu emprego tem sido progressivamente restringido ou mesmo proibido. Ex.: Aldrin, Endrin, BHC, DDT, Endossulfan, Heptacloro, Lindane, Mirex.

Piretróides: são compostos sintéticos que apresentam estruturas semelhantes à piretrina, substância existente nas flores do *Chrysanthemum* (*Pyrethrum*) *cinerariifolium*. Alguns desses compostos são: aletrina, resmetrina, decametrina, cipermetrina e fenpropanato. Ex.: Decis, Protector, K-Otrine, SBP.

Fungicidas: ação de combate a fungos. Existem muitos fungicidas no mercado. Os principais grupos químicos são: Etileno-bis-ditiocarbamatos: Maneb, Mancozeb, Dithane, Zineb, Tiram. Trifenil estânico: Duter e Brestan. Captan: Ortocide e Merpan. Hexaclorobenzeno.

Herbicidas: combatem ervas daninhas. Nas últimas duas décadas, esse grupo tem tido uma utilização crescente na agricultura. Seus principais representantes são: Paraquat: comercializado com o nome de Gramoxone. Glifosato: Roundap.

Outros grupos importantes compreendem: **Raticidas:** utilizados no combate a roedores. **Acaricidas:** ação de combate a ácaros diversos. **Nematicidas:** ação de combate a nematoides. **Molusquicidas:** ação de combate a moluscos, basicamente contra o caramujo da esquistossomose. **Fumigantes:** ação de combate a insetos, bactérias: fosfatos metálicos (Fosfina) e brometo de metila.

Há outra classificação fundamental, essa refere-se ao poder tóxico, que é essencial para o conhecimento da toxicidade de um produto, para conhecer os seus efeitos agudos. No Brasil, a classificação toxicológica está na responsabilidade do Ministério da Saúde. Segundo OPAS, por lei todos os produtos agrotóxicos precisam apresentar nos rótulos uma faixa colorida indicando sua toxicidade, os agrotóxicos são classificados, em classes que variam de I a IV, sendo: Classe I- faixa vermelha: extremamente tóxico; Classe II- faixa amarela: altamente tóxico; Classe III -faixa azul: mediamente tóxico; Classe IV-faixa Verde: pouco tóxico (OPAS, 1997).

Sendo substâncias químicas amplamente utilizadas no mundo e pelo fato de serem responsáveis por inúmeros casos de intoxicação, os xenobióticos constituem um importante tópico de estudo dentro da toxicologia. No Brasil, as intoxicações agudas por agrotóxicos ocupam a terceira posição dentre os agentes causais, sendo a maioria dos



casos por inseticidas (73%), raticidas (15,3%) e herbicidas (9,7%), e apresentam como as principais circunstâncias as tentativas de suicídio, os acidentes e as ocupacionais (OGA *et. al.*, 2008).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de agrotóxicos na comunidade do Sítio Novo no Município de Pedreiras-MA.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho tratou-se de uma pesquisa quantitativa e de uma investigação bibliográfica fundamentada em estudos e pesquisas que abordaram a temática dos riscos do uso de agrotóxico no meio ambiente e suas consequências a saúde humana, com o intuito de auxiliar teoricamente os agricultores no manejo das suas atividades.

A pesquisa se desenvolveu na comunidade rural do Sítio Novo, pertencente ao município de Pedreiras- MA, com população estimada de 350 habitantes, totalizando 88 famílias, dispendo de uma escola municipal, uma UBS (Unidade Básica de Saúde) e fonte de renda local advinda de atividades agrárias. A amostra dessa pesquisa correspondeu à agricultores do sexo masculino, com idades de 40 à 55 anos que residem na comunidade citada a cima, que desenvolvem trabalhos no campo principalmente na produção de culturas para a subsistência e atividade comercial.

Para o desenvolvimento desse projeto, foi realizado um levantamento de dados por meio de uma pesquisa de campo de caráter investigativo, através de um questionário que foi aplicado na comunidade selecionada. Sendo uma pesquisa de campo, um estudo de um único grupo ou comunidade levou em conta sua estrutura social, ou seja, ressaltando a interação entre seus componentes. Dessa forma, o estudo de campo pretendeu utilizar técnicas de observação nesta comunidade.

3. RESULTADOS E DISCURSÕES

A seguir estão as informações do questionário aplicado na comunidade do Sítio Novo, com o intuito de coletar informação sobre a utilização do uso de agrotóxicos, a fim de obter dados quantitativos, que serão expostos a seguir por meio de gráficos e categorias.

O tipo de agricultura predominante na comunidade do Sítio Novo foi a Agricultura Familiar, representado por 40 % das respostas. As famílias plantam e colhem para o seu próprio consumo. A agricultura comercial representou 30 %. Essa prática apresentou o mesmo percentual sobre os que trabalham na forma comercial e familiar simultaneamente. Nenhuma família desenvolve agricultura orgânica e itinerante.

Quando questionados sobre o uso de substâncias químicas nas lavouras, o resultado obtido foi de 100 % de uso pelos trabalhadores rurais, sendo que todos utilizam mais de um produto, sendo eles: glifosato, roundap, barragem, dma, bolfo e gramoxone.

Segundo os entrevistados, o uso desses xenobióticos é essencial no controle destas pragas, pois os mesmos afirmam que é impossível ter plantações sem o auxílio desses produtos. Entretanto, foi notado que a utilização de produtos que não fazem parte de grupos de herbicidas também é utilizada pelos trabalhadores na tentativa de exterminar as pragas existentes nas culturas semeadas, isso ocorre porque os mesmos acreditam numa maior eficácia no controle das pragas.

Sobre o questionamento do uso de equipamentos de proteções individuais (EPI's), 100 % afirmaram que não fazem uso de equipamento na aplicação dos agrotóxicos em suas lavouras. Conseqüentemente a abstenção desses equipamentos acarreta uma série de risco a esses pequenos agricultores.

Devidos a importância de ler os rótulos, interrogou-se acerca do costume de ler as informações contidas na embalagem sobre a forma correta de se usar. De dez (10) entrevistados, somente dois (2) afirmaram que leem, mas porém não seguem as indicações prescritas pelos fabricantes por já terem ideias formadas sobre o uso correto, e nas dúvidas pedem informações aos comerciantes, sendo estas informações transmitidas de maneira errada, e estes estabelecimentos não dispõem de profissionais da área.

O descarte desses recipientes segundo os agricultores é feito de duas formas: a primeira é que após o uso dessas embalagens, elas são descartadas na própria lavoura, e a segunda forma é que eles fazem a incineração dos recipientes na própria plantação ou levam para casa quando já estão em grandes quantidades, que acabam recorrendo a queima das mesmas. As embalagens mesmo vazias trazem risco para quem reutiliza,

nesse contexto os agricultores possuem conhecimento sobre os perigos causados na reutilização, nisso 100 % disseram que não reutilizam nenhuma embalagem vazia.

Quando indagados sobre mal estar sofrido após o uso de xenobióticos, apenas 20 % dos entrevistados disseram que já sofreram intoxicações, sendo estas: cefaleia, náuseas, vertigem, irritação ocular, angina muscular e complicações hepáticas. E 80 % relataram não sentir nenhuma alteração fisiológicas advinda do uso de produtos químicos.

A água é um elemento essencial para o crescimento das plantas e no seu desenvolvimento, e quando próximo de plantações que utilizam os xenobióticos o risco de contaminação nas fontes de água aumenta, pois nessa ocasião pode ocorrer contaminação através dos lençóis freáticos, sobre este questionamento dos interrogados 80 % afirmaram ter fontes de águas nas proximidades de suas lavouras, e somente 20 % não tem essa fontes próximas a suas respectivas lavouras.

O uso excessivo de produtos químicos podem ocasionar a infertilidade no solo, e com isso a diminuição de nutrientes e da produção é notável rapidamente, segundo as informações colhidas 50 % disseram ter notado que a área da sua plantação deixou de ser fértil, no entanto outros 50 % responderam que não afetou na fertilidade do solo.

A praga que aparece com maior frequência na lavoura dos entrevistados é o pulgão, pois este apareceu em 50 % das respostas dadas. Sendo este, o causador dos maiores danos agrícolas da região. Em segundo lugar, com 20 % a praga que incomoda mais os trabalhadores é a arapuá, e as três últimas pragas com 10 % são: o maribondo, o besouro e a formiga.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as consequências do uso de agrotóxicos na comunidade do Sítio Novo em Pedreiras – MA. Teve como base uma revisão bibliográfica sobre o referido tema de forma quantitativa, visando ter um levantamento de dados sobre as consequências e o uso de xenobióticos de maneira errônea naquela comunidade.

No entanto o desafio que nos rodeou no desenrolar da construção desse trabalho científico, foi levar o conhecimento correto sobre substâncias químicas que são utilizadas pela comunidade e o uso dessas na agricultura.





Verificou-se que os agricultores realizam o descarte incorreto das embalagens na própria lavoura e que estes pensam estar agindo corretamente, quando na verdade estão acumulando resíduos químicos naquele ambiente, podendo assim afetar a própria plantação devido ao escoamento dessas substâncias através da chuva que pode até mesmo afetar o desempenho produtivo da sua própria lavoura, ocasionando uma contaminação nos lençóis freáticos e lagos da região.

Outro fator que os mesmos jugam estar sendo protegidos desses agentes químicos, é o uso apenas de botas como EPI'S durante a aplicação, uma vez que o uso apenas desse disposto de proteção, não irá fornecer a segurança necessária ao trabalhador rural nessa prática, uma vez que, faz-se necessário utilizar o equipamento completo para assim se sentir protegido tanto no manuseio como na aplicação do produto nas suas lavouras.

REFERÊNCIAS

- CARLOS, E. A.; ALVES, R. D.; QUEIROZ, M. E. L. R.; NEVES, A. A. J. B. **Simultaneous determination of the organochlorine and pyrethroid pesticides in drinking water by single drop microextraction and gas chromatography.** Chemical Society, v. 24, n. 8, p. 1217-1227, 2013.
- CUNHA, J. P. A. R. TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. **Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas.** Planta Daninha, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.
- DOMINGUEZ BRUNO. Agrotóxicos. Proteção para quem? Junho de 2010. **Prejuízo para o ambiente** (p.1). Disponível em: <<http://www4.ensp.fiocruz.br/radis/95/capa.html>> Acessado em agosto de 2021.
- FONTENELE, E. G. P.; MARTINS, M. R. A.; QUIDUTE, A. R. P.; MONTENEGRO JÚNIOR, R. M. **Contaminantes ambientais e os interferentes endócrinos.** Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, v. 54, n. 1, Feb., 2010.
- FLORES, A. V.; Ribeiro, J. N.; Neves, A. A.; Queiroz, E. L. R. **Organoclorados: um problema de saúde pública.** Ambiente & Sociedade, v. 7, n. 2, 2004.
- MOREIRA, J.C.; JACOB, S.C.; PERES, F.; LIMA, J.S.; MEYER, A.; OLIVEIRA-SILVA, J.J.; SARCINELLI, P.N.; BATISTA, D.F.; EGLER, M.; FARIAS, M.V.C.; ARAÚJO, A.J.; KUBOTA, A.H.; SOARES, M.O.; ALVES, S.R.; MOURA, C.M. e CURTI, R. **Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ.** Ciência e Saúde Coletiva, v. 7, n. 2, pp. 299-311, 2002.

- SCORZA JUNIOR, R. P.; NÉVOLA, F. A.; AYELO, V. S.; **Avaliação da contaminação hídrica por agrotóxico. Boletim de pesquisa e desenvolvimento.** Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2010.
- SOUZA, C.R. e FAVARO, J.L. **Questionamentos sobre a destinação final de embalagens vazias de agrotóxicos.** Revista Eletrônica Lato Sensu – UNICENTRO. n. 1, Ano 2, 2007.
- PERES, F.; ROZEMBERG, B.; ALVES, S.R.; MOREIRA, J.C. e OLIVEIRA-SILVA, J.J. **Comunicação relacionada ao uso de agrotóxicos em região agrícola do Estado do Rio de Janeiro.** Revista Saúde Pública, v. 35, n. 6. São Paulo. 2001.
- PINOTTI, M. M. Z.; SANTOS, J. C. P. **From the ancient times of the agriculture to the biological control in plants: a little of the history.** Ciência Rural, v. 43, n. 10, p. 1797-1803, 2013.
- VEIGA, M. M., **Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental.** Ciência e saúde coletiva, v. 12, n. 1, 2007.
- VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C. **Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil.** Caderno de Saúde Pública.vol.22 n°.11 Rio de Janeiro, p. 2391- 2399, Nov/2006.
- OGA, S.; CAMARGO, M. M. A.; BASTITUZZO, J. A. O. **Fundamentos de Toxicologia.** 3ª ed. Atheneu. São Paulo, 2003.
- OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde. **Manual de vigilância de saúde de populações expostas a agrotóxicos.** Ministério da Saúde, Brasília, 1997
- Presidência da República; Casa Civil: **Subchefia para Assuntos Jurídicos.** Lei Nº 9.974, de 06 de julho de 2000. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7802.htm> Acessado em agosto de 2021.
- WHO (World Health Organization). **Public health impact of pesticides used in agriculture.** Genebra: World Health Organization, 1990.



CAPÍTULO XIV

QUÍMICA VERDE: REVISÃO DE MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS1051-14

Camila Ferreira Pinto¹
Tatiane Carvalho Maeda¹
Marquele Amorin Tonhela¹
Sandra Cristina Dantas²
Ana Claudia Granato³
Geoffroy Roger Pointer Malpass⁴

¹ Alunas do Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM

² Professora de Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Triângulo Mineiro- UFTM

³ Professora do Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM

⁴ Professor do Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM.

RESUMO

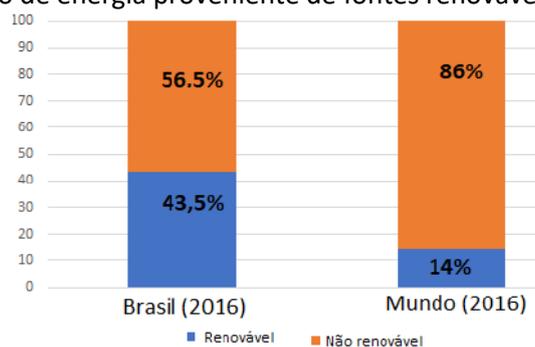
Unindo-se o aprimoramento dos processos de transformação de energia com a Química Verde, surgiu como alternativa válida a produção de hidrogênio, o qual é o elemento mais abundante do universo. Porém, para o hidrogênio ser um combustível eficiente e sustentável, é necessário o desenvolvimento de meios para sua produção, armazenamento e uso. Como o hidrogênio não está na forma livre na natureza, para sua obtenção é necessário dissociá-lo de uma fonte primária de energia como, por exemplo, hidrocarbonetos, biomassas ou a água. Este artigo faz uma análise de vários métodos de produção de hidrogênio usando fontes de energia renováveis e não renováveis e compara-os em relação a vantagens e desvantagens de cada método analisando-se impacto ambiental, matéria-prima disponível, custos e quantidade de hidrogênio produzido. Como resultado, verifica-se que alguns métodos de produção de hidrogênio ainda são dependentes de combustíveis fósseis, como, por exemplo, a gaseificação do carvão, outros dependem de eletricidade, como a eletrólise e outros emitem gases poluentes, como a reforma a vapor. Dentro dos métodos ambientalmente corretos, estão a eletrólise fotovoltaica, a fermentação anaeróbia, a corrosão eletroquímica ácida, a fotoprodução de hidrogênio por microrganismos e a obtenção de hidrogênio utilizando energia nuclear. Esses métodos, apesar de em sua maioria não serem suficientes para a demanda de energia futura, podem ser utilizados em conjunto para a transição da economia de hidrogênio.

Palavras-chave: Hidrogênio. Química. Verde. Combustível. Sustentável

1. INTRODUÇÃO

Diariamente, são utilizadas várias formas de energia, como por exemplo, para funcionamento de eletrodomésticos, ao tomar-se um banho quente, os carros precisam de energia para funcionar, entre outros. E observando-se essas formas de utilização de energia, pode-se entender o seu conceito no dicionário: é a capacidade de um sistema realizar trabalho. Dessa forma, torna-se necessário, para a sobrevivência e conforto da humanidade, que se aprimore os processos de transformação de energia de forma que causem menor impacto ambiental, pois como pode ser visto na Figura 1, a maior parte da matriz energética mundial é composta por fontes de energias não renováveis, principalmente, proveniente de combustíveis fósseis que contribuem para o aumento das emissões de CO₂, gás agravante do aquecimento global (EPE, 2020).

Figura 1- Consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis



Fonte: Adaptada de EPE, 2020.

Buscando-se alternativas que minimizem os impactos da atividade química no meio ambiente, surgiu a Química Verde, a qual é definida pela IUPAC como sendo o desenvolvimento de produtos e processos químicos que visam reduzir ou eliminar o uso de substâncias que causam danos à saúde e ao meio ambiente. Dentre exemplos de pesquisas em Química Verde, destaca-se as de uso de matérias-primas renováveis, substituição de produtos tóxicos por outros ambientalmente aceitáveis, uso eficiente de energia e reagentes e reações seguras (ESCOLA DE QUÍMICA VERDE, 2020).

Dentre as formas de energias alternativas está o hidrogênio, que possui alta densidade energética, e sua emissão é livre de poluentes, podendo ser utilizado como combustível em diversas aplicações, como um substituto aos combustíveis fósseis, em uso industrial, de transporte, doméstico ou espacial. Baseado em uma sociedade de Economia de Hidrogênio, ele tem potencial para ser produzido e consumido em grande



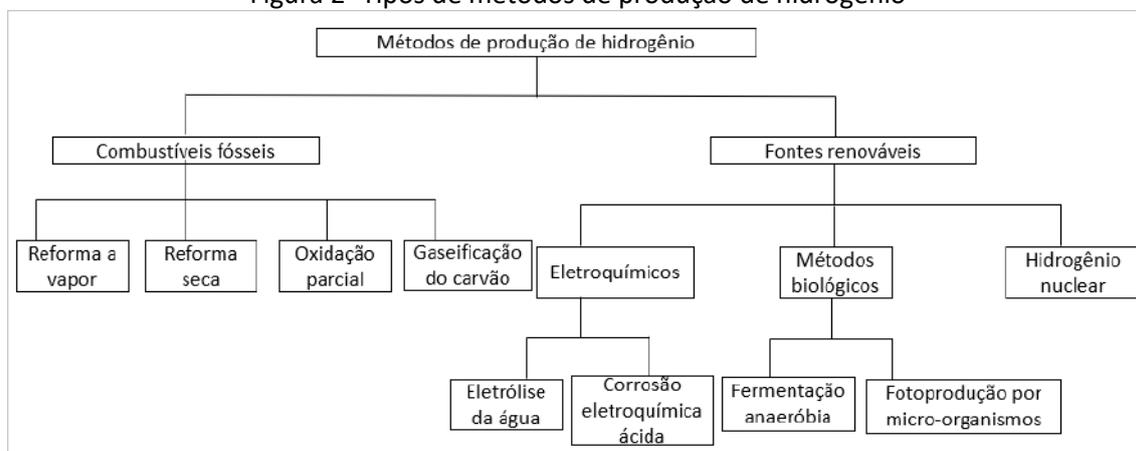
quantidade. Para esse recurso tornar-se realidade, é necessário produzi-lo de maneira econômica, minimizando o impacto ambiental, além de tornar a tecnologia de célula de combustível economicamente viável e desenvolvida (NEHRIR; WANG, 2016).

Esse elemento é usado principalmente como um químico industrial para produção de amônia e metanol. Em um futuro próximo, ele será um combustível significativo que poderá resolver os problemas locais relacionados à energia, devido à sua aplicação no sistema de células à combustível em residências, transporte e indústria química. No entanto, a produção de hidrogênio global tem sido dominada pelos combustíveis fósseis, com as tecnologias contemporâneas mais significantes como a reforma de hidrocarbonetos, a pirólise e a co-pirólise (BICÁKOVÁ E STRAKA, 2012).

Assim, unindo-se o aprimoramento dos processos de transformação de energia com a Química Verde, surgiu como alternativa válida a produção de hidrogênio. Porém, para o hidrogênio ser um combustível eficiente e sustentável, é necessário o desenvolvimento e meios para sua produção, armazenamento e uso. Como o hidrogênio não está na forma livre na natureza, para sua obtenção é necessário dissociá-lo de uma fonte primária de energia como, por exemplo, hidrocarbonetos, biomassas ou a água. Assim, diversos métodos de produção de hidrogênio vêm sendo estudados, como pode ser visto na Figura 2 (MEDEIROS, 2020).

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo fazer uma análise de vários métodos de produção de hidrogênio comparando-os e analisando-se impacto ambiental, matéria-prima disponível, custos e quantidade de hidrogênio produzido.

Figura 2- Tipos de métodos de produção de hidrogênio



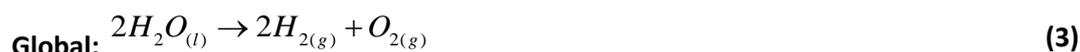
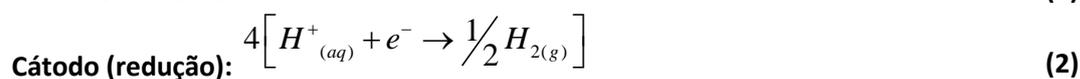
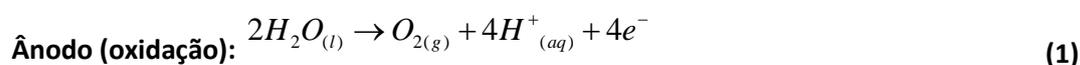
Fonte: Adaptada de KUMAR, S.; HIMANBINDU, 2019.

2. MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

2.1. ELETRÓLISE DA ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A eletrólise é o processo no qual a energia elétrica é usada para forçar a ocorrência de uma reação química não espontânea. Uma célula eletrolítica é uma montagem experimental na qual se realiza a eletrólise, que consiste em um par de eletrodos de um metal não reativo, como a platina, imersos em água. Esses eletrodos devem estar ligados a uma fonte de energia (CHANG, 2010).

A reação global, assim como, as reações anódicas e catódicas são mostradas nas equações:



Trata-se de um método em que a força motriz do processo eletroquímico é a energia elétrica, ocorrendo decomposição de substâncias por meio da passagem de corrente elétrica. Ao inserir-se dois eletrodos na água ocorre desprendimento de hidrogênio, uma vez que o oxigênio é produzido no ânodo e o hidrogênio no cátodo. Consiste, de forma básica, na aplicação de diferença de potencial por meio de corrente contínua entre os eletrodos imersos em solução de água e eletrólito, o que permite a circulação da corrente elétrica entre esses, quebrando a molécula de água (FEITOSA, 2019).

A eletrólise é um método de produção de hidrogênio que utiliza água e tem como subproduto apenas oxigênio, podendo utilizar energia de fontes sustentáveis como solar, eólica e biomassa. Porém, apenas 4% de hidrogênio é obtido por esse método, sendo esperado que este valor aumente em um futuro próximo. Esse processo possui vantagens, como alta eficiência celular e grande taxa de geração de hidrogênio com alta pureza (SHIVA KUMAR; HIMABINDU, 2019).

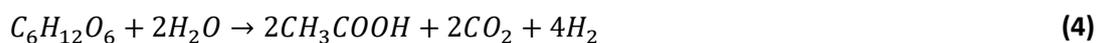
A utilização da energia do sol por meio da tecnologia de células fotovoltaicas na eletrólise é uma maneira eficiente de produzir hidrogênio, livre de carbono. A forma mais eficaz de produção de hidrogênio por meio do uso de energia solar é com a



utilização de células fotovoltaicas (fotoeletrolise), convertendo energia solar em eletricidade. Existem diversos tipos de fotoeletrodos (dispositivo semicondutor, que absorve energia solar e, simultaneamente, cria a tensão necessária para a decomposição direta da molécula de água em oxigênio e hidrogênio), variando conforme a fabricação, dentre elas silício monocristalino, silício policristalino e silício amorfo, que têm eficiência de conversão de energia solar em elétrica, respectivamente, 20%, 15% e 7% (KNOB; SILVA, 2013; BICÁKOVÁ E STRAKA, 2012).

2.2. PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DA FERMENTAÇÃO ANAERÓBIA

A fermentação anaeróbia trata-se da conversão de açúcares simples e puros, contidos de forma natural na biomassa, em hidrogênio, dióxido de carbono e ácidos orgânicos na presença de microrganismos e meio sem oxigênio. As culturas das bactérias anaeróbias podem ser puras ou mistas, sendo que as mistas são mais vantajosas devido ao menor custo operacional e vasta fonte de matéria-prima. Nesse processo, podem ser utilizados resíduos agroindustriais como fonte de carboidratos para as bactérias. A composição do substrato é importante para maximizar a produção de hidrogênio ou para a economia do método, uma vez que o potencial de geração de hidrogênio é dependente dela, além do custo e disponibilidade da matéria-prima. Os ácidos orgânicos são subprodutos do processo de fermentação, mas essa composição de subproduto pode variar de acordo com o meio de fermentação. Temperatura e pH também são fatores importantes no processo de fermentação, uma vez que há influência na atividade bacteriana, e aumentando-se a temperatura e o pH em intervalos apropriados, pode haver aumento da produção de hidrogênio. As reações que exemplificam o processo de produção de hidrogênio por fermentação anaeróbia podem ser vistas nas equações 4 e 5 (SOARES, 2019).



O processo baseia-se na digestão do substrato orgânico por meio de microrganismos sem a presença de oxigênio e possui como vantagens a capacidade de utilizar qualquer matéria orgânica rica em carboidratos, a qual é renovável, com taxas de produção mais rápidas que outros processos biológicos e baixo custo operacional em comparação com outros métodos que requerem energia (LOPES, 2019).



A fermentação no escuro é a conversão da energia bioquímica armazenada em matéria orgânica para outras formas de energia na ausência de luz (este caso pode acontecer quando há oferta reduzida de luz). Os biorreatores usados para fermentação no escuro são mais simples e mais baratos em comparação com a foto fermentação. A produção de hidrogênio por fermentação no escuro possui várias vantagens em relação aos outros processos biológicos, como a capacidade de controlar e estabilizar os resíduos biológicos que têm potencial perigo de contaminação. No entanto, a baixa capacidade de produção por unidade é um dos principais desafios da digestão anaeróbia (DINCER; ACAR, 2015; TORRES, 2018).

2.3. PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO POR CORROSÃO ELETROQUÍMICA ACELERADA

O processo de corrosão consiste em deteriorar-se um material, comumente um metal, por ação de fatores químicos e eletroquímicos do meio ambiente e também devido a esforços mecânicos. Esse processo pode ser utilizado para produção de hidrogênio realizando-se uma reação entre um ácido e metais, ocorrendo a redução do íon H^+ e produzindo H_2 (GENTIL, 2014).

A reação de oxidação no processo de corrosão eletroquímica de metais pode ser vista na Equação 6 e a de redução, gerando hidrogênio, pode ser vista na Equação 7. O ânodo é o eletrodo em que ocorre a oxidação, que consiste na perda de elétrons pelo metal e onde ocorre a corrosão. O cátodo é onde ocorre a redução, em que os íons H^+ são reduzidos e é produzido H_2 (CHANG, 2010).



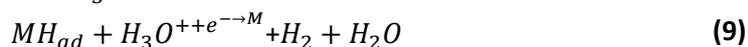
O método de corrosão eletroquímica em meio ácido para a obtenção de hidrogênio (H_2) a partir de aço carbono (Fe) em forma de palha de aço, com o emprego dos ácidos clorídrico (HCl) e hexafluossilícico (H_2SiF_6) se mostrou eficiente, capaz de gerar hidrogênio de maneira simples, econômica e com baixo gasto energético. O processo utilizando o ácido hexafluossilícico, além de gerar grande quantidade de gás, promove o reaproveitamento de um subproduto da indústria de fertilizantes, com baixo valor comercial, baixa utilidade, reutilizando-o na produção de um combustível



extremamente promissor, através de uma reação espontânea. Dessa forma, o método é sustentável e não emite gases poluentes (PINTO, 2019).

A reação de corrosão também foi investigada por Deyab (2013), no qual o objetivo do trabalho foi descrever e avaliar a corrosão do aço carbono em ácido crotônico para a produção de hidrogênio, utilizando polissorbato 20 (NS), dioctil sulfossucinato de sódio (AS) e cloreto de benzalcônio (CS) para controlar a evolução do hidrogênio. Foi mostrada que a taxa de geração de hidrogênio obtida durante a corrosão no ácido crotônico aumentou com o aumento da concentração de ácido, temperatura e tempo de imersão.

Os mecanismos envolvidos para a reação de evolução de hidrogênio em eletrodos em meio ácido, podem ser vistos nas equações 8, 9 e 10. Na Equação 8, é vista a reação de descarga primária (Reação de Volmer); na Equação 9, uma etapa de dessorção eletroquímica (reação de Heyrowsky) e na Equação 10 uma etapa de recombinação (reação de Tafel). Nenhuma dessas reações ocorrem em única etapa, mas sim em combinação umas com as outras (DEYAB, 2013).



2.4. REFORMA A VAPOR

A reforma a vapor de hidrocarbonetos é o processo mais utilizado para a produção de hidrogênio em larga escala. Neste processo, uma mistura de vapor d'água e hidrocarbonetos reage a altas temperaturas na presença de um catalisador, formando uma mistura de dióxido de carbono e hidrogênio. O hidrocarboneto mais utilizado no processo de reforma é o gás natural (CH₄). A aplicação do gás metano no processo de produção de H₂ é muito positiva, diante da amplitude da rede de distribuição deste gás, facilitando a implantação de fábricas com este processo e reduzindo o risco de falta de matéria prima (CRUZ, 2010).

A principal forma de geração de hidrogênio tem sido os fornos de reforma a vapor, que são constituídos de uma série de tubos verticais dentro de uma câmara de radiação aquecidos externamente que focam nas paredes dos tubos. Por dentro desses tubos percorrem hidrocarbonetos ou álcoois e vapor d'água que em altas temperaturas reagem endotermicamente (DUTRA, 2019).



O método de produção de hidrogênio puro baseado no processo de reforma a vapor do metano, consiste na conversão do metano em gás enriquecido de hidrogênio, relacionada ao deslocamento água-gás, o qual gera grandes quantidades de CO₂, de acordo com as Equações 11 e 12 (SHAGDAR et al., 2020).



2.5. REFORMA SECA DO METANO

Na produção de petróleo é produzida grande quantidade de gás natural, o qual é utilizado normalmente na queima em plataforma de exploração, porém nessa queima é gerado grande quantidade de gases que contribuem para o efeito estufa. Por isso, foi desenvolvido o método de produção de hidrogênio por reforma seca do gás metano. Além de ter um custo baixo e grande disponibilidade de reagentes, requer um investimento total menor se em comparação com a reforma a vapor do metano (SALES, 2014).

Tem sido considerado um método ambientalmente correto de se produzir gás de síntese, diminuindo o impacto ambiental devido ao fato de a razão entre H₂ e CO ser próxima de 1. A reação envolvida no processo de reforma seca do metano pode ser vista na Equação 13, e é endotérmica (ALMEIDA, 2019).

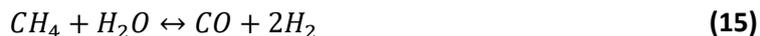


Dessa forma, comparando-se com outros métodos, como a reforma a vapor ou oxidação parcial, esse método possui menor taxa de produção de H₂ e CO. Entretanto, devido a altas energias de dissociação da ligação do hidrogênio da molécula de CH₄, a reforma seca é um processo difícil e muito endotérmico (GARCÍA; STANKIEWICZ; NIGAR, 2020).

2.6. REFORMA PELA OXIDAÇÃO PARCIAL DO METANO

A oxidação parcial do metano pode ser bem complexa dependendo do catalisador utilizado e das condições de operação. Há dois mecanismos para a oxidação parcial ocorrer: um indireto, em que parte do metano é oxidado primeiro a CO₂ e H₂O, produzindo gás de síntese como pode ser visto nas Equações 14, 15, 16 e 17; e um direto, em que o metano reage diretamente com O₂, gerando os produtos da oxidação parcial como pode ser visto na Equação 18 (SANTOS, 2019).





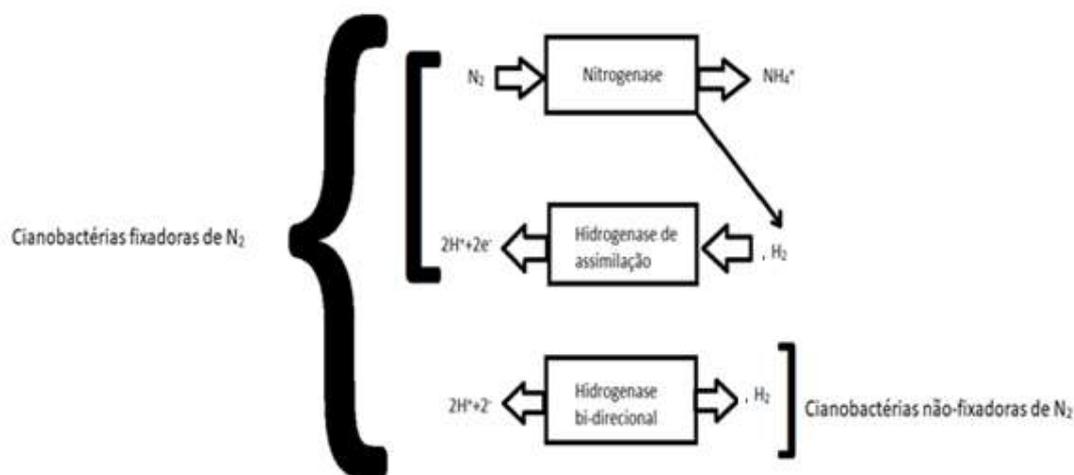
Esse processo apresenta como vantagem a possibilidade de dispensar catalisador. Entretanto, a faixa de temperatura de operação é no intervalo de 1200-1500°C e requer altas pressões. Na presença de catalisador, as temperaturas de equilíbrio podem ultrapassar 600°C, mas em alguns casos é preferível não usar catalisadores (ALMEIDA, 2019).

2.7. FOTOPRODUÇÃO DE H₂ POR MICRORGANISMOS

As cianobactérias utilizam o processo de biofotólise, para produção de hidrogênio apresentando características nutricionais simples. Por meio da energia solar e da água, elas produzem hidrogênio e oxigênio não emitindo gás carbônico, utilizando nitrogênio e gás carbônico atmosférico, água como fonte de elétrons e a luz solar como fonte de energia (ALMEIDA et al., 2019).

Essas, apresentam enzimas envolvidas no metabolismo do hidrogênio, como pode ser visto na Figura 3 - O complexo enzimático da nitrogenase catalisa a redução de N₂ a NH₄⁺. A hidrogenase de assimilação faz o reciclo do H₂ liberado pela nitrogenase e a hidrogenase bi-direcional funciona no sentido de consumo ou produção de H₂. Logo, nesse processo as duas enzimas capazes de produzir hidrogênio são a nitrogenase e a hidrogenase bi-direcional (TAMAGNINI; LEITÃO; OLIVEIRA, 2020).

Figura 3- Enzimas diretamente envolvidas no metabolismo do hidrogênio em cianobactérias



Fonte: Adaptada de Tamagnini, Leitão e Oliveira (2020).

A geração de hidrogênio por meio de micro-organismos vem sendo reconhecida por ser uma fonte renovável, apresentar baixo custo de produção e não ser dependente de áreas agrícolas, como no caso dos biocombustíveis. A grande vantagem de se utilizar cianobactéria consiste no fato de que durante o processo de geração de hidrogênio elas utilizam CO_2 e N_2 da atmosfera como fonte de carbono e nitrogênio, a água como fonte de elétrons e a luz solar como fonte de energia. O processo de biofotólise da água pode ser visto na equação 19 (RODRIGUES, 2016):



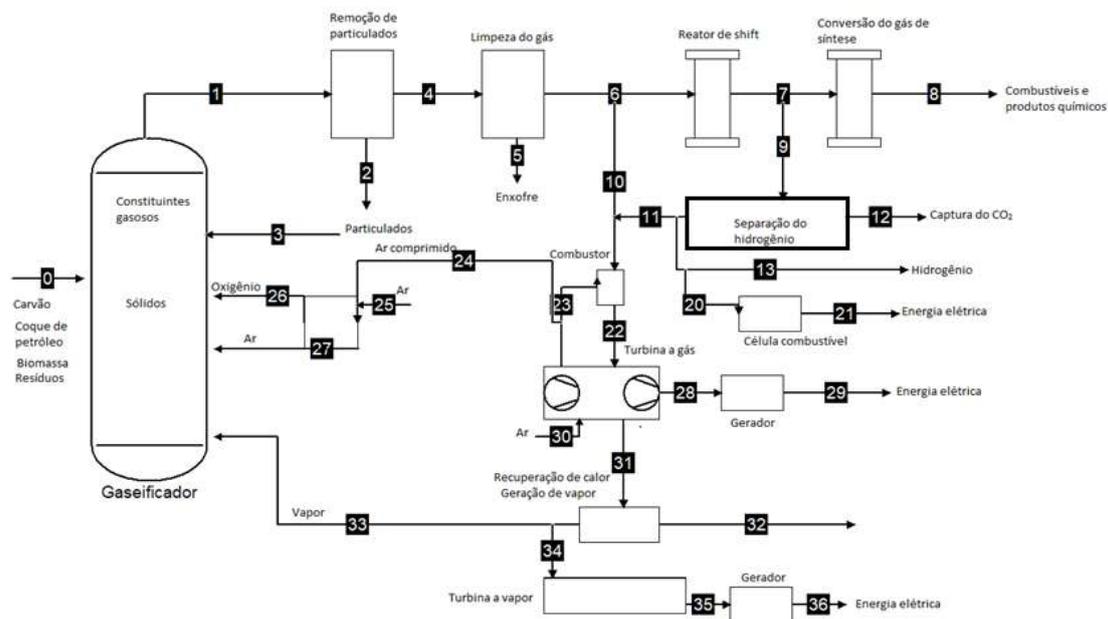
2.8. GASEIFICAÇÃO DO CARVÃO

Pode ser definida com uma reação do carvão sólido com uma pequena quantidade de oxigênio, ar, vapor e dióxido de carbono a $700\text{ }^\circ\text{C}$, produzindo gases utilizados como fonte de energia. As etapas de gaseificação são: pirólise do carvão e gaseificação do carvão obtido a partir do processo de pirólise. Podem ser utilizados diversos tipos de gaseificadores: leito móvel, leito fluidizado e de fluxo arrastado (MISHRA; GAUTAM; SHARMA, 2018).

É um método para fornecimento de gás de síntese ($\text{CO} + \text{H}_2$), em que o hidrogênio pode ser produzido em grande concentração, pela reação de deslocamento gás-água, mostrada na Equação 20, desde que ocorra a captura do CO_2 . A técnica consiste em deslocar o equilíbrio da reação para o lado direito, aumentando a produção de H_2 , removendo o CO_2 com uso de um adsorvente, o qual o mais utilizado é o óxido de cálcio. Na Figura 4, pode ser vista uma planta de um processo de gaseificação. Muitos tipos de combustíveis podem ser usados para fornecimento de energia ao reator. O vapor de água e o oxigênio em altas temperaturas e pressões moderadas, transformam os combustíveis em gás de síntese. Na saída do gaseificador, o gás produzido passa por processo de limpeza, removendo impurezas como o enxofre. Posteriormente, para aumentar a geração de hidrogênio, o gás de síntese vai para o reator de shift, ocorrendo a reação de deslocamento gás- água, e posteriormente é feito o sequestro do CO_2 , ocorrendo a produção de hidrogênio (DOMENICO, 2013).



Figura 4- Planta de um processo de gaseificação



Fonte: Adaptada de Domenico (2013).

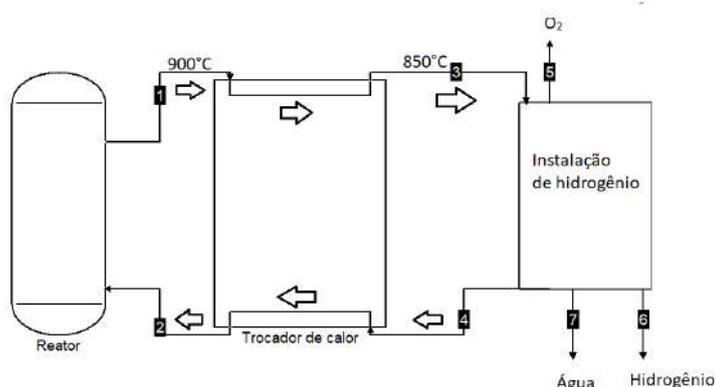
2.9. HIDROGÊNIO NUCLEAR

Os reatores nucleares apropriados na produção de hidrogênio, são constituídos de materiais que possibilitam altas temperaturas do fluido refrigerante, como por exemplo, reatores a gás/grafita de alta temperatura. Esses reatores podem apresentar como vantagens o fato de serem de baixo custo de investimento, rápidos de construção, operação sem necessidade de parada e alta segurança. O hidrogênio pode ser produzido por energia nuclear a partir de vários métodos, como reforma de metano, eletrólise da água, eletrólise de vapor a alta temperatura e separação de água termo-químico (LEPECKI, 2011).

A produção de hidrogênio necessita de fornecimento de calor do núcleo do reator até o sistema de produção, sendo necessário também, as condições apropriadas e aspectos de segurança, como explosões e incêndios. Os requisitos básicos para acoplamento do reator nuclear com o sistema de produção de hidrogênio são: compatibilidade química, estabilidade do refrigerante, pressão operacional, adequação nuclear e viabilidade técnica básica. A Figura 5 mostra um esquema de reator nuclear acoplado a uma planta de produção de hidrogênio (KOMATSU, 2018).



Figura 5- Reator nuclear acoplado a um sistema de produção de hidrogênio



Fonte: Adaptada de Komatsu (2018).

2.10. PRINCIPAIS DESVANTAGENS DE CADA MÉTODO DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

A fotoeletrolíse é uma das formas de produção de hidrogênio que exhibe eficiência e custos promissores (BICÁKOVÁ E STRAKA, 2012). Um dos desafios da fotoeletrolíse produzida a partir de tecnologias solares é que essa fonte de eletricidade sofre variação de acordo com os processos naturais. Apesar disso, a geração de hidrogênio por meio de geradores fotovoltaicos apresenta baixo custo, o mínimo de componentes e baixa manutenção. Os resultados mostraram que a transferência de energia do gerador fotovoltaico ao eletrolisador é dependente das condições climáticas instantâneas e da forma como estes estão conectados (KNOB; SILVA, 2013).

Dentre os processos biológicos para geração de hidrogênio a fermentação anaeróbia é considerada a mais viável, pois não precisa de fonte de energia externa, vários tipos de resíduos e efluentes industriais podem ser fontes de carbono para os micro-organismos. Grandes quantidades de hidrogênio têm sido produzidas por essa técnica. Porém, a principal restrição desse método de produção de hidrogênio é o seu baixo rendimento se comparados com outros métodos químicos e eletroquímicos existentes (SOARES, 2019).

O processo de corrosão eletroquímica ácida acelerada mostrou-se capaz de produzir hidrogênio com simplicidade, economia e sem a emissão de gases tóxicos ou poluentes. Além disso, pode ser realizado utilizando-se materiais que seriam descartados no meio ambiente, como metais residuais de serralherias e torneiras. Apesar disso, apresenta como desafio a grande quantidade de resíduo gerado pelas



soluções de ácido e metal descartados, sendo necessário o devido descarte ou novo destino para esses resíduos gerados (PINTO, 2019).

As desvantagens da reforma a vapor são geralmente associadas aos reformadores, que são complexos, grandes, caros e têm relativamente longo tempo de aquecimento e podem introduzir perdas adicionais no processo de conversão de energia. Além disso, o vapor utilizado no processo deve ser superaquecido (alto custo energético) e o vapor residual produzido contém alta concentração de dióxido de carbono (CHAUBEY et al., 2013).

O método de produção utilizando-se micro-organismos fotossintéticos é uma alternativa válida, porém um grande desafio, pois apresenta baixas eficiências na conversão da energia solar, sendo necessária a otimização. A nitrogenase requer uma grande quantidade de ATP, o que dificulta a eficiência da conversão de energia solar e a hidrogenase bi-direcional, apesar de exigir pequena quantidade de energia, é bastante sensível ao oxigênio além de outros fatores que influenciam na produção como, composição da fase gasosa, idade da cultura, pH, temperatura, entre outros (TAMAGNINI; LEITÃO; OLIVEIRA, 2020).

Processos de gaseificação do carvão, apesar de eficientes para a produção de eletricidade a custo baixo e produção de hidrogênio, requerem a captura e armazenamento de CO₂. Além disso, esse método não contribuiria para a independência dos combustíveis fósseis.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que alguns métodos de produção de hidrogênio ainda são dependentes de combustíveis fósseis, dependem de eletricidade ou emitem gases poluentes. Dentre os métodos ambientalmente corretos, estão a fotoeletrólise, a fermentação anaeróbia, a corrosão eletroquímica ácida, fotoprodução de hidrogênio por microrganismos e a obtenção de hidrogênio utilizando energia nuclear. Esses métodos, apesar de, em sua maioria, não serem suficientes para a demanda de energia futura, podem ser utilizados em conjunto para a transição da economia de hidrogênio.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES e à FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Bennesson Nascimento. Estudo de reações de reforma do metano por metodologia de superfície de resposta. 2019. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.
- ALMEIDA, A. S. DE et al. Hidrogênio, o combustível do futuro. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 2, p. 356–366, 2019.
- BICÁKOVÁ, O.; STRAKA, P. Production of hydrogen from renewable resources and its effectiveness. **International Journal of Hydrogen Energy**, Praga, v. 37, p. 11563 – 11578, 2012.
- CHANG, R. **Química Geral: conceitos essenciais**. 4º. Ed. Porto Alegre, AMGH Editora Ltda, 2010.
- CHAUBEY, R.; SAHU, S.; JAMES, O. O.; MAITY, S. A review on development of industrial processes and emerging techniques for production of hydrogen from renewable and sustainable sources. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Índia, v. 23, p. 443 – 462, 2013.
- CRUZ, F. E. Produção de hidrogênio em refinarias de petróleo: avaliação energética e custo de produção. Ed. Ver. São Paulo, 2010, 164 p. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3150/tde-17082010->>
- DEYAB, M. A. Hydrogen generation during the corrosion of carbon steel in crotonic acid and using some organic surfactants to control hydrogen evolution. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, n. 31, p. 13511–13519, 2013.
- DINCER, I.; ACAR, C. Review and evaluation of hydrogen production methods for bater sustainability. **International Journal of Hydrogen Energy**, Canada, n. 40, p. 11094 – 11111, 2015.
- DOMENICO, Michele di. GASEIFICAÇÃO DE CARVÃO MINERAL BRASILEIRO NA PRESENÇA DE ORTOSSILICATO DE LÍCIO VISANDO A PRODUÇÃO AUMENTADA DE HIDROGÊNIO. 2013. 198 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/122608/325600.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 maio 2020.
- DUTRA, Caio César Gomes. ANÁLISE DE DADOS DE INSPEÇÃO NÃO DESTRUTIVA EM TUBOS DE REFORMA A VAPOR UTILIZANDO TREINAMENTO DE MÁQUINA. 2019. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:

<http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10028025.pdf>. Acesso em: 09 maio 2020.

EPE. O que é energia? Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 03 maio 2020.

ESCOLA DE QUÍMICA VERDE. **Química verde**. Disponível em: <http://www.usp.br/quimicaverde/>. Acesso em: 04 maio 2020.

FEITOSA, Francisco Edvan Bezerra. AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS DO BRASIL PARA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO POR ELETRÓLISE ALCALINA DA ÁGUA PARA O SETOR AUTOMOTIVO. 2019. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Nuclear, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/32551/1/DISSERTA%3%87%830_Francisco_Feitosa_%20reposit%3%b3rio_ufmg.pdf. Acesso em: 21 jun. 2020.

GARCÍA, I. D. D.; STANKIEWICZ, A.; NIGAR, H. Syngas production via microwave-assisted dry reforming of methane. **Catalysis Today**, n. April, p. 0–1, 2020.

KNOB, Daniel; SILVA, Adonis Marcelo Saliba. Geração de hidrogênio por eletrólise da água utilizando energia solar fotovoltaica. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências na área de Tecnologia Nuclear- Materiais, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-11062014-143621/publico/2013KnobGeracao.pdf>. Acesso em: 06 maio 2020.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. Rio de Janeiro: LTC, 2014, 9ª ed.

KOMATSU, Rafael Cordilha. **PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VIA NUCLEAR COM REATORES DE ALTA TEMPERATURA**. 2018. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Nuclear, Ufrj, Rio de Janeiro, 2018.

LEPECKI, W. A energia nuclear e a economia do hidrogênio. 2011. Disponível em: http://www.inee.org.br/downloads/eficiencia/Economia_Hidrogenio_Lepecki.pdf. Acesso em: 15 maio 2020.

LOPES, Adriana Carla de Oliveira. Utilização de nanotubos de carbono na eletrossíntese de hidrogênio a partir da fermentação de frutas tropicais. 2019. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Materiais, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

MEDEIROS, William B. Química Verde: produção de hidrogênio via eletrólise da água como uma alternativa para a geração de energia limpa: métodos e eletrólitos utilizados na produção de hidrogênio. Métodos e Eletrólitos Utilizados na Produção de Hidrogênio. Disponível em: [file:///C:/Users/tatianemaeda/Downloads/Produ%3%A7%C3%A3o%20de%20hidrogenio%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/tatianemaeda/Downloads/Produ%3%A7%C3%A3o%20de%20hidrogenio%20(4).pdf). Acesso em: 04 maio 2020.

MISHRA, A.; GAUTAM, S.; SHARMA, T. Effect of operating parameters on coal gasification. **International Journal of Coal Science and Technology**, v. 5, n. 2, p. 113–125, 2018.



- NEHRIR, M. H.; WANG, C. Fuel cells. In: **Electric renewable energy systems**. Bozeman: Elsevier Inc., 2016. chap. 6. p. 92–113.
- PINTO, Camila Ferreira. PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO POR CORROSÃO ELETROQUÍMICA ACELERADA UTILIZANDO O ÁCIDO HEXAFLUOSSILÍCICO. 2019. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2019. Disponível em: <http://btdt.uftm.edu.br/bitstream/tede/870/5/Dissert%20Camila%20F%20Pinto.pdf>. Acesso em: 09 maio 2019.
- RODRIGUES, Thayanya. Avaliação da produção de biohidrogênio a partir de microalga *Chlamydomonas reinhardtii*. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioenergia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2016.
- SALES, H. B. E. Produção de hidrogênio a partir da reforma seca do metano, usando catalisadores a base de perovskitas LaNiO_3 suportadas em Al_2O_3 e CeSiO_2 . Florianópolis: Blucher Chemical Engineering Proceedings, 2014. p. 1-8. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/produo-de-hidrognio-a-partir-da-reforma-seca-do-metano-usando-catalisadores-a-base-de-perovskitas-lanio3-suportadas-em-al2o3-e-cesio2-17963>. Acesso em: 22 maio 2020.
- SANTOS, P. V. M. DOS. Modelagem e simulação de um reator a membrana para produção de hidrogênio. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.
- SHAGDAR, E. et al. RSC Advances methane for producing low-carbon hydrogen. p. 12582–12597, 2020.
- SHIVA KUMAR, S.; HIMABINDU, V. Hydrogen production by PEM water electrolysis – A review. **Materials Science for Energy Technologies**, v. 2, n. 3, p. 442–454, 2019.
- SOARES, Juliana Ferreira. Produção de Hidrogênio a partir da fermentação anaeróbia de hidrolisados de resíduos agroindustriais. 2019. 96 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agroquímica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/16492/TES_PPGEA_2019_SOARES_JULIANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 09 maio 2020.
- TAMAGNINI, Paula; LEITÃO, Elsa; OLIVEIRA, Paulo. Biohidrogênio: produção de H_2 utilizando cianobactérias. produção de H_2 utilizando cianobactérias. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/bio3_000g7gq9ghm02wx5ok0wtedt3n4jlb3w.pdf. Acesso em: 15 maio 2020.
- TORRES, J. N. M. Produção de Hidrogênio a partir do bagaço de cana-de-açúcar por via fermentativa anaeróbia. [s.l.] Universidade Federal de Alagoas, 2018.



CAPÍTULO XV

ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E DADOS SATELITÁRIOS APLICADOS NA AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-15

Luis Májory Borges e Freitas ¹
Pedro Rogerio Giongo ²

¹ Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável, Universidade Estadual de Goiás, Campus Oeste, sede São Luís de Montes Belos, Go.

² Professor doutor do PPG em Desenvolvimento Rural Sustentável, Universidade Estadual de Goiás-UEG, Campus Sudoeste, unidade Santa Helena de Goiás- Go.

RESUMO

A qualidade da pastagem reflete diretamente na produtividade de carne, leite e seus derivados, além da qualidade socioambiental de uma determinada região. A avaliação da degradação de pastagens em áreas extensas pode ser feita por meio de índices de vegetação (IV), obtidos por sensores instalados em satélites em órbita. Este estudo teve como objetivo apresentar por meio de uma revisão de literatura, a aplicação do sensoriamento remoto, e índices de vegetação como indicadores da qualidade e quantidade das pastagens. Há grande variedade de satélites e imagens disponíveis, bem como as características de resolução espectral e espacial, são determinantes na seleção de produtos (IV), bem como a qualidade do produto final e a aplicação espacial da informação. Os índices de vegetação (NDVI, EVI e SAVI) são os mais aplicados na avaliação da qualidade de cobertura vegetal em pastagens, podendo ser relacionados aos dados de produtividade de massa e da cobertura vegetal pelas pastagens. As imagens de satélite associadas aos índices de vegetação, apresentam como opções viáveis e eficientes na avaliação da degradação de pastagem.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Índice de vegetação. Pastagens. Cerrado.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária constitui uma das principais atividades econômicas no Brasil. De acordo com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021), o valor bruto da produção pecuária no Brasil foi de 290,8 bilhões de reais em 2020. O rebanho bovino no Brasil em 2020 era de, aproximadamente, 218,2 milhões de cabeças. A alimentação deste rebanho é baseada, principalmente, em pastagens nativas e cultivadas. Segundo dados do IBGE (2019) a área de pastagens no Brasil era de 158,6 milhões de hectares.

Estima-se que cerca de 50% das pastagens brasileiras encontram-se fortemente degradadas. Sendo que apenas cerca 20% das pastagens no Brasil não apresentam degradação, o que compromete a produção pecuária qualitativa e quantitativamente, além de causar diversos danos socioambientais (DIAS-FILHO, 2014).

A avaliação da qualidade de pastagens pode ser realizada por diversos métodos, dependendo da extensão da área de interesse e dos parâmetros avaliados. Quando se trata de áreas extensas, como determinados municípios ou regiões, uma das ferramentas mais viável é o sensoriamento remoto, por meio de índices de vegetação, que permitem avaliar características da vegetação, como biomassa, área foliar, cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade (LIMA et al., 2013).

O diagnóstico quali-quantitativo das pastagens numa determinada região permite conhecer as condições das pastagens e seu potencial produtivo, que reflete diretamente na produtividade de carne, leite e seus derivados na região estudada. Ainda, a degradação de pastagens reflete diretamente na qualidade ambiental de uma determinada região, pois contribui na erosão do solo e assoreamento dos cursos d'água, devido ao aumento da impermeabilização e exposição do solo em detrimento da infiltração da água no solo.

Diante do exposto objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica a cerca do uso de geoprocessamento e índices de vegetação como forma da avaliação da qualidade das pastagens, quanto a cobertura vegetal.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A pastagem é a principal fonte de alimento volumoso da pecuária no Brasil, constituindo a forma mais econômica e prática de fornecer alimento aos rebanhos. As características climáticas do país favorecem a produção de pastagem em grande parte do ano, permitindo um custo de produção pecuária menor, se comparado com outros países. Entretanto, a deficiência no manejo, entre outros fatores, tem causado a degradação de uma parcela significativa das pastagens no país (DIAS-FILHO, 2014).

Segundo Zimmer et al. (2012), uma das características indicativas mais notadas no processo de degradação das pastagens é na capacidade de suporte animal ao longo do tempo. De acordo com Kichel et al. (2011), o diagnóstico da degradação numa determinada área de pastagem engloba os sistemas de produção predominantes na região, mercados a serem atingidos, o sistema de produção da fazenda, entre outros. São determinados os índices zootécnicos, como lotação animal, natalidade, mortalidade, nas áreas a serem recuperadas ou renovadas e também levantamento detalhado das condições das pastagens, tais como: histórico da área, análise do solo, declividade do terreno, condições de conservação do solo, estágio de vigor e cobertura da pastagem, presença de invasoras.

Em grandes extensões de área, o diagnóstico das pastagens se torna uma tarefa difícil e onerosa. Neste contexto, o sensoriamento remoto se apresenta como uma importante ferramenta para avaliar as características das pastagens (DIAS-FILHO, 2011).

Desde a década de 1970, principalmente após a criação dos programas Landsat e SPOT, o sensoriamento remoto tem sido utilizado intensamente para monitoramento e inventário da vegetação, tanto de pastagens como de outras diversas culturas e vegetação nativa. Sensores são instalados nos satélites em órbita, registrando imagens orbitais, variando quanto à resolução espacial, resolução temporal, bandas distribuídas nas regiões do visível, comprimento de ondas, entre outras variáveis (SPOT IMAGES, 2019).

Segundo Hott (2017), as alterações na cobertura vegetal de pastagens, causadas pelo consumo e pisoteio dos animais, variedades cultivadas e diversos aspectos de manejo, podem ser mensurados por índices de vegetação produzidos por imagens de sensoriamento remoto. As condições fenológicas das plantas têm influência direta na



interação com a energia incidida e irradiação ou reflectância, nas diversas bandas ou faixas do espectro eletromagnético, captadas pelos sensores dos satélites passivos, os quais dependem da energia solar.

De acordo com Epiphany (1996), as variáveis espectrais de sensoriamento remoto podem ser representadas de diversas formas, sendo muito usual aquela na qual a reflectância portada por cada banda individual são agrupadas de uma maneira específica, que se denomina índice de vegetação (IV). Os índices de vegetação têm sido usados, para a avaliação da vegetação de forma constante, nas últimas três décadas, seja via imagens satélites ou fotografias aéreas. Dentre eles, destacam-se o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), EVI (Índice de Vegetação Melhorado ou Realçado) e SAVI (Índice de Vegetação Ajustado para o solo) (HOTT, 2017).

De acordo com Santos e Negri (1997), o NDVI varia de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior o vigor da vegetação, mais densa a cobertura vegetal e maior a atividade fotossintética. Segundo Hott (2017), o NDVI é o índice de vegetação mais adequado para avaliação de grandes áreas homogêneas, independente de padrões associados à vegetação de determinados biomas ou atividade agropecuária, permitindo avaliar diversos parâmetros da vegetação, como o vigor vegetativo, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade.

Tais índices são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho (V) e infravermelho próximo (IVP) do espectro eletromagnético. Segundo Baret et al. (1989), estas duas bandas contêm mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação. De acordo com Hott (2017), a banda que atua no espectro do azul (Blue), bem como coeficientes de ajustes, também são usados para realce de características da vegetação e eliminação de ruídos.

Aquino e Oliveira (2012) utilizaram, para avaliação da dinâmica da cobertura vegetal por meio do NDVI, as bandas 3 e 4 de imagens orbitais do Landsat 5, adquiridas no INPE. Estas bandas apresentam valores de reflectância nos comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo e favorecem o estabelecimento de diferenças nas respostas espectrais para a vegetação.

Segundo Lopes et al. (2010), a avaliação da densidade da cobertura vegetal por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), representa uma forma de simplicidade e alta sensibilidade, os quais tornaram possível o monitoramento da

vegetação em escala global, fato que elege o NDVI como um indicador biofísico indispensável aos estudos de avaliação e monitoramento sazonal da degradação do ambiente de produção, em especial as pastagens.

Andrade et al. (2011), analisaram a degradação de pastagens plantadas, no estado de Goiás, usando dados do satélite SPOT (*Vegetation*) e declividade (*Slope*) e da taxa de alteração do NDVI. Assim, observaram correspondência, ao nível municipal, com os dados censitários de degradação de pastagens, além do uso prático da métrica de tendência linear (*Slope*), para a identificação do nível de degradação das pastagens, por meio de série temporal.

Pereira et al. (2018) realizaram um mapeamento da degradação das pastagens no cerrado brasileiro a partir da análise de série temporal de imagens MODIS/NDVI de 2001 a 2017, classificando as pastagens como degradadas (valores de NDVI menores que 0) e não degradadas (valores de NDVI acima de 0), detectando que 39% das pastagens do Cerrado se encontravam degradadas.

De acordo com Parente e Ferreira (2018), grande parte dos erros de pesquisas em pastagens, que utilizam sensores de resolução espacial baixa estão relacionados ao tamanho do pixel (resolução espacial), que impossibilita a separação de várias classes em uma área reduzida. Nesta perspectiva, o uso de imagens Sentinel 2 (pixel de 10 m) se constitui em alternativa viável para aumentar a acurácia dos produtos, além da precisão nos mapeamentos realizados em escalas regionais.

A série de satélites SENTINEL começou a ser lançada em 2014, e se desenvolveu a partir de um projeto da Agência Espacial Europeia (ESA)/Comissão Europeia em atendimento ao Programa Copernicus. A série tem o objetivo de dar continuidade à algumas missões antigas gerenciadas pela ESA, como ERS, ENVISAT e SPOT ao monitorar os recursos naturais terrestres, o uso e ocupação das terras, os ambientes marinhos, clima e desastres naturais (ESA, 2021).

O Sentinel-2A foi o primeiro satélite óptico da série a ser operado pela ESA, ele foi lançado em 2015 e leva a bordo o sensor multiespectral MSI com 13 bandas espectrais, variando de 443 a 2190 nm, com resolução espacial de 10m para as bandas do visível, 20m para o infravermelho e 60m para as bandas de correção atmosférica. Suas aplicações são para o monitoramento da agricultura, florestas, zonas costeiras, águas interiores, desastres naturais e uso e ocupação das terras. Assim como seu

antecessor, o Sentinel 2-B, lançado em 2017, também assume os mesmos objetivos inclusive com o mesmo sensor MSI (ESA, 2021).

Nos últimos anos, diversas pesquisas em pastagens têm sido realizadas utilizando imagens dos satélites da Missão Sentinel, mostrando que os dados obtidos pelo processamento de imagens destes satélites podem ser aplicados para o monitoramento de pastagens, nos mais diversos ambientes da Terra, pois os sensores apresentam boas opções quanto as resoluções espacial e espectral.

Segundo Punalekar et al. (2018), que realizaram estudos sobre pastagens na Inglaterra, a missão Sentinel 2 tem alto potencial para mapear a dinâmica de biomassa presente na pastagem, uma vez calculado o Índice de Área Foliar - LAI/NDVI para as bandas de 10 metros de resolução. Ao comparar os resultados obtidos de processamento digital com os medidos em campo (reflectância da copa, LAI e altura do dossel), observaram que as imagens do Sensor MSI podem ser usadas para monitorar gramíneas e produtividade em pastagens.

Lugassi et al. (2019), utilizaram Índices de Vegetação de imagens Sentinel 2 para mapear a qualidade ecológica de pastagens em Israel, comparando com análises laboratoriais de proteína bruta e fibra detergente neutro presentes no pasto. Concluíram que há um alto potencial de uso de imagens Sentinel 2 nesses estudos e que são necessárias mais pesquisas em áreas de estudo distribuídas por todas as regiões geográficas.

Brito et al. (2020), em levantamento da qualidade de pastagens no Triângulo Mineiro utilizando imagens Sentinel 2 (2018 e 2019), detectaram que 63,70% das áreas de pastagens na Sub-bacia do Ribeirão Douradinho apresentaram grau de degradação baixo a moderado, obtendo uma acurácia muito boa, correspondente ao Índice Kappa de 0,72.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há grande variedade de satélites e imagens disponíveis, bem como as características de resolução espectral e espacial, são determinantes na seleção de produtos (IV), bem como a qualidade do produto final e a aplicação espacial da informação.

Os índices de vegetação (NDVI, EVI e SAVI) são os mais aplicados na avaliação da qualidade de cobertura vegetal em pastagens, podendo ser relacionados aos dados de produtividade de massa e da cobertura vegetal pelas pastagens.

As imagens de satélite associadas aos índices de vegetação, apresentam como opções viáveis e eficientes na avaliação da degradação de pastagem.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. G.; TEIXEIRA, A. H. DE C.; LEIVAS, J. F.; NOGUEIRA, S. F.; BAYMA, G.; VICTORIA, D. D. C.; GOMES, A. F. **Monitoramento de processos de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation**. Campinas: EMBRAPA - Monitoramento por Satélite, 2011. 16 p. Boletim de pesquisa e desenvolvimento.
- AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. Estudo da dinâmica do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no Núcleo de São Raimundo Nonato-PI. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, n. 31, p. 157 - 168, 2012.
- BARET, F.; GUYOT, G.; MAJOR, D. TSAVI. A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or APAR estimation. In: Canadian Symposium on Remote Sensing. Vancouver, 1989.
- BRITO, B. N.; BRITO, Jorge L. S. Mapeamento de qualidade em pastagens do Cerrado por meio de imagens Sentinel 2. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 24, p. 44, 2020.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. EMBRAPA Amazônia Oriental. 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém, PA, 2011.
- DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2014. 36 p.
- EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.
- EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Sentinel online**. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions>>. Acesso em: 18 de abril de 2021.
- IBGE. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 04 de outubro de 2019.
- HOTT, M. C. **Análise espaço-temporal do desenvolvimento das pastagens na Zona da Mata de Minas Gerais com o uso de imagens NDVI do Sensor Modis / Terra**. Universidade Federal de Lavras. Tese de Doutorado. (Programa de pós graduação em Engenharia Florestal) 2017. 179p.



- KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A. da; VERZIGNASSI, J. R.; QUEIROZ, H. P. de. **Diagnóstico para o planejamento da propriedade**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2011. 42 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 182).
- LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Ambi-Agua**. Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.
- LOPES, H. L.; CANDEIAS, A. L. B.; ACCIOLY, L. J. O.; SOBRAL, M. DO C. M.; PACHECO, A. P. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, p.1210-1219, 2010.
- LUGASSI, R.; ZAADY, E.; GOLDSHLEGER, N.; SHOSHANY, M.; CHUDNOVSKY, A; Spatial and Temporal Monitoring of Pasture Ecological Quality: Sentinel-2-Based Estimation of Crude Protein and Neutral Detergent Fiber Contents. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, 2019.
- MAPA – **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Agropecuária Brasileira em Números. Dados de 2018. Brasil. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>>
- PARENTE, L. L.; FERREIRA, L. G. Assessing the Spatial and Occupation Dynamics of the Brazilian Pasturelands Based on the Automated Classification of MODIS Images from 2000 to 2016. **Remote Sensing**, v. 10, n. 4, p. 1-14, 2018.
- PEREIRA, O.J.R.; FERREIRA, L.G.; PINTO, F.; BAUMGARTEN, L.; Assessing Pasture Degradation in the Brazilian Cerrado Based on the Analysis of MODIS NDVI Time-Series. **Remote Sensing**, v. 10, n. 11, p. 1-14, 2018.
- PUNALEKAR, S. M. Application of Sentinel-2A data for pasture biomass monitoring using a physically based radiative transfer model. **Remote Sensing of Environment**, v. 218, p. 207-220, dec. 2018.
- SANTOS, P.; NEGRI, A. J. A comparasion of the normalized difference vegetation index and rainfall for the Amazon and northeastern Brazil. **Journal of applied meteorology**. Washington, v. 36, n. 7, p. 958-965. 1997.
- SPOT IMAGE. **Sirius online: localisation & critères**. Disponível em: <<http://sirius.spotimage.fr/>>. Acesso em: 14 out. 2019.
- ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2012. 42 p.



CAPÍTULO XVI

MINERAÇÃO E A EXPANSÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA- PA: ANÁLISE MULTITEMPORAL NOS ANOS DE 2004 A 2014

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS1051-16

Carla Fernanda Andrade Costa Amaral ¹
Orleno Marques da Silva Junior ²
Ricardo Ângelo Pereira de Lima ³

¹ Mestranda em Geografia. Universidade Federal do Amapá– UNIFAP

² Pesquisador do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá(IEPA). Professor do Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGEO/UNIFAP).

³ Professor Associado II da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), pós-doutor em Geografia, pelo PPGEO/UFPA, bolsista FAPESPA/CAPEs e pesquisador do GAPTA/CNPq.

RESUMO

No cenário amazônico, a mineração é uma das atividades que permanece em constante desenvolvimento. No estado do Pará ela tem um papel de extrema relevância, pois é responsável por grande parte do PIB do estado, assim como exerce um papel em configuração e reconfiguração territorial a partir de uma lógica global, sendo também um vetor de transformação e influência no surgimento de localidades ligadas a esta atividade dinâmica, catalisando o espraiamento da malha urbana, assim este trabalho têm como objetivo relacionar a exploração mineral no município de Itaituba com a sua expansão urbana nos anos de 2004 a 2014. Para a elaboração deste trabalho foram utilizados dados do projeto TerraClass que qualifica o uso e cobertura da terra na Amazônia Legal Brasileira. A partir da análise dos dados observou-se que o crescimento da mineração influenciou o processo de expansão urbana do município. No ano de 2005 houve uma nova ascensão desta atividade, após a liberação de processos de concessão de lavra, pesquisas minerais e também de emissão de títulos minerários que despertaram maior interesse pela exploração mineral no município. Desta forma conclui-se que a mineração é um vetor de reconfiguração territorial e que o município de Itaituba é influenciado por esta dinâmica.

Palavras-chave: Território. Mineração. Uso e Cobertura da Terra. Itaituba.

1. INTRODUÇÃO

As intervenções antrópicas agressivas ao meio ambiente atreladas a processos naturais do planeta têm levado a um desequilíbrio dos ecossistemas no mundo contemporâneo. No que se refere à questão ambiental o aquecimento global tem ganhado destaque como um dos problemas mais ameaçadores para a permanência da vida na Terra (NOBRE et al., 2012, CRUZ et al., 2014).

Um dos setores que mais se destaca no cenário econômico brasileiro é o setor mineral. Nesse sentido Mechi e Sanches (2010) afirmam que praticamente toda atividade mineral implica supressão da vegetação ou impedimento de sua regeneração. Isso provoca

desmatamento da área onde ainda que o projeto ou a empresa responsável pela atividade mineradora tenha que fazer compensação florestal, segundo esses autores, não há compensação que seja totalmente eficaz.

Esse desmatamento ganha destaque principalmente na região amazônica, pois esta passou e constantemente tem passado por alterações territoriais ao longo dos anos. Sendo atualmente reflexo da forma de ocupação que se deu no início do século passado, ocorrendo sempre em uma perspectiva exógena ao lugar (CASTRO e CAMPOS, 2015). Para o entendimento dessa alteração, é necessário compreender a interação entre processos locais e a dinâmica dos mercados globais (BECKER, 1982).

No que diz respeito a essas relações que ocorrem no local e no global, a atividade mineradora ocupa este limiar operando dentro do território brasileiro através da extração mineral e exportação, assim como no exterior com relações econômicas e políticas, como exemplo, se pode citar a atual Vale, sendo a maior mineradora que atua no estado. No estado do Pará, a mineração ocupa uma posição de destaque contribuindo de forma significativa no PIB.

De acordo os dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), o estado do Pará pelo segundo ano seguido foi o maior gerador da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) com R\$ 3,1 bilhões, com destaque para o minério de ferro, responsável por 85,77% de toda a arrecadação estadual (PARÁ, 2021). Embora esses índices sejam elevados, o que resta na maioria das vezes à população em



geral é múltiplos impactos, configurando-se em uma geografia desigual, dos proveitos e dos rejeitos (PORTO-GONÇALVES, 2006).

Diante da importância que o setor mineral tem dentro do município de Itaituba e tendo em vista a sua influência na dinâmica territorial do mesmo, este trabalho tem como objetivo geral relacionar a exploração mineral no município de Itaituba com a sua expansão urbana.

A abordagem metodológica compreende a utilização dos dados do Projeto TerraClass, já publicados, os anos de 2004 a 2014. É importante considerar JENSEN (1986) ao recomendar que em estudos sobre mudanças de uso da terra se comparem imagens com intervalo de cinco a sete anos.

2. ORDENAMENTO TERRITORIAL E DESDOBRAMENTOS EM ITAITUBA

2.1. UMA BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DO TERRITÓRIO

As dinâmicas espaciais vislumbradas no território são reflexos de uma construção geopolítica que está atrelada a valores e símbolos, manifestados por relações de poder. Assim essas dinâmicas configuram o espaço geográfico através das relações que nele se estabelecem, imbricando em configurações e reconfigurações territoriais, a partir das apropriações e usos que os indivíduos fazem do espaço geográfico. Raffestin (1993) estabelece a compressão de que o território se forma a partir do espaço, é o resultado de uma ação conduzida por um ator sintagmático (ator que realiza um programa) em qualquer nível (RAFFESTIN, 1993. p. 143).

Esta territorialização que o autor aborda é a forma como os sujeitos vão se apropriar do espaço e este passará a ter um valor para o indivíduo e não será mais somente uma fração de um recorte espacial, mas terá uma significação enxertada de valores, símbolos, de vida. Nesse perspectiva, compreende-se a necessidade da abordagem territorial, no entendimento do território como território usado.

Esta é a visão de território aqui defendida, Rogério Haesbaert (2005) aborda que o território não é um espaço neutro, mas fruto de constantes disputas de poder e este com caráter híbrido:

Território, assim, em qualquer acepção, tem a ver com poder, mas não apenas ao tradicional “poder político”. Ele diz respeito tanto ao poder no

sentido mais concreto, de dominação, quanto ao poder no sentido mais simbólico, de apropriação. (HAESBAERT, 2005.p.6774)

A gestão do território ocorre por meio de políticas de Ordenamento Territorial (OT), que deveriam levar em consideração as relações que nele se estabelecem relações entre o homem e o espaço natural ou físico, regidos por um sistema que propondo essa organização da base física do território, reflete no modo de vida da sociedade (em aspectos imateriais, como qualidade de vida), a ordem pressupõe minimização das demandas das sociedades, pois o espaço é organizado em virtude de interesses hegemônicos, específicos e divergentes, por isso Haesbaert acredita que são mais políticas de “des-ordenamento territorial”. (HAESBAERT, 2006).

2.2. O GEOPROCESSAMENTO PARA ESTUDOS DE USO E COBERTURA

Neste trabalho foram utilizadas técnicas de Geoprocessamento para obter espacialização das informações com a finalidade de mapas demonstrando as mudanças na cobertura da terra.

Para estudos de caráter investigativo, no que diz respeito a identificação das mudanças ocorridas na superfície, Watrin (2009) infere que o sensoriamento remoto e o geoprocessamento apresentam-se como ferramentas valiosas para subsidiar os mesmos, sobretudo no âmbito de ambientes tropicais, pois proporcionam uma série de informações valiosas sobre esses ecossistemas que vêm sofrendo rápidas mudanças.

Para a compreensão de dinâmicas de uso da terra é necessário pensar como as sociedades se apropriam e reproduzem suas atividades em uma porção territorial. Para Oliveira (2016) uma mudança na terra em um local pode consistir de uma mudança na utilização ou modificação de intensidade de uso (aumento da pressão de pastagem, a supressão da matéria orgânica ou fertilização).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

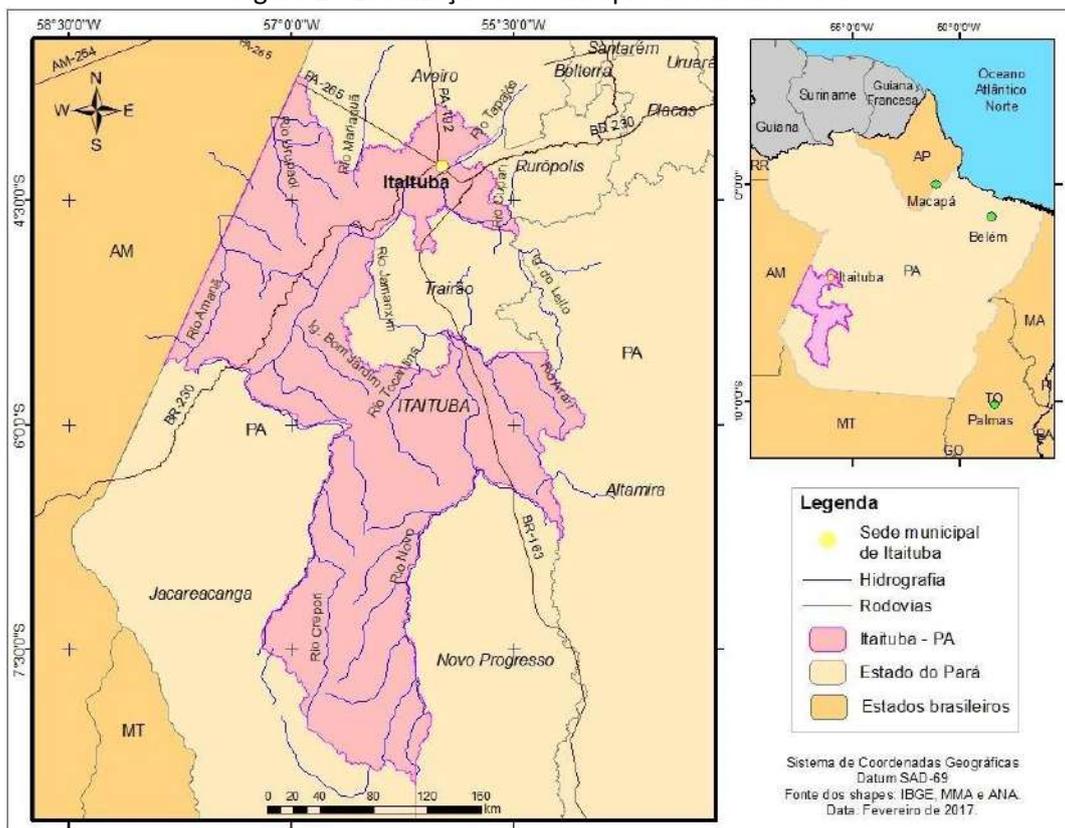
Localizado na, região Norte do Brasil, na mesorregião do sudoeste paraense ,possui as coordenadas 04º 16’ 34’’ S e 55º 59’ 01’’ W, o município de Itaituba limita-se a oeste com o estado do Amazonas, a leste com os municípios de Altamira, Rurópolis e Trairão, a sul com Novo Progresso e ao norte com o município de Jacareacanga.



Segundo dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no último censo de 2010, Itaituba possuía uma população de 97.493 habitantes, sendo distribuídos numa unidade territorial de aproximadamente 62 mil km². O município é cortado ao norte pela Transamazônica e pela BR 163 (Cuiabá-Santarém) que perpassa pelo centro do município apresentando uma parte pavimentada e outra não pavimentada até mesmo dentro do território itaitubense. Por estar localizado às margens do rio Tapajós, o município conta com este eixo fluvial que é importantíssimo para as relações econômicas e sociais que são estabelecidas no território.

Na figura 1 é apresentada a localização do município, assim como as principais rodovias e rios que fazem parte do mesmo, podendo ser notada a distribuição geográfica da cidade nas margens do Rio Tapajós:

Figura 1 - Localização do município de Itaituba – PA



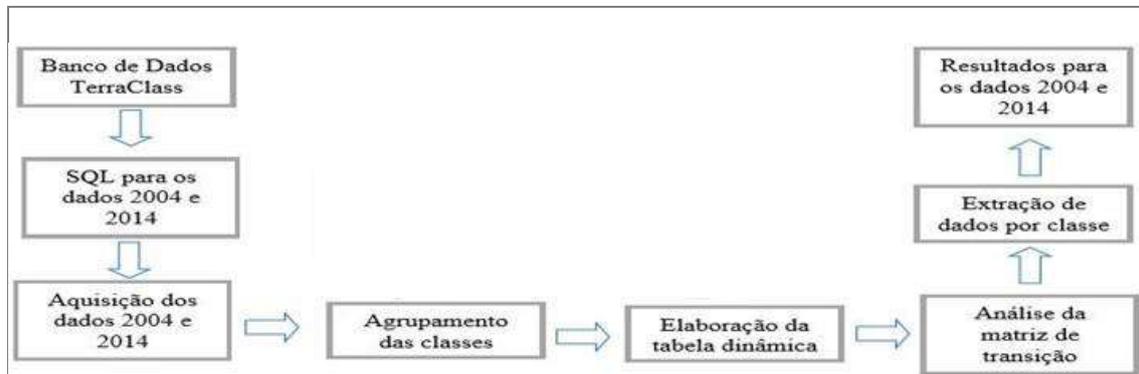
Fonte: Autoria própria

3.2. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foram feitas algumas operações na plataforma TerraAmazon, que possibilitaram adequação das classes a serem trabalhadas. Os dados

utilizados de 2004 e 2014, são a versão mais atualizada até o momento. Na figura 2 há uma descrição das etapas de acordo com a sequência metodológica estabelecida neste trabalho:

Figura 2 - Etapas metodológicas



Fonte: Autoria própria, 2021.

O projeto TerraClass utiliza uma chave de interpretação com 16 classes, porém considerando o objetivo deste trabalho, as classes temáticas não foram utilizadas seguindo a mesma divisão do projeto, foi feito agrupamento das classes, segundo consta no quadro 1.

Quadro 1. Detalhamento do agrupamento de classes

Classes	Agrupamento
Área não observada, hidrografia, não floresta e outros	Outros
Floresta e desflorestamento	Floresta
Pasto limpo, pasto sujo, pasto com solo exposto e regeneração com pasto	Pastagem

Fonte: Autoria própria, 2021.

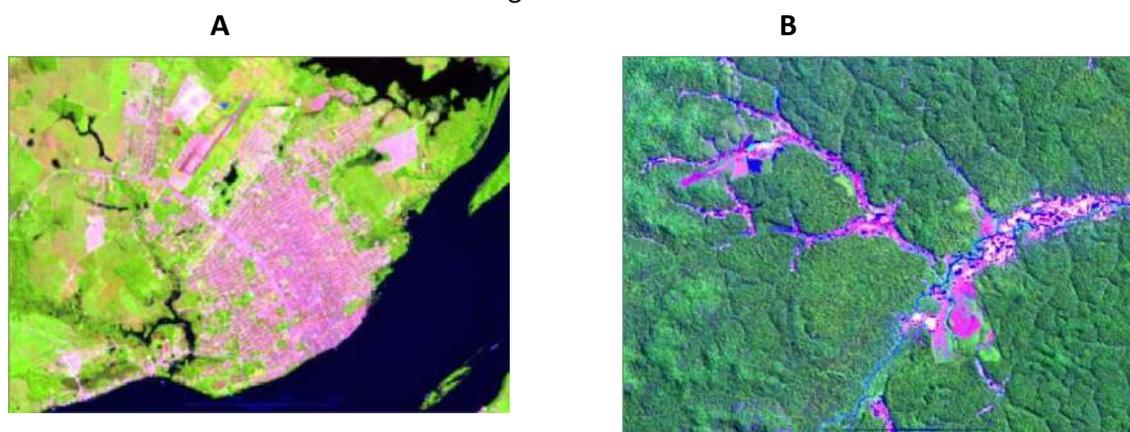
As demais classes foram analisadas isoladamente, visto a sua relevância para o desenvolvimento deste trabalho.

3.3. MAPEAMENTO DE MINERAÇÃO E ÁREA URBANA EM UMA IMAGEM DE SATÉLITE

Como a análise em questão são as áreas de mineração e as áreas urbanas, na figura 3 é possível perceber como estas feições podem ser identificadas em uma imagem de satélite.



Figura 3 - A) Área Urbana vista em uma imagem Landsat 5-TM. B) Área de Mineração vista em uma imagem Landsat 5-TM



Fonte: Autoria própria, 2021.

As imagens utilizadas são oriundas dos sensores TM e LISS, do satélite Landsat 5, que possui média resolução espacial, com 30 metros. O município de Itaituba compreende 12 órbitas-ponto, sendo 227062, 227063, 227064, 227065, 227066, 228062, 228063, 228064, 228065, 229062 e 229063. Após a identificação das órbitas que fazem parte do município, foi feito um recorte das imagens para restringir a área de estudo.

4. REPERCURSSÕES SOBRE O USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO ITAITUBA

Ao analisar a matriz de transição entre os dados do TerraClass 2004 e 2014 observa-se que há relação entre o crescimento das áreas de mineração e a expansão urbana no município de Itaituba.

A classe de mineração teve um aumento total de mais de 72%, pois em 2004 essa classe possuía 147,58 km² passando em 2014 para 254, 51 km², sendo que a classe que mais cedeu área para a mineração foi a vegetação secundária, cedendo 70,60 km², que representam 47,84 % do incremento total.

Tabela 1 - Matriz de transição das classes TerraClass 2004 e 2014

Classes de Uso e Cobertura do município de Itaituba

Área 2004 (Km²)	Área 2014 (Km²)							Total Geral
	Área Urbana	Floresta	Mineração	Mosaico de Ocupações	Outros	Pastagem	Vegetação Secundária	
Área Urbana	19,47	-----	-----	-----	-----	0,00	-----	19,47
Floresta	0,61	55605,29	59,93	27,51	38,25	1006,46	339,56	57077,60
Mineração	1,08	0,00	88,78	2,07	2,50	25,14	27,95	147,58
Mosaico de Ocupações	2,13	0,00	2,54	12,21	1,32	40,24	35,08	93,54
Outros	3,34	0,00	6,65	3,42	1307,79	88,95	23,42	1433,57
Pastagem	22,08	0,00	26,02	48,73	10,96	1565,25	547,92	2220,99
Vegetação Secundária	2,63	0,00	70,60	32,37	10,72	226,66	697,96	1041,04
Total Geral	51,34	55605,72	254,51	126,30	1371,54	2952,70	1671,88	62033,79

Fonte: INPE e Embrapa, 2004 e 2014.

Uma proposição para tal crescimento pode ser justificada pelo Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM-2030, 2010, p. 42): ao apontar que a produção de ouro tem crescido no Brasil desde 2005, com o desenvolvimento de novos projetos e expansões das minas em atividade, atingindo 57 toneladas em 2009. O principal estímulo tem sido a crescente valorização das cotações deste bem mineral. A cotação é medida em onça, sendo uma unidade de grandeza de massa equivalente a 28, 349 g.

Em 2001 a cotação média foi de US\$ 273 /oz, em 2008, US\$ 872/oz e, em 2010, atingiu a marca de US\$ 1.300/oz, revelando expressiva preferência pelo ouro como um ativo de segurança, em momentos de crise financeira.

As reservas brasileiras de ouro são da ordem de 2.000 toneladas , considerando-se as reavaliações em diversas empresas produtoras. O ouro também tem sido a substância mineral mais procurada no Brasil, com investimentos para pesquisa mineral da ordem de R\$ 580 milhões, entre 2004 e 2008. As exportações atingiram, em 2009, cerca de US\$ 1,4 bilhão. Atualmente, Minas Gerais e Bahia são os maiores produtores no Brasil, seguidos por Goiás, Mato Grosso e Pará.

É importante destacar que em 2004, segundo o então Departamento Nacional de Produção Mineral – NPM, agora denominado Agência Nacional de Mineração, (2017)

o estado do Pará possuía 13.443 títulos minerários, deste total 8.346 estavam em Itaituba, logo, o município tem uma participação extremamente significativa nessa atividade. Atingindo em 2012 uma contribuição de 54% no PIB da RI Tapajós. Não obstante, de acordo com os dados do IBGE (2010) da população de 97.490 habitantes, aproximadamente 12% vivem em situação de extrema pobreza, sobrevivendo com até US\$ 70,00 por mês, logo isso aponta de forma simplória que; apesar do desenvolvimento desta atividade, existe uma distribuição desigual de renda e de serviços, que influenciam em tais condições.

Corroborando o Departamento Nacional de Produção Mineral (2004) por meio do Relatório de Atividades aponta que as principais metas operacionais traçadas para o ano de 2004 para o estado do Pará foram:

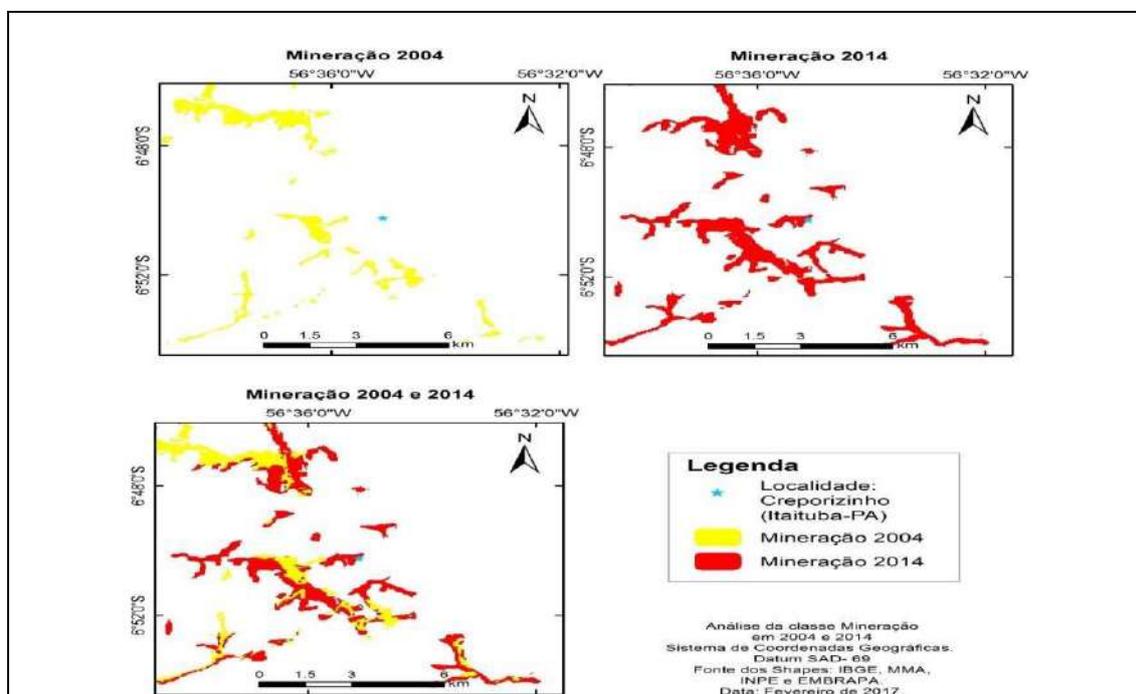
- Emissão de 14.000 Títulos Minerários;
- Continuação da depuração na base de dados do Cadastro Mineiro;
- Implementação do Manual de Procedimentos Técnicos de Outorga de Títulos e Gestão Processual;
- Controle de áreas mais eficiente e transparente em Sistema de Informações Geográficas, continuação da implementação/Utilização de bases cartográficas digitais georreferenciadas em escalas compatíveis, acopladas aos overlays das poligonais do controle de áreas.
- Incremento dos dados auxiliares de controle de área digitais, georreferenciados (APA, reservas indígenas, gasoduto, barragens, etc);
- Maior controle no trâmite de processos;
- Relatórios gerenciais periódicos padronizados gerados eletronicamente.

O ano de 2004 foi um marco de muitas retomadas ligadas às atividades minerárias em Itaituba de acordo com (SCHUBER, 2013, p. 79): a indústria canadense Magellan Minerals, começou a partir de 2004, a adquirir os direitos de exploração mineral concedidos pelo DNPM, no distrito aurífero famoso chamado Cuiú-cuiú, próximo ao rio Crepori, na RI Tapajós. Em 2005 celebrou um acordo com os “donos de garimpo”, totalizando 47 mil hectares de terras para exploração de ouro nessa região.



Como se pode observar na figura 4 houve um aumento desta atividade, pode-se observar em amarelo o ano de 2004 e em vermelho o ano de 2014 e na quadrícula 3 a transição entre os anos.

Figura 4 - Análise da classe Mineração para os anos 2004 e 2014 em Itaituba – PA



Fonte: Autoria própria.

Ainda segundo Schuber (2013) outras questões também estão influenciando nesse reaquecimento econômico do município como, por exemplo, a conclusão do asfaltamento da BR 163 (Cuiabá-Santarém), construção de terminais de transbordo de carga (grãos) no distrito de Miritituba e os estudos de implantação do Complexo Hidrelétrico do Tapajós.

Todas essas infraestruturas implantadas no território levam ao crescimento da população urbana, porém nessa nova fase da garimpagem no município predomina uma forma mais mecanizada com o incremento de máquinas e de equipamentos que fazem o beneficiamento do ouro. Isso provoca um crescimento econômico, porém ao mesmo tempo não implica necessariamente num desenvolvimento social, pois aspectos sociais como: violência, desemprego e miséria atingem a maioria da população residente que está ligada à atividade no garimpo, porém, na sua forma ainda mais rudimentar. Com a inserção de maquinário de ponta no beneficiamento é necessário mão-de-obra

especializada, a exemplos de outros projetos desenvolvidos na Amazônia, em que a mão-de-obra, em sua maioria, é externa e qualificada.

Como pode ser verificada na Tabela 1, a classe de área urbana possuía em 2004 uma área de 19,47km² passando em 2014 para 51,34 km², essa classe recebeu com maior expressividade da classe de pastagem, sendo 22,08 km². Isto representa um incremento total em área de 163,68%, dos quais 113,40% são apenas de pastagem.

Nesse sentido, de acordo com os dados do IBGE, a população de Itaituba passou de 94.750 habitantes em 2000 para 97.493 em 2010, atingindo em 2007 uma população de 118,194 habitantes, desse total, cerca de 70% da população é residente em áreas urbanas e 26% em áreas rurais, de acordo com (SCHUBER, 2013).

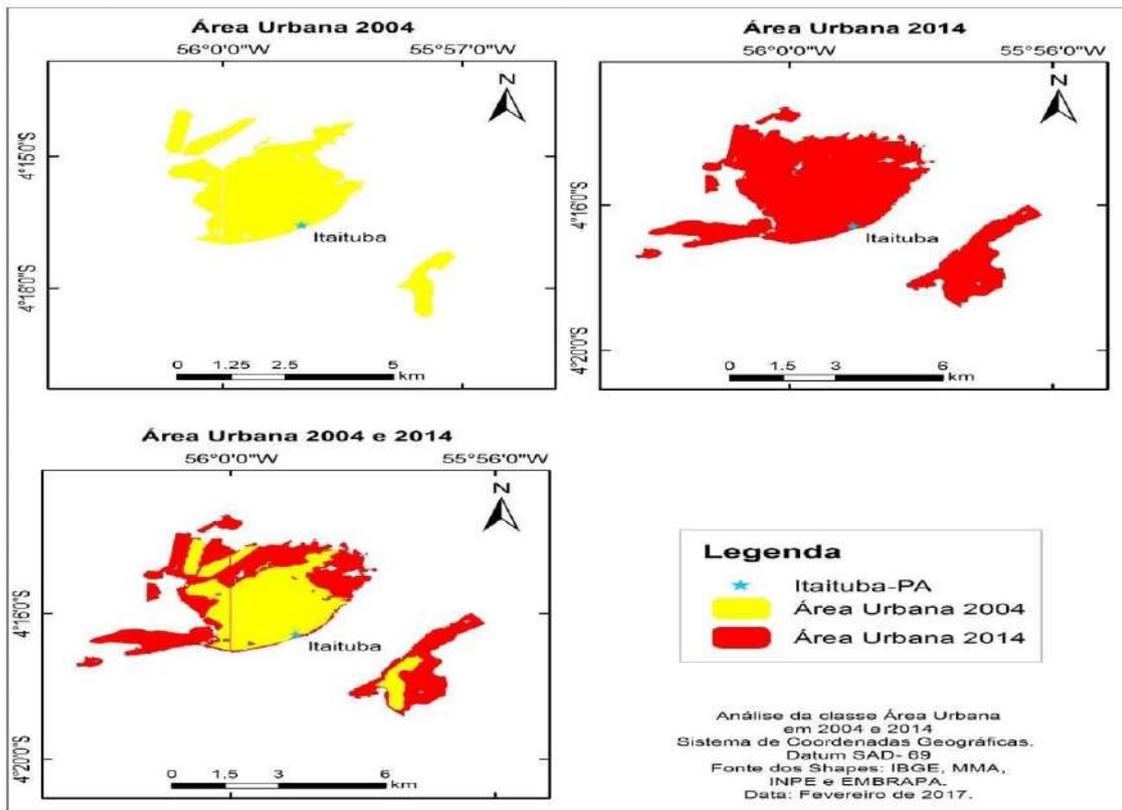
Essa expansão da área urbana também reflete a movimentação de pessoas associadas diretamente dos garimpos, após seu fechamento, seguindo para a cidade de Itaituba ou para outros pontos de ocorrência de ouro. Além disto, há a construção de moradias para a especulação que se tem em relação aos atuais projetos que se discutem para o município, fazendo assim com que haja uma especulação imobiliária com relação à chegada desses imigrantes para o município.

Parte da população que possui rendimentos guardados da época do garimpo estão investindo na construção de casas para aluguel, já prevendo a chegada de grande massa de imigrantes provenientes da implantação desses projetos esperados para o município. (SCHUBER, 2013, p. 118).

Na figura 5 é possível notar a expansão da malha urbana ocorrida entre os anos de 2004 e 2014, fazendo assim uma inferência de que esses processos de expansão só tendem a aumentar tendo em vista as especulações que têm se voltado para o município a partir de 2005.



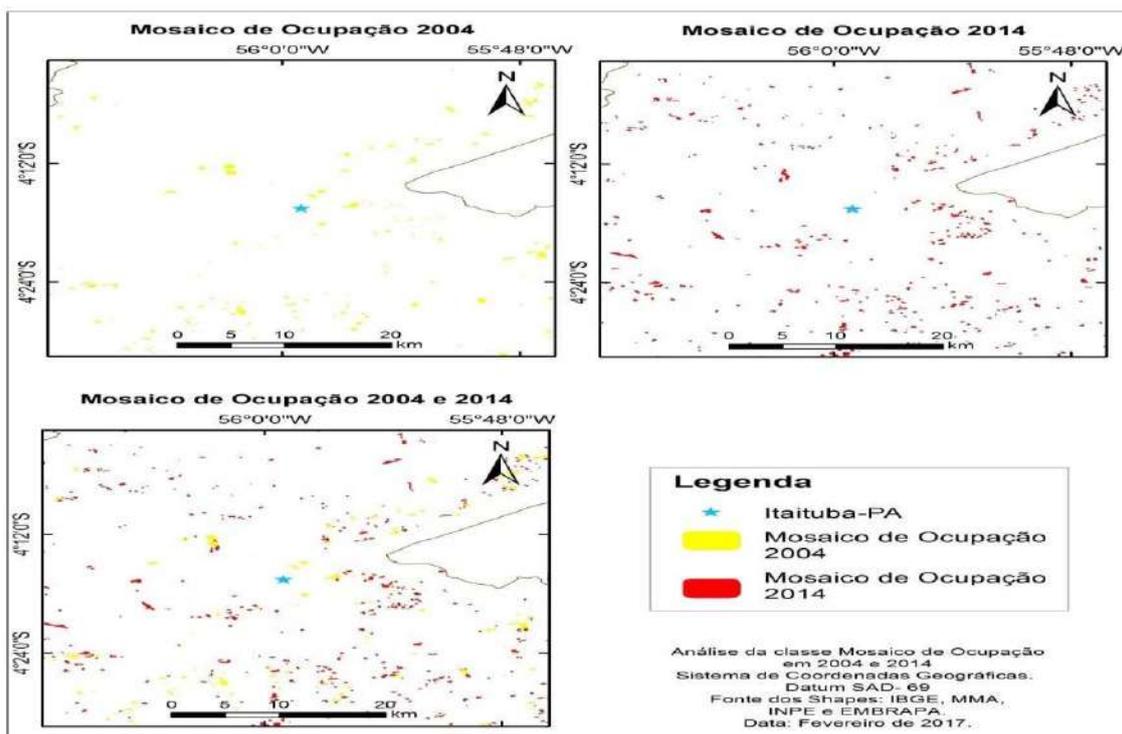
Figura 5 - Análise da classe Área Urbana para os anos 2004 e 2014 em Itaituba – PA



Fonte: Autoria própria.

No território também podem ser notadas expansões populacionais e surgimento de pequenas culturas, assim pode-se citar a classe mosaico de ocupações, observada na figura 9, possuía 93,54 km² no ano de 2004, passando para 126,30 km² no ano de 2014 (incremento total de 35%). Desse total, apenas 12,21 km² permaneceu de 2004, tendo um incremento das classes de pastagem (48,73 km²), vegetação secundária (32,37 km²) e floresta (27,51 km²).

Figura 6 - Análise da classe Mosaico de Ocupação para os anos 2004 e 2014 em Itaituba - PA



Fonte: Autoria própria.

É comum nas áreas de garimpo surgirem populações ao seu entorno, geralmente garimpeiros que trazem suas famílias de outros lugares, ou grupo de trabalhadores que se aloca nas proximidades dos locais de trabalho, nesse sentido supõe-se que as áreas de mosaico de ocupações podem estar relacionadas à “currutelas¹”; uma vez que essas populações acompanham as flutuações da produção e do preço do ouro.

Os demais usos no território do município são de extrema importância para nortear políticas de gestão e ordenamento territorial, com relação ao desmatamento na área, a classe de floresta apenas apresenta supressão de sua área, tendo uma queda de 2,65 %, passando de 57077,60km² em 2004, para 55605,72km² em 2014.

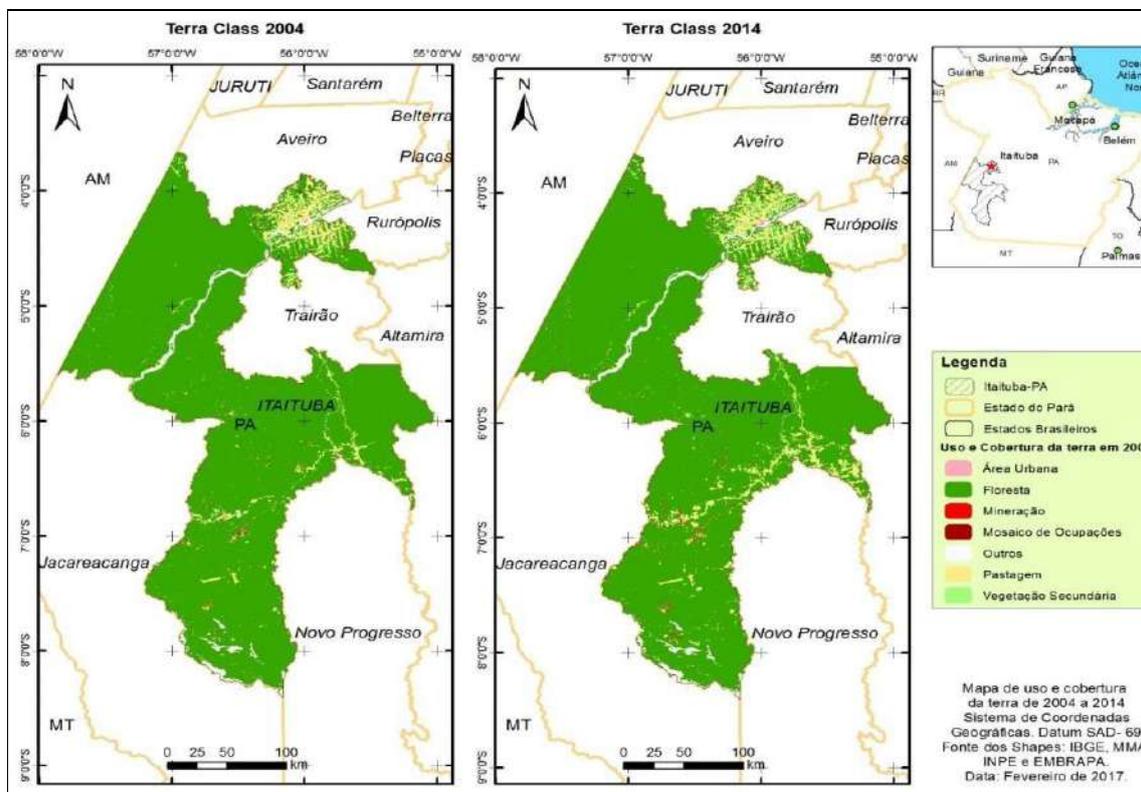
De acordo com o Relatório Técnico da Região de Integração do Tapajós, 2014, nas últimas décadas, os desmatamentos cresceram animados pela expansão da fronteira, seja pela via do garimpo ou pela atividade agropecuária. Nessas áreas ainda é regra a antiga política da “terra nua” estimulada pelo Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), nos anos de 1970. Por outro lado, pecuaristas mais capitalizados incrementaram o desmatamento em acentuadas proporções, isso é possível observar

¹ Currutela: é a denominação dos núcleos populacionais associados às áreas de garimpo.

tanto em viagens fluviais, terrestres e, principalmente, por meio da interpretação de imagens de satélite. Portanto esta é a atividade econômica que mais contribui para o desmatamento na região em foco.

Na figura 7, verifica-se a distribuição das demais classes representando a espacialização do Uso e Cobertura da Terra no município de Itaituba no período estudado. Os dados confirmam que houve um crescimento significativo da classe de pastagem, que se justifica pelas estruturas que estão se modificando, no sentido, estrada e rodovias.

Figura 7 - Análise de Uso e Cobertura da terra para os anos 2004 e 2014 em Itaituba - PA



Fonte: Autoria própria.

Essa representação, possível através de estudos de uso e cobertura é de grande importância para compreender de que forma está se dando esta dinâmica no município,

permitindo perceber as nuances de atividades desenvolvidas no território e de que forma elas influenciam em mudanças, sendo uma ferramenta para a gestão territorial.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho foi possível avaliar que o crescimento da mineração contribui significativamente para o processo de expansão urbana do município de Itaituba, e que dinâmica de urbanização oscila conforme os ciclos de desenvolvimento da atividade, mas que, ao longo do período estudado (2004 - 2014), mostrou uma ascensão constante possibilitada pela liberação de processos, pesquisas e títulos para o incremento e reforço dessa atividade, despertando o interesse de empresas multinacionais à exploração mineral do ouro no município.

Não obstante, apesar de reunir um número elevado de direitos minerários, o município é um dos que concentra grande quantidade de pessoas vivendo em situação de extrema pobreza, ou seja, vivendo com até US\$ 70,00 por mês. Portanto, embora a mineração influencie significativamente na formação da realidade socioespacial e econômica de Itaituba, esta representa poucos ganhos tanto do ponto de vista do desenvolvimento social quanto de um crescimento econômico mais efetivo, uma vez que a economia municipal oscila em demasia conforme o estímulo e o desestímulo desta atividade.

REFERÊNCIAS

- BECKER, B.K. **Geopolítica da Amazônia**: a nova fronteira de recursos. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.
- CASTRO, E. R; CAMPOS, Í. Formação Socioeconômica e Desenvolvimento Regional na Amazônia. In: CASTRO, E. R; CAMPOS, Í. **Formação Socioeconômica da Amazônia**. Org. Belém: NAEA, 2015.
- CRUZ, F.R.M. SILVA, L. A. da. PEREIRA, E. M. LUCENA, R.L. Discussões sobre as mudanças climáticas globais: os alarmistas, os céticos e os modelos de previsão do clima. **GeoTextos**, vol. 10, n. 1, jul. 2014.
- HAESBAERT. Rogério. Da desterritorialização à multiterritorialidade. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**. São Paulo. 2005.
- _____. Ordenamento Territorial. **Boletim Goiano de Geografia**. v.26. n.1, jan/jun.2006.
- JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing**. New Jersey: Prentice-Hall, 1986.



- MECHI, M, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. In: **Revista Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v24n68/16.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2021.
- NOBRE, C. A. REID, J. VEIGA. A. P. S. **Fundamentos Científicos das Mudanças Climáticas**. São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, 2012.
- OLIVEIRA, Rodrigo Rafael Souza de; VENTURIERI, Adriano; SAMPAIO, Sandra Maria Neiva; LIMA, Aline Maria Meiguins de; ROCHA, Edson José Paulino da. Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra das Regiões de Integração do Araguaia e Tapajós/PA, para os anos de 2008 e 2010. **Revista Brasileira de Cartografia**, Jul/Ago/2016.
- PARÁ. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia. **Economia mineral: sinopse da produção mineral do Pará - 2020**. Belém, 2021. Disponível em: <https://sedeme.pa.gov.br/economia-mineral>. Acesso em 26 nov. 2021.
- PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. **A globalização da natureza e a Natureza da Globalização**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.
- RAFFESTIN, C. **Por Uma Geografia do Poder**. São Paulo: Ática, 1993.
- SCHUBER. E. S.M. **Influência da atividade garimpeira na dinâmica urbana das cidades amazônicas: o caso de Itaituba-PA**. 99f.i. Dissertação de mestrado. Programa de Pós- Graduação em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia. Belém, 2013.
- WATRIN, Orlando dos Santos. GERHARD, Pedro. MACIEL, Maria de Nazaré de Martins. Dinâmica do Uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do estado do Pará. **Geografia**. Rio Claro, v. 34, n. 3, p. 455-472, set./dez. 2009.



CAPÍTULO XVII

O USO DE PLANTAS MEDICINAIS NA COMUNIDADE ARRAIAL SANTA ISABEL ARACOIABA - CE

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-17

Denise Maria Santos ¹
Jean Carlos de Araújo Brilhante ¹
Beatriz Lorena de Melo Siqueira ²
Maria José de Holanda Leite ³

¹ Instituto Dom José de Educação e Cultura IDJ/UVA, Fortaleza/CE, Brasil.

² Uniamericas. Avenida Mendel Steinbruch, 6594- Planalto Cidade Nova, Maracanaú/Ceará, Brasil.

³ Professora do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Rio Largo/AL, Brasil.

RESUMO

Este trabalho aborda a utilização de plantas medicinais na Comunidade do Arraial Santa Isabel, Aracoiaba-CE, tendo como o objetivo a catalogação das ervas medicinais mais conhecidas e sua eficácia. A comunidade foi inserida no projeto desde o início, sendo nas entrevistas dando informações sobre as ervas medicinais mais utilizadas como também no preparo dos fitoterápicos, leva os envolvidos a compartilharem experiências relacionadas aos conhecimentos tradicionais. Essas trocas são de extrema importância para a inovação, uma vez que, para alcançá-la, é necessário despertar desde cedo a consciência e respeito aos saberes tradicionais para que haja recursos para a pesquisa e a promoção do bem-estar social. Nesse sentido, o presente trabalho busca na comunidade citada ampliar e divulgar a prática do uso de plantas medicinais com conhecimento e comprovação.

Palavras-chave: Saúde. Fitoterapia. Conhecimento.

1. INTRODUÇÃO

O século passado trouxe consideráveis ganhos para a saúde e expectativa de vida do homem. Alguns podem ser atribuídos às conquistas da medicina, mas a maioria resulta da melhoria das condições sanitárias, alimentícias e da qualidade de vida, em geral. Hoje, porém, muitos destes ganhos estão sendo perdidos devido ao surgimento de novas ameaças à saúde pessoal e à saúde pública.

As hortas comunitárias se encontram na base da preservação da saúde, através da flora. Na ausência de uma boa base de alimentos orgânicos e de baixo custo cultivados no local, é difícil elevar os padrões de saúde da sociedade. Com o cultivo simultâneo de alimentos e plantas medicinais, a medicina caseira é integrada à comunidade. Conforme Cunha (2003), toda informação acumulada sobre o uso de plantas medicinais, foi inicialmente transmitida oralmente de geração a geração para só depois, com a escrita, foram estruturados em livros.

Durante muito tempo, o uso de plantas medicinais foi o principal recurso terapêutico utilizado para tratar a saúde das pessoas e de suas famílias, entretanto com os avanços ocorridos no meio técnico-científico, sobretudo, no âmbito das ciências, novas maneiras de tratar e curar as doenças foram surgindo. Uma dessas maneiras consiste no uso de medicamentos industrializados, gradativamente introduzidos no cotidiano das pessoas modernas, através de uma campanha publicitária que prometia curar as mais diversas doenças.

O uso de plantas como cura para males e doenças é um conhecimento tradicional, datado de centenas de anos. Ao procurar plantas para o seu sustento e alimentação, o homem, desde a pré-história, acabou descobrindo espécies de plantas com ação tóxica ou medicinal, construindo assim um conhecimento empírico das suas ações medicinais.

A medicina popular, não é algo recente mais teve sua eficácia valorizada a partir do século XX, como é conhecida aquela baseada no conhecimento empírico das plantas medicinais, não tinha em seu uso qualquer comprovação científica. A pesquisa para desenvolvimento de remédios se baseava na síntese química de novas substâncias.

No entanto, se percebeu que os produtos de origem natural tinham mais chances de apresentar alguma atividade biológica, uma vez que são sintetizados por organismos



vivos. Esse princípio, relativamente simples, é a base para um complexo estudo dessas substâncias e suas atividades sobre os organismos nos dias atuais.

O desenvolvimento de ações em torno de objetivos voltados a garantir o acesso seguro e o conhecimento das plantas medicinais e seus efeitos fitoterápicos em nossa comunidade, tornando mais prático e barato a prevenção de doenças e rápido o acesso a informação. O saber popular pode fornecer dados importantes para novas descobertas científicas e as pesquisas acadêmicas podem originar novos conhecimentos sobre as propriedades medicinais das plantas.

Para registro, análise e preservação desses saberes se fazem necessários estudos relacionando as espécies utilizadas como medicinais por uma determinada população. Assim, esse trabalho tem por objetivo realizar um levantamento qualitativo e quantitativo das espécies com propriedades medicinais encontradas no município de Aracoiaba-CE na comunidade do Arraial Santa Isabel, buscando no conhecimento da comunidade novas formas de prevenção e tratamento para algumas doenças.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil é o detentor de uma das maiores florestas do mundo, e da maior biodiversidade do planeta, é hoje um dos grandes importadores de matérias primas farmacêuticas, que mobiliza milhões de dólares. Sabe-se que a maioria dos medicamentos tem origem das plantas. Surge um paradoxo: Somos detentores da maior fonte e não a conhecemos. Convivendo com a nossa flora e fauna a milhares de anos, os indígenas, trouxeram até nós o conhecimento, que juntamente com a cultura europeia e africana constituíram a base das técnicas e usos das plantas medicinais no país.

As plantas medicinais com fins terapêuticos estão presentes na vida do ser humano desde a pré-história, quando já era feita a distinção entre as plantas comestíveis e aquelas usadas na cura de doenças (Dutra, 2009). Na Antiga China, os registros, de 5000 antes de Cristo, mostram drogas derivadas de plantas, mas é somente a partir de 3000 antes de Cristo que iniciou o cultivo delas, com She Wing (Lameira e Pinto, 2008).

A população dos países mais pobres utiliza as plantas medicinais por tradição e ausência de alternativas econômicas viáveis, nos países mais desenvolvidos observa-se



um maior uso de fito medicamento influenciado pela tradição de utilizar produtos naturais. Este facilitou a propagação das promessas de cura através das plantas medicinais para males como a impotência, a ansiedade e a obesidade, algumas vezes em um único extrato. O conceito mais perigoso surgido por esta época foi o de que as plantas medicinais não representam quaisquer riscos para a saúde humana por serem naturais e terem sido testadas através de séculos de utilização pela população de todo o mundo (VEIGA JR et al., 2005).

As formas de uso das plantas medicinais diferenciam-se em: familiar, popular, tradicional, científica e de outras compreensões médicas. A fitoterapia familiar, que muitas vezes não conta com registro escrito da sua prática, refere-se às práticas autônomas e informais da fitoterapia (remédios caseiros), que se inserem na rede de apoio social do usuário. Diferente da familiar, a fitoterapia popular é praticada por especialistas populares não profissionalizados.

Segundo Menéndez (2009), estas práticas são originárias de diferentes curadores (parteiras, benzedeadas, raizeiros), com teorias, aspectos culturais, sociais e visão de mundo convergente ou divergente entre si. Seus saberes e práticas baseiam-se em uma abordagem holística, herdada de familiares, “dom” ou aprendizado com outro curador. Estes especialistas estabelecem um forte vínculo com o usuário devido ao conhecimento da comunidade e/ou por falta de acesso ao cuidado biomédico.

Mas, qual o intuito de estudar as plantas através da cultura popular? “A existência de uma infinidade de espécies de plantas, entre 250 e 500 mil no mundo, onde apenas 5% são estudadas (...)” (CECHINEL & YUNES, 1998). Isto é uma das causas que dificultam a identificação das plantas que têm potencial terapêutico. Uma das formas de se limitar este universo é a pesquisa na população. Observando as plantas que mais são utilizadas, sua forma de uso e suas indicações, possibilita-se a localização de novas espécies com possíveis efeitos medicinais. Muitas plantas de uso popular já tiveram seus efeitos comprovados.

Partindo dessa averiguação, visando o resgate desse conhecimento que foi implantado a horta de plantas medicinais na comunidade do Arraial, a escolha da comunidade se deu pelo número de rezadeiras, benzedeadas e tradição no uso de plantas medicinais para cura dos mais variados tipos de doenças, desde a espremedeira nos bebês, a pneumonia. As plantas medicinais representam a principal matéria-prima

utilizada pelas chamadas medicinas tradicionais, ou não ocidentais, em suas práticas terapêuticas, sendo a medicina popular a que utiliza o maior número de espécies diferentes (HAMILTON, 2003).

Entre os diversos exemplos de substâncias provenientes de plantas e de grande relevância, podemos mencionar a forskolina, obtida de *Coleus barbatius*, que apresenta promissores efeitos contra hipertensão, glaucoma, asma e certos tumores, a artemisinina, presente em *Artemisia annua*, que exerce potente atividade antimalárica, e o diterpeno anticancerígeno taxol, isolado de plantas do gênero *Taxus*, que após sua síntese em escala industrial, já se encontra disponível no mercado farmacêutico, constituindo-se numa grande esperança para pessoas portadoras de câncer nos ovários e pulmões (CECHINEL & YUNES, 1998).

O uso dos produtos naturais iniciou-se há milhares de anos por populações de vários países como tratamento de diversas enfermidades. Eram utilizados pela população como forma alternativa ou complementar aos medicamentos sintéticos. O uso das plantas medicinais no Brasil foi divulgado pela cultura indígena, portanto, é uma rica fonte de produtos terapêuticos. No entanto, a descoberta de plantas como fonte de novas drogas ainda é lentamente explorada ou regulamentada (SOUSA et al, 2010).

A busca da população por plantas medicinais e por produtos ecologicamente correto incentivou os pesquisadores e a indústria farmacêutica a investirem mais nas pesquisas de novos remédios (SOUSA et al, 2010). O uso de plantas medicinais na prevenção e tratamentos de enfermidades, pode constituir se em alternativa terapêutica muito útil devido à sua eficiência aliada a um baixo custo e a facilidade para aquisição das plantas e a compatibilidade cultural com a população atendida (TORRES et al, 2005).

Em 21 de julho de 2011 foi publicada no diário oficial da união a resolução nº 546 do CRF que dispõe sobre a indicação farmacêutica de plantas medicinais e fitoterápicos isentos de prescrição e o seu registro. De acordo com artigo 3 devemos ressaltar que a indicação deverá ser feita pelo farmacêutico de forma clara, simples, compreensiva, registrada em documento próprio, emitido em duas vias, sendo a primeira entregue ao usuário (paciente) e a segunda arquivada no estabelecimento farmacêutico

A fitoterapia, como é chamada o emprego das plantas na cura das doenças, é uma prática milenar, fato conhecido pelo estudo das tradições populares e investigado

pela etnobotânica. Esses conhecimentos têm sido transmitidos de geração a geração (LEITE; EMERY; SILVA, 2010). A eficácia demonstrada por inúmeras espécies de plantas foram adquiridas, provavelmente na experimentação empírica baseada na tentativa de cura e tem sido transmitidos de geração em geração.

Outra maneira de utilização das plantas medicinais são os alimentos funcionais, com o consumo de vegetais ricos em ferro, em casos de anemia, ou alimentos ricos em vitamina C, quando há uma necessidade de fortalecimento do sistema imunológico (VEIGA JUNIOR, 2008). Existe uma grande necessidade de resgatar o conhecimento empírico a respeito da utilização das plantas medicinais para cura de inúmeras doenças, já que essa prática representa um dos principais recursos terapêuticos de muitas comunidades e grupos étnicos (LEITE; EMERY; SILVA, 2010).

Muitas vezes, os ativos naturais anunciados não possuem validação científica, por não terem sido investigadas ou comprovadas em testes pré-clínicos e clínicos. Contudo, averigua-se também escassez de conhecimento a respeito dos componentes responsáveis pela atividade farmacológica, ou as prováveis interações que envolvam as inúmeras moléculas presentes no fragmento da planta. O uso de plantas medicinais está provavelmente relacionado à degradação das condições econômicas nos países do terceiro mundo.

O uso de remédios com base de ervas é utilizado desde às tribos primitivas, em que as mulheres se encarregavam de extrair das plantas os componentes ativos para utilizá-los na cura das doenças. À medida que os povos dessa época se organizaram com isso, estabeleceram-se papéis sociais específicos para sua sobrevivência. O primeiro desses papéis foi o de curandeiro. Esse personagem desenvolveu um repertório de substâncias secretas que guardava com zelo, transmitindo o, seletivamente, a iniciados bem preparados (SIMÕES; SCHENKEL; SIMON, 2001).

O emprego de plantas medicinais e produtos fitoterápicos no Brasil vêm se consolidando nos últimos tempos. Desde 1983, uma referência para implantação de hortas orgânicas de plantas medicinais é o projeto “Farmácia Viva”, desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará (MATOS, 1998; MARQUES et al., 2012). Essas hortas padronizadas e instaladas em comunidades organizadas seguem as normas da agricultura orgânica.



O trabalho tem característica social com finalidade de oferecer, assistência farmacêutica fitoterápica de base científica às comunidades (OLIVEIRA et al., 2013). Essa assistência funciona como agente de cuidados suplementares a saúde e emprega plantas locais e regionais, cultivadas e que nascem voluntariamente, dotadas de funções terapêutica comprovada (MATOS, 1998; LORENZI; MATOS, 2002; SIMÕES et al., 2004; ARNOUS; SANTOS; BEINNER, 2005; OLIVEIRA et al., 2013).

Devido a este fator, as plantas medicinais continuam ocupando lugar de destaque no arsenal terapêutico. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que 80% da população mundial usam recursos das medicinas populares para suprir necessidades de assistência médica privada, podendo girar em torno de aproximadamente 22 bilhões de dólares (COSTA et al., 1998; YUNES; PEDROSA; CECHINEL FILHO, 2000).

Outro aspecto ao qual se objetiva esta pesquisa é de registrar a cultura popular, mantendo e divulgando um conhecimento empírico, que se não for feito se perderá com o tempo, é importante resgatar valores pessoais e sentimentais, elevando a autoestima das pessoas e o vínculo familiar: Quem não se lembra do chazinho, da avó, que curava nossas dores.

A divulgação destes métodos de cura, mais baratos, tende a diminuir a demanda da população aos remédios industrializados de alto custo, evitando o consumo exagerado de produtos como, por exemplo, os analgésicos, cujo consumo indiscriminado e incentivado pela mídia e grandes laboratórios, acarretam sérios problemas de saúde.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na comunidade do Arraial Santa Isabel, pertencente ao município de Aracoiaba, localizado no estado do Ceará, que possui aproximadamente 25.391 habitantes segundo dados do IBGE 2010. No referido local, foi realizada um total de 52 entrevistas sendo que a média da idade entre os entrevistados foi de 41 a 60 anos. Os indivíduos entrevistados eram 15% do sexo masculino e 85 % do sexo feminino.

A grande maioria dos que disponibilizavam a falar sobre plantas medicinais foram do sexo feminino, com o grau de escolaridade de ensino fundamental incompleto, 90% dos entrevistados afirmaram fazerem uso de plantas medicinais bem mais que o

percentual indicado pelos teóricos. CECHINEL & YUNES, 1998, indicam que 80 % da população mundial utilizam plantas medicinais na cura de seus males. Portanto, a comunidade do Arraial Santa Isabel em Aracoiaba-CE está dez por cento acima da média mundial.

Partindo das entrevistas realizadas na comunidade catalogamos algumas espécies que vão fazer parte dessa lista de plantas medicinais e como podemos utilizar no tratamento de algumas enfermidades, a partir dessa lista inicia-se o processo de plantio de uma horta, para assim ser observada sua real eficácia (Tabela 1).

Tabela 1 - Ervas Mediciniais utilizadas por moradores da Comunidade Arraial Santa Isabel.

Nº	DOENÇAS	ERVAS MEDICINAIS
01	Gripe	Algodoeiro, alho, assa peixe, carqueja, erva cidreira, guáiaço, limoeiro, manjero, marapuama, sabugueiro
02	Infecções das vias aéreas superiores	acônito, actaea, alho, benjoin, cajueiro, cebola, eucalipto, framboeseira, gengibre, jamelão, malva, mil folhas, poejo, saião, cirtopódio, tanchagem maior, tanchagem menor, tília, violeta
03	Tosse	Erva doce, gervão, guaco, lobélia, pata de vaca, poejo, umbaúba, violeta
04	Rouquidão	gervão
05	Sinusite	buchinha-do-norte
06	Laringite	Sabugueiro
07	Doenças bucais	alfavaca, guaco, malva
08	Aftas	Cajueiro
09	Gengivite	Arnica
10	Dor de dente	alho, hamamélis, jaborandi, tanchagem-maior
11	Inflamações orais	endro, carqueja, malva, margaridinha, mulungú, picão, ratânia, romãzeira, sálvia
12	Halitose	alfavaca, erva-doce, funcho, malva
13	Calvície	alfavaca, arnica, arruda, babosa, bardana, cebola, jaborandi, marapuama, pimentão, quina e alecrim
14	D.vasculares Periféricas	centella asiática, ginseng
15	Abcesso de pele	cirtopódio, erva
16	Acne	mastruço
17	Dermatites	guaco, Sabina
18	Doenças de pele	agrião, alcachofra, alcaçuz
19	Verrugas	celidônia, sabina, saião, tília
20	Inflamações da pele	confrei
21	Micoses	guaco
22	Picadas de insetos	aveia, calêndula, cebola, saião, sálvia
23	Pio dermites	Cebola
24	Psoríase	Óleo de copaíba



Nº	DOENÇAS	ERVAS MEDICINAIS
25	Erisipela	Babosa
26	Escabiose (sarna)	Bardana
27	Calos	celidônia, saião
28	Cicatrizações	agrião, angelicó, babosa, calêndula, camomila, carqueja, centella asiática, cirtopódio, confrei, copaíba, erva
29	-Contusões	alecrim, arnica, boldo, calêndula, castanheiro
30	Ferimentos	saião, barbatimão, baicurú, gervão, grindélia, licopódio, loureiro, mastruz.
31	Queimaduras	calêndula, sabugueiro, saião, urucuzeiro
32	Inflamação ocular	cinerária, endro, salsa
33	Conjuntivites	cinerária, eufrása

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho vem proporcionar um maior conhecimento vislumbrando assim a importância do uso de plantas medicinais, a necessidade de um consumo de ervas consciente e a valorização do conhecimento das pessoas idosas e sua vasta experiência. Vêm sendo realizadas várias práticas da Medicina alternativa no mundo trazendo aspectos positivos, para com implantação de vários programas de Fitoterapia e Plantas Medicinais no Serviço público, pois além de resgatar conhecimentos utilizados por nossos antepassados ainda pode ser feita uma Integração do saber científico e do saber popular.

O uso criterioso da fitoterapia no sistema público de saúde pode ser uma alternativa para a redução do custo dos medicamentos. Podendo surgir o uso das plantas medicinais no sistema de saúde, como médicos (para prescrever), farmacêuticos (para manipular) e agrônomos (para planejar o cultivo das plantas), entre outros. Além disso, é necessário conhecimento técnico sobre as plantas, seus efeitos terapêuticos e tóxicos, parte utilizável, via de administração e um bom banco de dados de referências bibliográficas.

A base desse conhecimento é a sabedoria, popular e a ciência a serviço da população, dando direito do povo brasileiro de ter acesso a medicamentos de qualidade, com preço acessível. A partir da consciência do nosso papel como cidadãos, influenciando para que o poder público cumpra suas obrigações constitucionais no Brasil.





Resultados obtidos evidenciaram que as plantas medicinais, que utilizadas desde a antiguidade, atualmente são conhecidas, empregadas e valorizadas pela população, que procura nos produtos naturais uma melhor qualidade de vida. Todos os entrevistados são residentes na Comunidade Arraial Santa Isabel Município de Aracoiaba, cidade localizada ao nordeste do Brasil identificou as plantas medicinais mais utilizadas.

Sendo que os moradores do Arraial Santa Isabel possuem residências com grandes quintais, havendo espaços para o cultivo de hortas e canteiros de plantas medicinais. A grande maioria dos entrevistados obteve o contato com as plantas medicinais em seus quintais e aprendeu a utilizá-la com seus familiares.

Segundo Rego (1999) a cultura é, portanto, parte constitutiva da natureza humana, já que sua característica pedagógica se dá através da internalização dos conhecimentos obtidos através do tempo. Os saberes acumulados por nossos antepassados não podem ser perdidos, precisamos ter esses hábitos e costumes, que nos remetem a esses conhecimentos que são repassados aos mais novos para que seus costumes não desapareçam e façam parte integrante da nossa formação no acervo de nossas memórias.

Foi observado que as plantas medicinais, geralmente são cultivadas e colhidas sem a adoção de nenhum critério ou técnica. A maioria dos entrevistados que fazem uso das plantas medicinais como forma terapêutica, as utiliza colhendo diretamente da sua horta doméstica. Somente plantas que são utilizadas partes como folhas, frutos e raízes, disponíveis apenas em parte do ano (cascas de romã), ou plantas que passam por determinado tipo de preparo para a armazenagem.

O processo mais utilizado é a desidratação, se bem que de maneira geralmente incorreta, expondo plantas tenras, à ação do sol e outras intempéries, comprometendo assim a conservação de seus princípios ativos. A armazenagem, outro item de importância na conservação dos elementos terapêuticos destas plantas, também não oferece condições apropriadas.

“A definição de ervas inclui grande variedade de vegetais, sementes, raízes e flores.” (CRUZ 1989). Esta grande variedade de espécies e partes utilizadas representa um dos problemas para a cultura de plantas medicinais. Observando as hortas

domésticas analisamos que as disposições das plantas nos canteiros não obedecem a nenhum critério.

Plantas de origem mediterrânea que exigem pouca água e muito sol para seu cultivo, como por exemplo, o alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e a sálvia (*Salvia officinalis*), plantadas no mesmo canteiro e ao lado de plantas que exigem uma irrigação abundante e um sombreamento mais efetivo, como a zinziberaceae Cana-do-brejo (*Costus psonis*).

Entretanto, numa mesma horta, pode-se dispor de uma grande variedade de espécies, sem ser observadas às condições necessárias para o melhor desenvolvimento de cada uma delas, levando-se em conta as condições naturais em que elas são encontradas na natureza. A fim de manter as concentrações dos princípios ativos em suas partes utilizadas.

Muitas plantas desenvolveram seus princípios ativos em resposta à agressividade do meio em que elas viviam como o ataque de uma praga ou a uma condição específica do meio ambiente, como a falta de água. Entretanto, como toda cultura, as plantas medicinais requerem alguns cuidados na hora da escolha do local de sua instalação, seja para um cultivo comercial ou uma pequena horta doméstica.

Os tratos culturais são, na maioria das vezes, bem simples. As mudas das plantas podem ser obtidas por estaquia, como a erva-cidreira-de-rama (*Lippia alba*), ou obtidas através de sementes como a alfavaca (*Ocimum gratissimum* L), ou mesmo adquiridas no comércio especializado. Para fazer uma horta medicinal as sementes têm que serem recepcionadas e plantadas em canteiros de 0,8 m de largura, não muito compridos, buscando dispor as espécies de plantas que exijam tratos culturais parecidos em um mesmo canteiro.

A adubação só deve ser feita a partir do uso de adubos orgânico: esterco curtido, húmus de minhoca ou composto orgânico. Tendo em vista que este procedimento propiciará uma maior concentração de princípios ativos nas plantas. Além disto, à finalidade da planta é combater uma doença.

O combate de pragas é muito raro, pois as plantas utilizam seus princípios ativos como repelente ou até mesmo como inseticida, fungicida, etc. Ainda assim, pode ser necessário o combate as pragas, mas nunca deverá utilizar-se de produtos químicos. Quando se tratar de insetos o mais sensato é utilizar a catação manual, se esta não for

possível devido a um grande número, orienta-se a utilização de caldas de plantas como repelente. A calda de fumo ou de pimenta conforme receitas.

Salvo condições especiais, como mencionado anteriormente, em que senhoras disponibilizam espaços em seu quintal para terem à mão sua pequena “farmácia”, e nela buscam seus medicamentos, na hora em que precisam.

Segundo Cruz (1989) determina uma série de procedimentos básicos, para o preparo das plantas que deverão ser estocadas, abordaremos o método descrito para a desidratação, no entanto, com pequenas modificações, estes procedimentos poderão ser utilizados para a obtenção de diversos outros produtos.

As folhas da maioria das ervas devem ser colhidas ainda verdes e tenras, antes de a planta florescer, uma vez que, após o florescimento, em potencial as novas. As sementes, por sua vez, devem ser colhidas ainda frescas e maduras.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos dados analisados que a tradição no uso de plantas medicinais está bastante difundida, entre os moradores do Arraial Santa Isabel em Aracoiaba-CE, mas esta tradição vem ganhando espaço, por influência da própria convivência entre as pessoas e, para assim garantir a sua saúde de seus filhos e entes queridos.

A partir do seu uso se observa uma melhora significativamente a qualidade de vida das famílias, pois além com o seu uso, cultivo e comercialização, é uma alternativa de renda para agricultura familiar. Estudar intensivamente as plantas medicinais no tocante aos seus aspectos etnobotânico, fitoquímico, clínico e fitotécnico, buscando um produto de qualidade, conforme designação da ANVISA (BRASIL, 2004).

As plantas são fontes de moléculas ou os chamados princípios ativos com suas ações farmacológicas para auxiliá-lo no seu dia-a-dia. Seu uso para fins medicinais da flora medicinal é de suma importância ao homem, por ser um recurso insubstituível. Tomando por base as culturas tradicionais e milenares fazem uso deste recurso em larga escala e comprova na prática que estes recursos são eficazes e eficientes no combate e na prevenção das doenças do corpo. Estes conhecimentos práticos precisam de mais fundamentações e explicações e torná-los domínio público para que todos possam fazer uso deste recurso natural.

O conhecimento nos fornece o poder. Ofertando uma maior qualidade de vida ao homem. Outro fator importante, é que se for sistematicamente divulgado a importância das plantas medicinais, a humanidade se voltará mais para a preservação ambiental, muitas plantas são destruídas sem conhecer seu potencial terapêutico e suas substâncias que poderiam servir ao homem.

REFERÊNCIAS

- _____. <http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2013/11/coreanos-negam-biopirataria-e-dizem-que-ganharam-plantas-de-indigenas.html>.
- AKISUE, GOKITHI, et al, Farmacognosia, Bragança Paulista, Universidade São Francisco – USF, 2002 (Mimeo.)
- BLANCO, M. C. S. Garcia, Cultivo Comunitário de Plantas Medicinais, Campinas,
- BRASIL. CFF. Resolução- RDC nº 546 de 21 de julho de 2011. Prescrição Farmacêutica de fitoterápicos. Em 21 de julho de 2011. Dispõe sobre a indicação farmacêutica de plantas medicinais e fitoterápicos isentos de prescrição e o seu registro. Diário Oficial [da] União. Brasília, 14 de setembro de 2011. Disponível em: 17 <<http://www.cff.org.br/userfiles/file/resolucoes/546.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2012. BRASIL. Mini
- CHITWOOD, Sala, Cosmética Natural. São Paulo: Círculo do Livro, 1983. 194p. CRUZ, Guilherme A, Desidratação de Alimentos. Rio de Janeiro: Globo, 1989. 207p.
- GIACOMETTI, DALMO C., Ervas Condimentares e Especiarias: São Paulo, 1989. 158p.
- GILBERT, BENJAMIM et al, Base Científica da Fitoterapia, Ciência & Ambiente –
- LORENZI, HARRI – Árvores do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 4ª ed. Vol. 1. 368 p.
- LORENZI, HARRI – Árvores do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 4ª ed. Vol. 2. 368 p.
- LORENZI, HARRI - Plantas Daninhas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 3ª ed. 593 p.
- RODRIGUES V. E. G. et al – Levantamento Etnobotânico De Plantas Medicinais
- SANTOS, C. A. M., et al - Plantas Medicinais (Herbarium, flora et scientia).
- SANTOS, C. A. M., et al, Plantas Medicinais (Herbarium, flora et scientia). Curitiba: Ícone, 1988. 160p.
- SILVA, MARIA RAIMUNDA CHAGAS, Estudos de Sedimentos da Bacia.
- MENÉNDEZ, E. Modelos, saberes e formas de atenção ao padecimento: exclusões ideológicas e articulações práticas. In: _____. Sujeitos, saberes e estruturas: uma introdução ao enfoque relacional no estudo da Saúde Coletiva. São Paulo: Hucitec, 2009. p.17-70.

CAPÍTULO XVIII

RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS: UMA REVISÃO SOBRE AS ALTERNATIVAS DE GESTÃO E TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-18

Naiara Jacinta Clerici ¹
Raíssa Engroff Guimarães ¹
Thália Lopes Friedrich ¹
Laís Andressa Finkler ¹
Suzana Diel Boligon ¹
Ana Carolina Scher ¹
Leticia Slodkowski ¹

¹ Graduas em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal da Fronteira Sul.

RESUMO

Algumas das atividades agrossilvopastoris são a produção agrícola, a silvicultura e a criação de animais. No desempenho destas ocorre a geração de resíduos de diversas categorias, como: resíduos inorgânicos, embalagens de fertilizantes, de agrotóxicos e insumos farmacêuticos veterinários, e os orgânicos (dejetos de animais e biomassa vegetal), além dos resíduos comuns provenientes de áreas domésticas das propriedades rurais. O presente artigo objetiva identificar os processos relacionados à geração, entrega/coleta e destinação final, além de possíveis alternativas de recuperação e tratamento para os resíduos oriundos de atividades agrossilvopastoris. Verificou-se que a legislação é abrangente especialmente em relação às embalagens de agrotóxicos, uma vez que detalha procedimentos de limpeza, manuseio, e institui a prática de logística reversa. Os resíduos farmacêuticos veterinários, embora gerados no meio rural, possuem características e tratamentos específicos de RSS, sendo responsabilidade dos fabricantes quanto ao gerenciamento dos mesmos. Os resíduos orgânicos são gerados em grandes volumes e suas principais formas de tratamento consistem na técnica de biometanização e na compostagem, sendo esta última a mais indicada também para resíduos domiciliares gerados no meio rural. Por fim, pontua-se impactos ambientais negativos decorrentes da disposição inadequada de resíduos agrossilvopastoris. Alguns exemplos são a contaminação do solo e das águas com metais e compostos orgânicos persistentes, a perda de habitats e da biodiversidade. É perceptível a relevância em inserir a temática no cotidiano, além de fortalecer a legislação e a sua fiscalização, tendo em vista que essas atividades representam uma grande fonte de geração de resíduos potencialmente contaminantes ao ambiente.

Palavras-chave: Logística reversa. Legislação. Resíduos Agrossilvopastoris. Tratamento de resíduos.

1. INTRODUÇÃO

As características e a composição dos resíduos sólidos gerados na área rural diferem dos resíduos gerados na área urbana, desta forma a gestão e o tratamento de resíduos sólidos passam a ser uma das principais preocupações do meio rural (PATWA et al., 2020; EL-HAGGAR, 2007).

A Constituição Federal de 1988, especialmente em seus Art. 184-191, trata da política agrícola brasileira, regulamentada pela Lei N° 8.171/1999, a qual prevê o cumprimento da função social da propriedade rural, regulamentando o seu aproveitamento racional apropriado, utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e a preservação do meio ambiente (BRASIL, 1999). As atividades agrossilvopastoris e o solo agrícola ainda são amparados e regulamentados pela Lei N° 12.651/2012, do novo código florestal (BRASIL, 2012).

A Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS) instituída pela Lei N° 12.305/2010, em seu Art. 13, classifica como resíduos agrossilvopastoris, aqueles originados nas atividades agropecuárias e silviculturais, como também os relacionados aos insumos utilizados nessas atividades. Estes resíduos são divididos em orgânicos e inorgânicos, sendo os últimos compostos por embalagens de agrotóxicos e insumos farmacêuticos veterinários, enquanto os orgânicos são os resíduos sólidos domésticos e biomassa (BRASIL, 2010).

Sendo assim, há a crescente necessidade de tecnologias de tratamento que possibilitem o reciclo destes resíduos ou a destinação final ambientalmente adequada, vislumbrando a amortização da toxicidade ambiental relacionada (DE SOUZA et al., 2021; PATWA et al., 2020; THORENZ et al., 2018). O objetivo deste artigo é apresentar os resíduos que comumente são gerados nas atividades agrossilvopastoris, elencar com base na legislação pertinente, bem como apresentar tecnologias e possibilidades de tratamento para destinação final destes.

2. METODOLOGIA

O presente artigo é uma pesquisa descritiva, partindo de uma análise geral do tema, com o intuito de fornecer um embasamento teórico sobre o assunto e, posteriormente, destacar suas peculiaridades e implementações.



Utilizou-se para efetiva elaboração desta pesquisa as bases de dados Scopus, Scielo e Science Direct, usando os descritores: “reverse logistic”, “legislation”, “agroforestry residues”, “waste treatment”, com inclusão do operador AND.

Para idealizar a metodologia com acurácia, foram consultadas doutrinas, legislação, regras e princípios atinentes aos resíduos agrossilvopastoris que contribuíram para a análise do tema em discussão. O desenvolvimento aconteceu através da leitura e avaliação de 31 trabalhos, entre artigos e documentos publicados entre os anos de 1988 e 2021, enquanto que informações consideradas pertinentes à temática foram desenvolvidas no decorrer do texto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resíduos gerados nas atividades agrossilvopastoris são classificados como orgânicos, tendo assim, muitas vezes a sua destinação nas próprias fontes geradoras e também os inorgânicos que necessitam uma logística especial de destinação final (SOUZA, 2016). Diante disso, no decorrer desta seção será apresentado os resíduos agrossilvopastoris, identificando o fluxo destes até seu destino, indicando alternativas de entrega/coleta, recuperação, tratamento e/ou disposição final.

3.1. RESÍDUOS SÓLIDOS INORGÂNICOS PROVENIENTES DAS ATIVIDADES AGROSILVOPASTORIS

As atividades agrossilvopastoris, são consideradas as mais antigas do planeta, sendo responsáveis pela geração de alimentos, bem como de resíduos sólidos específicos do processo. Estas atividades, constantemente, empregam novas tecnologias com o intuito de corrigir o solo para o cultivo de determinadas culturas, por meio do uso de produtos químicos como agrotóxicos e fertilizantes, além de aumentar a produção (SOUZA, 2016).

Ainda, com vista aos insumos farmacêuticos veterinários, que geram resíduos como demais atividades poluidoras, estes são enquadrados como resíduos de serviço de saúde (RSS) que não podem ser destinados ao ambiente com resíduos domiciliares, sendo necessário o tratamento prévio para destinação final. Como resultado do emprego inadequado dessas tecnologias e a má gestão destes resíduos ocorre o empobrecimento do solo pela perda da biodiversidade, excesso de compostos químicos

prejudiciais aos organismos e meio ambiente, alterando ainda a cadeia alimentar dos animais (SOUZA, 2016; SILVA; MOREIRA; PERES, 2012; VENTURA, 2009).

3.1.1. EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS

O Decreto N° 4.074/2002 além de estabelecer a logística reversa para as embalagens de agrotóxicos, estabelece a necessidade de análise do risco e avaliação do impacto ambiental causado por tais produtos (BRASIL, 2002). Assim como, a PNRS prevê a aplicação da logística reversa para aqueles que produzem ou comercializam produtos que geram resíduos perigosos, dentre eles, os agrotóxicos e outros que lhe assemelham conforme os artigos 13 e 33 (BRASIL, 2010).

De acordo com a PNRS, a logística reversa consiste no instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

As embalagens de agrotóxicos são classificadas como laváveis e não laváveis. As embalagens não laváveis armazenam produtos que não utilizam água para sua pulverização. Cerca de 95% das embalagens são do tipo lavável e deverão ser encaminhadas para a reciclagem, os outros 5% são representados pelas embalagens não laváveis, devem ser incineradas, assim como àquelas que não forem devidamente lavadas (SOUZA, 2016). Os usuários de agrotóxicos deverão efetuar a devolução das embalagens vazias, e respectivas tampas, aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos (SINIR, 2018).

Após o uso, antes da devolução, cabe ao agricultor realizar a lavagem das embalagens no campo, armazenando-as temporariamente para entrega posterior na unidade de recebimento indicada (SINIR, 2018). A norma técnica NBR 13.968 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define a chamada tríplice lavagem e a lavagem sob pressão, técnica que permite que os resíduos contidos nas embalagens possam ser diluídos em diferentes concentrações e reutilizados na lavoura (ABNT, 1997).

A tríplice lavagem é caracterizada como o processo de enxague das embalagens vazias, iniciando no total esvaziamento das embalagens, enchendo esta com água limpa em aproximadamente $\frac{1}{4}$ do seu volume e, posteriormente, recolocando a tampa e



fechando com firmeza. Após, o recipiente deve ser agitado para dissolver quaisquer resíduos do produto que tenham aderido à superfície interna das embalagens. A água de enxágue deve ser despejada dentro do tanque do equipamento de aplicação, com cuidado para não espirrar. Esse procedimento deve ser repetido três vezes. Em seguida se deve inutilizar a embalagem, perfurando seu fundo com um objeto pontiagudo (SOUZA, 2016).

A lavagem sob pressão é realizada diretamente no equipamento agrícola onde são aplicados jatos de água no interior da embalagem e este efluente é também utilizado na pulverização. As embalagens precisam ser também cortadas e armazenadas para destinação final adequada (SOUZA, 2016). A Figura 1 representa o ciclo da logística reversa.



3.1.2. TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS

As embalagens de agrotóxicos enquadram-se na categoria de resíduos perigosos por seu potencial de toxicidade e contaminação conforme a normativa NBR 10004/2004. Há no Brasil o programa de logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas nomeado como Sistema Campo Limpo, no qual o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inPEV) é responsável (ABNT, 2004; INPEV, 2014).

O sistema abrange todas as regiões do país e tem como base o conceito de responsabilidade compartilhada: agricultores, indústria fabricante, canais de



distribuição e poder público têm papéis e responsabilidades específicas no funcionamento do programa (INPEV, 2014).

Após o processo de reciclagem, as embalagens vazias que foram devidamente lavadas podem resultar em mais de 30 novos produtos (GERASSI, 1998). Materiais resultantes da reciclagem passam pela aprovação prévia do inpeV para posterior utilização, sendo a maioria de uso industrial. As embalagens que não podem ser recicladas são encaminhadas para a incineração (INPEV, 2014).

Dentre os produtos gerados desta reciclagem se encontram os artefatos para construção civil, como dutos corrugados e tubos para esgoto; artefatos para indústria automotiva e de transportes, como caixa para bateria, dormentes ferroviários e postes de sinalização; artefatos para indústria energética, como cruzetas para postes; moldes em papelão para proteção industrial e de móveis além de novas embalagens e tampas para defensivos agrícolas, exemplos de reciclagem do sistema campo limpo está a Ecoplástica Triex e a Ecocap (GERASSI, 1998; INPEV, 2014).

3.1.3. INSUMOS FARMACÊUTICOS VETERINÁRIOS

Conforme elencado na PNRS, entre os resíduos agrossilvopastoris estão incluídos os insumos farmacêuticos veterinários resultantes de atividades rurais, uma vez que considera-se o meio de geração desses resíduos. Diferentemente, os produtos veterinários provenientes de medicamentos oriundos de clínicas e hospitais veterinários devem ser enquadrados como RSS (BRASIL, 2010).

No Brasil, o arcabouço legal que abarca os produtos veterinários é um conjunto de Decretos, Normas, Resoluções e Leis, sendo alguns dos principais o Decreto Nº 5.053/2004 e a Lei Nº 6.198/1974 (SILVA; MOREIRA; PERES, 2012; IPEA, 2013).

3.1.4. TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE INSUMOS FARMACÊUTICOS VETERINÁRIOS

A Resolução CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, Nº 358/2005 determina que os resíduos oriundos de atividades relacionadas a saúde humana ou animal, incluindo aquelas realizadas domiciliarmente ou em trabalho de campo, como é o caso dos insumos farmacêuticos veterinários de atividades agrossilvopastoris, devem ter atenção diferenciada quanto ao manejo e disposição final, e torna responsabilidade dos fabricantes desses produtos gerenciar todos os processos envolvidos (BRASIL,

2005). Complementando, a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) Nº 306/2004 menciona que os resíduos devem ser recolhidos pelos agentes de atendimento ou por uma pessoa treinada para a realização da atividade e, posteriormente, destinados para o fabricante (BRASIL, 2004).

Considerando que alguns resíduos provenientes de insumos farmacêuticos veterinários (por exemplo, seringas, medicamentos, agulhas e demais materiais perfurocortantes) são também classificados como RSS, a depender do meio de geração primário (BRASIL, 2010), tecnologias de tratamento são empregadas com vistas à destinação final adequada destes resíduos (VENTURA, 2009).

Dentre as alternativas de tratamento para os resíduos que possuem características de RSS está a I) incineração, na qual os resíduos são submetidos a altas temperaturas, provocando a destruição térmica por meio de combustão controlada; II) pirólise, que consiste na degradação térmica após queima dos resíduos em ausência parcial ou total de oxigênio; III) desativação eletrotérmica, em que os resíduos são submetidos a um campo elétrico de alta potência e tem-se como resultado a inativação microbiana; IV) ou os processos de esterilização dos resíduos por autoclavagem, por exemplo, em que faz-se uso de vapor sob pressão e temperatura controladas (VENTURA, 2009).

Os demais resíduos resultantes dos cuidados com animais que não apresentam características tóxicas ou potencialmente contaminantes, como é o caso das embalagens de medicamentos, devem ser acondicionadas considerando a sua composição seca, e destinadas ao serviço de coleta seletiva municipal. Posteriormente, podem ser encaminhados para reciclagem, uma vez que são, em sua maioria, resíduos de papéis (IPEA, 2013; BRASIL, 2010).

3.2. RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS ORIUNDOS DE ATIVIDADES AGROSSILVOPASTORIS

Os resíduos sólidos orgânicos gerados nas atividades agrossilvopastoris são resultantes da criação de animais (dejetos de suínos, bovinos e aves), tal como do processamento de biomassa vegetal (resíduos de limpeza de grãos e resíduos de hortifruti) (IPEA, 2012; PATWA et al., 2020).



Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) no ano de 2009, foram gerados em torno de 291 milhões de toneladas de resíduos orgânicos provenientes de atividades agroindustriais (IPEA, 2012). Desta forma, práticas de tratamento e destinação final adequada destes resíduos se tornam necessárias para a legalidade da atividade (PINTO et al., 2014).

3.2.1. TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE ATIVIDADES AGROSSILVIPASTORIS

Ao dispor matéria orgânica no solo, como a fertirrigação de dejetos de animais, obtém-se um acréscimo de diversidade de microrganismos, introdução de nutrientes e diminuição de necessidade de fertilizantes químicos. Com a realização dessa prática, a fertilidade do solo aumenta, além de reduzir a lixiviação, aumento de retenção de água e aeração do solo. Por conseguinte, se tem um aumento da produtividade do solo e redução da erosão (IPEA, 2012; PINTO et al., 2014).

Contudo, estes dejetos são ricos em metais pesados e resíduos orgânicos medicamentosos, que em excesso no ambiente podem ocasionar contaminação do solo e da água. Assim, alternativas para mitigação destes efeitos são propostas, dentre as quais está a biometanização. Ainda, existe a opção de tratamento físico onde ocorre a separação da parcela líquida da sólida e é realizada a compostagem dos sólidos (PINTO et al., 2014; OLIVEIRA, 2016).

A biometanização é uma das alternativas para gestão de resíduos orgânicos. A partir da biodigestão da matéria orgânica, ocorrerá a bioestabilização e, como resultado, a geração de biofertilizante agrícola. A biometanização é originada pela produção do biogás, que pode ser convertido em energia elétrica, ou empregado para combustão. Em ambos casos, os impactos se dão pela redução do uso de fertilizantes químicos, diminuição do uso de combustíveis não renováveis e diminuição de gastos com energia elétrica. Ainda se tem redução de emissão de gases estufa, eliminação de odores e patógenos, em decorrência da degradação de matéria orgânica que constituem os resíduos (IPEA, 2012; EL-HAGGAR, 2007).

Outra opção de tratamento da biomassa vegetal é a compostagem. Consiste em um processo biológico aeróbio, que trata e estabiliza os resíduos orgânicos, de modo a gerar o fertilizante orgânico utilizáveis na agricultura. No processo, ocorrem

transformações por meio da ação de enzimas e microrganismos. Uma fração energética é empregada pelos microrganismos para crescimento e movimento, e o excedente é liberado em forma de calor, desejada na pilha de compostagem. Atinge-se o estágio de maturação, quando a pilha de compostagem alcança temperatura elevada e resfria. O produto final da compostagem - composto - é uma matéria estável e homogênea (LOUREIRO et al., 2007; BUDZIAK, MAIA, MANGRICH, 2004; EL-HAGGAR, 2007).

3.3. RESÍDUOS SÓLIDOS RURAIS DOMÉSTICOS

Segundo a PNRS, é dever das prefeituras municipais a realização da gestão dos resíduos sólidos gerados em seu território (BRASIL, 2010). Contudo as áreas rurais muitas vezes não fazem parte de um sistema de coleta eficiente, fazendo com que a destinação dos resíduos seja realizada, muitas vezes de forma errônea, pelos próprios geradores (FREIRE et al., 2016).

Os resíduos domiciliares devem ser segregados considerando a sua composição. Assim, para os resíduos secos deve-se priorizar a reutilização e a reciclagem, sendo que os materiais recicláveis devem ser encaminhados para empresa especializada. Além disso, torna-se importante a implementação de cooperativas de catadores nos municípios. Quanto aos resíduos orgânicos, a disposição final geralmente é realizada em aterro sanitário, por meio de serviços prestados pela administração municipal (BRASIL, 2010).

Porém, visando evitar o grande volume de resíduos dispostos em aterros, a principal alternativa de tratamento de resíduos domiciliares classificados como orgânicos é a compostagem, onde objetiva-se a produção de adubo, técnica que torna-se favorável no meio rural, tendo em vista o maior espaço disponível para a prática (PATWA et al., 2020).

3.4. IMPACTOS AMBIENTAIS DOS RESÍDUOS GERADOS NAS ATIVIDADES AGROSSILVOPASTORIS

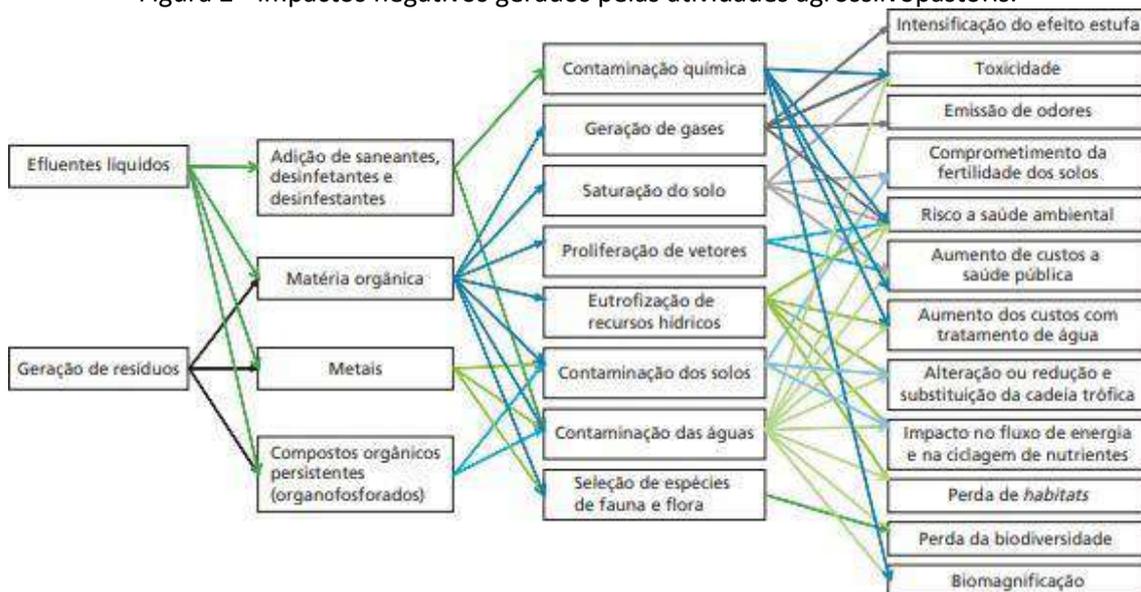
Os resíduos agrossilvopastoris podem gerar impactos ambientais no meio ambiente, conforme definido por Sánchez (2006), “alterar a qualidade ambiental irá modificar os processos naturais ou sociais, ocasionado pela ação antrópica”, desta forma a correta gestão destes resíduos se faz necessária.

Segundo o IPEA (2012), os impactos ambientais gerados a partir de resíduos provenientes de indústrias primárias da agricultura e da criação de animais, quando manejados, tratados e dispostos de forma correta, podem ser evitados ou minimizados, do mesmo modo que podem ser revertidos em melhoramentos, para o local onde há geração. O emprego de resíduos na agricultura e a geração de energia, são exemplos de como podem se ter vantagens econômicas e ambientais, do mesmo modo que, podem ser reduzidos os impactos negativos dos lançamentos e disposição desaproprada (DE SOUZA et al., 2021; OLIVEIRA, 2016).

O Brasil tem um potencial considerável de produção de bioenergia devido à vasta extensão territorial, abundância de plantas e oleaginosas, resíduos animais e urbanos, além de longa experiência na utilização de resíduos de biomassa para produção de etanol, eletricidade e calor em unidades de cogeração (BRASIL, 2007). Os resíduos da agrossilvicultura incluem uma grande variedade de materiais durante as atividades de cultivo e colheita, como palha, folhas, galhos e copas de árvores que podem ser empregadas na produção de bioenergia (CERVI et al., 2019; DE JONG et al., 2015; HASSAN et al., 2019; SALAZAR et al., 2016; HASSAN et al., 2019).

Quanto aos impactos negativos gerados pelas agroindústrias associadas à agricultura, pode ser verificado na figura 2 o esquema representativo.

Figura 2 - Impactos negativos gerados pelas atividades agrossilvopastoris.



Fonte: IPEA, 2012.

Os impactos primários da geração de resíduos na forma de dejetos são adição de metais no solo e na água, adição abundante de matéria orgânica no solo, e também a presença de compostos orgânicos persistentes na água e no solo. Em relação ao aumento de matéria orgânica no solo, os impactos secundários são a saturação do solo, geração de gases e a eutrofização de recursos hídricos. Em decorrência da adição de defensivos agrícolas, uma fração dos metais integra aos resíduos colaborando na contaminação da água, do solo, e ocasionalmente, provocando a seleção de espécies (IPEA, 2012; PINTO et al., 2014).

Ainda segundo o IPEA (2012), podem haver, como impacto secundário negativo, a presença de inseticidas, sendo os compostos orgânicos persistentes. Estes são derivados da ação humana, associados à fabricação e emprego de compostos químicos.

Como impactos terciários relativos aos resíduos das agroindústrias, pode ocorrer intensificação do efeito estufa, implicação na fertilidade do solo, toxicidade, e demais impactos, como pode ser verificado na Figura 2 - Além dos impactos já supracitados, integram-se ainda, presença de efluentes líquidos, que poderá acarretar na adição de desinfetantes, desinfetantes e saneantes, acarretando no impacto negativo secundário, de contaminação química da água e do solo (IPEA, 2012, PINTO et al., 2014).

De acordo com o IPEA (2012), podem ser gerados impactos no ambiente, por meio de atividades da agricultura, tal como das agroindústrias. Esses impactos podem ser positivos, como geração de energia por meio de fonte renovável e minimização da erosão do solo. Contudo, impactos negativos podem gerar contaminação do ar, solo e água e ocasionando efeitos sobre a saúde humana e a ação dos ecossistemas (OLIVEIRA, 2016).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com vista ao exposto, os resíduos agrossilvopastoris apresentam relevante impacto ambiental quando destinados incorretamente no meio ambiente, sendo necessária a conscientização dos produtores destes resíduos e empresas fabricantes, cabendo ao poder público a cobrança e fiscalização da legislação existente de logística reversa.

Ainda, a aplicação de tecnologias de tratamento têm-se tornado cada vez mais importantes com vista a redução dos resíduos gerados. Quando estes materiais se

tornam novos produtos e energia, retornando ao ciclo produtivo, há uma menor demanda econômica para a destinação final e também a redução da extração da matéria prima necessária na obtenção de novos produtos.

Portanto, há a necessidade da discussão da temática de gestão de resíduos agrossilvopastoris por parte de empresas e produtores rurais, com vista à inserção da temática no cotidiano, bem como, a apresentação e compreensão da necessidade de tomada de decisões a parte das questões ambientais envolvidas nos processos produtivos.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.968, de 30 de setembro de 1997: **Embalagem rígida vazia de agrotóxico - Procedimentos de lavagem**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004, de 30 de novembro de 2004: **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Casa Civil. Lei Nº 8.171, de 11 de julho de 1999. Brasília, DF, 1999.

BRASIL. Casa Civil. Decreto Nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Casa Civil. Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Casa Civil. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Resolução RDC nº 306, de 07 de dezembro de 2004. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005. **Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005.

BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Quím. Nova**, v. 27, n. 3, p. 399-403, 2004.

CERVI, W. R.; LAMPARELLI, R. A. C.; SEABRA, J. E. A.; JUNGINGER, M.; VAN DER HILST, F. Bioelectricity potential from ecologically available sugarcane straw in Brazil: A spatially explicit assessment. **Biomass and Bioenergy**, v. 122, p. 391-399, 2019.



- DE JONG, P.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A. Economic and environmental analysis of electricity generation technologies in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 725-739, 2015.
- DE SOUZA, L. L. P.; HAMEDANI, S. R.; LORA, E. E. S.; PALACIO, J. C. E.; COMODI, G.; VILLARINI, M.; COLANTONI, A. Theoretical and technical assessment of agroforestry residue potential for electricity generation in Brazil towards 2050. **Energy Reports**, v. 7, p. 2574-2587, 2021.
- EL-HAGGAR, S. M. Chapter 7 - Sustainability of Agricultural and Rural Waste Management. **Sustainable Industrial Design and Waste Management. Cradle-to-cradle for Sustainable Development**, p. 223-260, 2007.
- FREIRE, E. A., ROLIM, F. S.; LUSTOSA, J. P. G.; SOUSA, F. J. D. A problemática da destinação dos resíduos sólidos no território rural: o caso do Sítio Boi Morto. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 2, n. 5, p. 51-62, 2016.
- GERASSI, P. V. M. Manual de destinação final de embalagens vazias de produtos fitossanitários. **FIOCRUZ**, SP, 1998.
- HASSAN, S. S.; WILLIAMS, G. A.; JAISWAL, A. K. Moving towards the second generation of lignocellulosic biorefineries in the EU: Drivers, challenges, and opportunities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 101, p. 590-599, 2019.
- INPEV. Evolução do Sistema Campo Limpo. **Revista da ESPM**. Edição 92, n. 2 de abril de 2014.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos do Setor Agrossilvopastoril: **Resíduos Sólidos Inorgânicos. Relatório de Pesquisa**, Brasília, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7540/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2013.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas. Relatório de Pesquisa**, Brasília, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7687/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2020.
- LOUREIRO, D.C.; AQUINO, A.M.; ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesq. agropec. bras.** v. 42, n.7, p.1043-1048, 2007.
- OLIVEIRA, P. A. V. Produção e manejo de dejetos de suínos. **EMBRAPA**. Concórdia, SC. 19 p. 2016.



- PATWA, A.; PARDE, D.; DOHARE, D.; VIJAY, R.; KUMAR, R. Solid waste characterization and treatment technologies in rural areas: An Indian and international review. **Environmental Technology & Innovation**, v. 20. 15 p., 2020.
- PINTO, L. P.; CABRAL, A. C.; SCHNEIDER, L. T.; AZEVEDO, K. D.; FRIGO, J. P.; FRIGO, E. P. Levantamento de dados sobre os dejetos suínos e suas características. **Revista Brasileira de Energias**, v. 3, p. 179-187, 2014.
- SALAZAR, M. A. G.; VENTURINI, M.; POGANIETZ, W. R.; FINKENRATH, M.; SPINA, P. R. Methodology for improving the reliability of biomass energy potential estimation. **Biomass and Bioenergy**, v. 88, p. 43-58, 2016.
- SÁNCHEZ, L. H. Avaliação de impacto ambiental: conceito e métodos. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2006.
- SILVA, T. P. P.; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Serão os carrapaticidas agrotóxicos? Implicações na saúde e na percepção de riscos de trabalhadores da pecuária leiteira. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 2, p. 311-325, 2012.
- SINIR. **Sistema Nacional de Informação sobre resíduos sólidos**. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/logistica-reversa>>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- SOUZA, A. V. P. A. Resíduos Sólidos Inorgânicos no Setor Agrossilvopastoris em Ceres, Goiás. 2016. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - **Curso de Pós- Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, UniENVANGÉLICA**, Goiás, 2016.
- THORENZ, A.; WIETSCHER, L.; STINDT, D. TUMA, A. Assessment of agroforestry residue potentials for the bioeconomy in the European Union. **Journal of Cleaner Production**, v. 176, p. 348-359, 2018.
- VENTURA, K. S. Modelo de avaliação do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS) com uso de indicadores de desempenho: estudo de caso - Santa Casa de São Carlos-SP. 2009. 258 p. Tese (Doutorado em Engenharia - Hidráulica e Saneamento) - **Escola de Engenharia e São Carlos**, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.



CAPÍTULO XIX

PRODUÇÃO DE CORPOS DE PROVA ARGAMASSADOS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA POR GRÂNDULOS DE BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS1051-19

Jéssica Cristina de Abreu Romão ¹
Maria Jacy Caju do Egito ²
Daniel Araújo de Macedo ³
Assíria Edlaine de França Lemos ⁴
Raquel Cristina Neves Leite ⁵
Diego Vieira Figueiredo ⁶

¹ Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

² Doutoranda em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

³ Professor Doutor, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais – UFPB

⁴ Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

⁵ Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

⁶ Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

RESUMO

Existe no Brasil um problema que vem preocupando todos os meios sociais que é o descarte de resíduos sólidos, dentre eles, encontram-se os pneus inservíveis. Em busca de uma solução para esse problema, a presente pesquisa apresenta o uso de grânulos de borracha de pneus inservíveis em substituição parcial da areia na produção de corpos de prova argamassados. Foram confeccionados doze corpos de prova de modo a testar a resistência de cada um comparando o traço de referência com os traços das porcentagens de 15%, 25% e 35% e assim foi possível um arremate de qual porcentagem do material produzido é viável para uso. Observou-se que quanto maior a porcentagem de grânulos de borracha adicionados ao concreto, menor é a sua resistência à compressão.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Pneus inservíveis. Blocos argamassados.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é uma ferramenta que a sociedade encontrou para colaborar com o meio ambiente e garantir meios para gerações futuras com o objetivo de evitar a escassez dos recursos naturais, com isso é possível ser aplicada em diversas áreas e de várias formas.

Existe no Brasil um problema que vem preocupando todos os meios sociais que é o descarte de resíduos sólidos. Dentre esses resíduos sólidos se encontram os pneus inservíveis, que são eles impossibilitados de serem reusados para automotivos e na maioria das vezes são dispostos em locais inapropriados podendo vir a acumular água, sendo foco para transmissão de várias doenças. O pneu é composto de vários componentes que possuem aditivos químicos que colocam em risco a saúde humana quando queimados, sendo essa fumaça também responsável por gases poluentes para o meio ambiente.

A presente pesquisa apresenta o uso de grânulos de borracha de pneus inservíveis na produção de corpos de provas argamassados que podem ser estudados para possíveis aplicações na construção civil, como exemplo, alvenaria de vedação. Nessa produção não vai se fazer uso de agregados graúdos por isso o nome “corpos de prova argamassados” e não “corpos de prova de concreto”. As normas aqui utilizadas são elas relacionadas a concreto, isso para averiguar se os resultados desse estudo podem atender aos requisitos das mesmas, verificando se a resistência à compressão dos corpos de prova aqui produzidos é semelhante ou igual com os parâmetros da ABNT NBR 6136:2014.

A areia vai ser substituída de forma parcial pelo uso dos grânulos de borrachas. A resistência dos corpos de prova com porcentagens de borrachas vai ser comparada com o traço de referência. O uso de pneus inservíveis nesse trabalho reforça ainda mais o papel social de desenvolver a sustentabilidade, já que esse material que pode vir a servir para aplicações na construção civil e seu processo de execução se encaixa em um perfil sustentável, sendo capaz de colaborar com a sociedade e meio ambiente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA DO TRABALHO

O presente estudo foca em desenvolver corpos de prova sem adição de agregados graúdos, e apenas com o uso parcial de 15%, 25% e 35% de grânulos da borracha de pneus em substituição da areia. Trata-se de uma pesquisa do tipo, explicativa porque foi voltada a relatar e explicar o fenômeno aplicado à confecção desses corpos de prova argamassados, averiguando suas características de acordo ABNT NBR 6136:2014. A coleta de dados partiu da obtenção de resultados coletados no laboratório de materiais localizado no Centro Universitário de João Pessoa.

2.2. DEFINIÇÃO DO TRAÇO

O traço definido para esse trabalho foi tirado da norma ABNT NBR 7215–1996-Cimento Portland-Determinação da Resistência à Compressão. A tabela 1 mostra os traços já definidos com as porcentagens de 15%, 25% e 35%, a relação de água/cimento usada foi um.

Tabela 1 – Quantidade de material para cada traço

Traços	Cimento(kg)	Areia(Kg)	Borracha(kg)
Traço Ref.	1	3	0
T-C	10,5	31,5	0
T-15%	10,5	26,775	4,725
T-25%	10,5	23,625	7,875
T-35%	10,5	20,475	11,025
Soma	42	102,375	23,625

Fonte: Autoria própria, 2019.

Foram produzidos três corpos de prova de cada traço. Ao todo foram confeccionados doze corpos de provas (Figura 1).



Figura 1 – Corpos de prova confeccionados



Fonte: Autoria própria, 2019.

2.3. ENSAIOS REALIZADOS

Foram produzidos alguns ensaios com o objetivo de conhecer e especificar as características e diferenças entre a areia e os grânulos de borracha já que eles vão ser usados em substituição parcial no material cimentício. Todos os ensaios foram realizados de acordo com as normas da ABNT correspondente a cada um.

2.3.1. ENSAIO DE GRANULOMETRIA DA AREIA E DOS GRÂNULOS DE BORRACHA

O ensaio de granulometria foi feito de acordo com a NBR NM 248:2003 que trata de agregados — determinação da composição granulométrica.

A tabela 3 foi tirada da norma NBR NM 248:2003, onde contém a massa mínima da amostra correspondente para cada dimensão nominal de agregado. De acordo com a referida tabela, foi retirada a quantidade de material utilizado para a realização do ensaio de granulometria, tanto para a borracha quanto para a areia.

Foram pesadas duas bandejas que serão denominadas de M1 e M2, cada uma com 1 kg de borracha. Essas bandejas foram levadas para a estufa para secar o material com temperatura entre 105° — 110°C por 24 horas. Logo em seguida foram retiradas da estufa para esfriar em temperatura ambiente.

A borracha contida na bandeja M1 foi usada no processo de peneiramento, onde foram encaixadas as peneiras de malhas de 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 600 µm, 300 µm e 150 µm no agitador mecânico de peneiras de forma decrescente de cima para

baixo com tampa e fundo, onde foi vibrado durante 5 minutos, tempo estipulado na norma para que haja a separação e classificação dos grãos da amostra. A bandeja M2 ficou reservada para ser realizado experimento semelhante.

Depois desse processo, as peneiras foram retiradas do agitador mecânico e foi colocada a quantidade retida em cada peneira e fundo em uma bandeja, que foram pesadas para fazer o somatório e verificar a porcentagem deferida.

Verificou-se que esse somatório não ultrapassou os 0,3% da amostra inicial o que é proposto na norma. Em seguida esse mesmo procedimento foi realizado para os grânulos de borracha da bandeja M2. Procedimento semelhante foi realizado para o ensaio de granulometria da areia onde o somatório das peneiras também não deferiu mais de 0,3% da amostra inicial.

2.3.2. ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA DA AREIA E DA BORRACHA

Para o ensaio de massa específica dos grânulos de borracha e areia foram seguidos o passo a passo da NBR/NM 52:2009, onde, para determinar a massa específica dos grânulos de borracha a água foi substituída por querosene, pois, diferente da areia, a borracha flutua na água, ou seja, ela não afunda e fica boiando na superfície do recipiente o que impossibilita o objetivo do ensaio. Já com o querosene, a borracha afunda, e assim se torna possível a sua decantação. Foi separado 70 g de grânulos de borracha que foram peneirados e levados para a estufa para secar em uma temperatura de 100 °C por 24 horas.

Em seguida foi adicionada a borracha, com o auxílio do funil, ao frasco de Le Chatelier que continha querosene até a marca de número zero. Após esse procedimento foi necessário esperar a borracha decantar totalmente para que fosse possível observar e anotar a medida de onde se marcava o querosene. O mesmo procedimento foi realizado para determinar a massa específica da areia.

2.3.3. ENSAIO DE MASSA UNITÁRIA DA BORRACHA E DA AREIA

O procedimento, tanto para o ensaio de massa unitária da borracha quanto para o da areia, foi o mesmo e foi seguido de acordo com a NBR NM 45:2006. O material em que se quer determinar o ensaio deve estar seco.

Para dar início ao ensaio foi necessário verificar a massa do caixote vazio com volume de 18,750 cm³. Este foi preenchido pelo material pausadamente, por três vezes

e de maneira repetitiva, de uma altura não maior a 50 mm da borda superior do caixote e evitando-se a segregação do agregado. Depois de cheio foi utilizado uma espátula para nivelar o agregado no recipiente e, logo em seguida, esse caixote preenchido foi pesado na balança. Esse procedimento foi repetido por três vezes.

2.3.4. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DOS CORPOS DE PROVA

O ensaio de compressão simples tem como objetivo a determinação da resistência à compressão de corpos de prova. Para esse ensaio foi utilizada uma prensa hidráulica que atende os requisitos da norma ABNT NBR 7500-1: 2004, que trata de calibração de máquinas de ensaio estático uniaxial.

Os corpos de prova foram colocados na prensa individualmente de acordo como tempo de cura de cada um que foi 7,14 e 28 dias contados do dia em que foram moldados. Quando colocados entre duas placas lisas da prensa, o corpo de prova recebeu tensões, onde eram estabilizadas e registradas para determinar a resistência do corpo de prova.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ENSAIO DOS AGREGADOS

A Tabela 2 mostra os resultados derivados do ensaio de granulometria, onde se pode observar a porcentagem retida em cada peneira e a porcentagem retida acumulada em cada uma de ambos os materiais: areia e grânulos de borracha.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de granulometria

Peneira (mm)	Areia			Grânulos de borracha		
	Massa (g)	%		Massa (g)	%	
		Retida	Acumulada		Retida	Acumulada
4,75				284,46	28,446	28,446
2,36	2	0,2	0,2	120,46	12,046	40,492
1,18	46	4,6	4,8	212,43	21,243	61,735
0,6	312	31,2	36	131,3	13,13	74,865
0,3	398	39,8	75,8	97,92	9,792	84,657
0,15	172	17,2	93	80,51	8,051	92,708
fundo	70	7	100	72,92	7,292	100
total	1000	100		1000	100	

Fonte: Autoria própria, 2019.

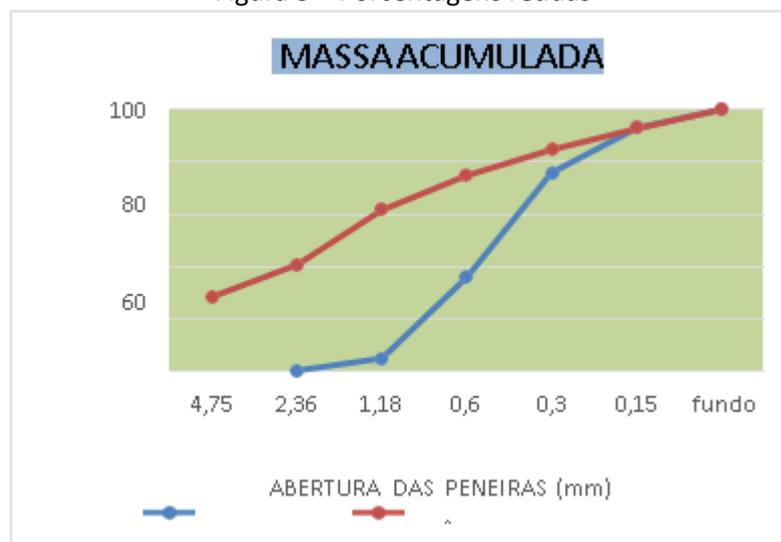
As figuras 2 e 3 mostram com mais detalhes o comportamento dos dados obtidos da porcentagem retida e retida acumulada comparando a areia com os grânulos de borracha.

Figura 2 – Porcentagens retidas



Fonte: Autoria própria, 2019.

Figura 3 – Porcentagens retidas



Fonte: Autoria própria, 2019.

Pode-se observar que os dois materiais apresentam algumas diferenças em relação às porcentagens encontradas, tanto na retida quanto na retida acumulada. A areia possui seu percentual maior retido na peneira de 0,3 mm (300 µm) e a borracha teve sua maior porcentagem retida na peneira de 4,75 mm, os dois materiais tiveram o percentual de 100% retido acumulado no fundo das peneiras. Essa diferença de percentuais se dá pelo tamanho da partícula de cada material. Para a escolha da



granulometria que foi usada no trabalho foi levado em consideração as exigências da norma ABNT NBR 7211:2009.

Foi feita uma comparação com os resultados obtidos através do ensaio de granulometria para determinar qual resultadouria ser utilizado para a escolha ideal da granulometria usada no trabalho.

Pode-se perceber que para atender as exigências da NBR 7211:2009 devem-se usar os grânulos de borracha que ficaram retidos na peneira de 0,3 mm. A areia, diferente da borracha, poderia ser usada a partir da peneira de 1,18 mm, mas como um dos objetivos desse trabalho é substituir os grânulos de borracha parcialmente no lugar da areia, então foi escolhida tanto a areia como a borracha que ficou retida na peneira de 0,3 mm, pois, a borracha só vem a atender os critérios da norma quando fica retida nessa mesma peneira, já que esse trabalho faz testes do uso dos grânulos de borracha usados parcialmente no lugar da areia, optou-se em usar a mesma granulometria para ambos os materiais possibilitando um resultado mais preciso.

O modulo de finura é a soma das porcentagens retidas acumuladas, dividido por cem. Sendo assim, o modulo de finura da areia é de 3,098 e o da borracha é de 4,829. Podendo assim classificar a areia usada nesse trabalho como areia média.

De acordo com a norma NBR 7211:2009 segue a seguinte classificação:

- Entre 2,20 e 2,90 para a zona ótima;
- Entre 1,55 e 2,20 para a zona utilizável inferior;
- Entre 2,90 e 3,50 para a zona utilizável superior.

Sendo assim pode-se confirmar que os grânulos de borracha superam os limites dessas classificações ficando fora dos limites estabelecidos em grande parte da sua distribuição no ensaio de granulometria.

3.1.1. ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA

Para determinação dos resultados nesse tipo de ensaio é utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{massa específica do agregado} = \frac{\text{massa da areia (g)}}{\text{leitura final (cm}^3\text{)} - \text{leitura inicial (cm}^3\text{)}}$$

O resultado da massa específica da areia foi de 2,63 g/cm³ e da borracha foi 1,19 g/cm³.

3.1.2. ENSAIO DE MASSA UNITÁRIA

Para determinar a massa unitária dos materiais, se faz necessário a seguinte fórmula:

$$\text{massa unitária do agregado} = \frac{\text{mar} - \text{mr}}{v}$$

Onde:

mar = massa do recipiente mais a massa do agregado em kg/m³;

mr = massa do recipiente vazio em kg;

v = volume do recipiente em m³

A tabela 3 mostra os valores encontrados nos ensaios.

Tabela 3 – Peso dos caixotes com o material

BORRACHA	MASSA kg	AREIA	MASSA kg
Caixote 1	10,24 kg	Caixote 1	35,200 kg
Caixote 2	10,23 kg	Caixote 2	35,500 kg
Caixote 3	10,22 kg	Caixote 3	35,500 kg
Soma	30,69 kg	Soma	106,200 kg
Média	10,23 kg	Média	35,400 kg

Fonte: Autoria própria, 2019.

A massa unitária da areia foi de 1,51 g/cm³ e da borracha 0,40 g/cm.

3.2. RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

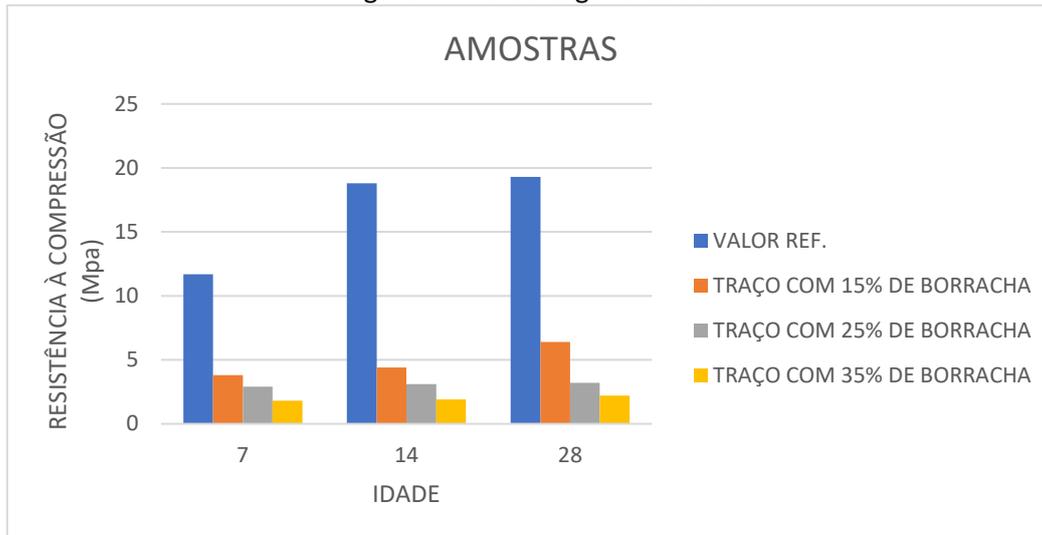
O ensaio de resistência à compressão foi realizado para as idades de 7, 14 e 28 dias e foi feito para os 4 traços, obtendo-se os resultados das resistências para cada tempo conforme mostra no gráfico 5.

É possível observar que o desempenho mecânico dos traços aumenta conforme a idade, isso é uma característica do concreto, mas também acontece por causa da escolha do cimento Portland CP II F que, com o passar do tempo, atinge valores mais altos de resistência, diferente do cimento CP IV que utilizado para concreto alcança níveis elevados de resistência já nos primeiros dias de sua cura.

Também é possível perceber que existe uma variação nas resistências dos traços com adição de borracha e do traço sem adição de borracha. A figura 4 demonstra essa variação.



Figura 4 – Porcentagens retidas



Fonte: Autoria própria, 2019.

Como registrado no gráfico 5, o traço com 15% de adição de borracha, aos sete dias, alcança a resistência de 3,8 MPa. Já aos 14 dias, o traço de 25% alcança 3,1 MPa, ambos estando de acordo com os parâmetros da ABNT NBR 6136:2014. Observou-se, entretanto, que ocorre uma queda na resistência dos traços com adição de borracha particularmente no de 35% de grânulos de borracha.

É notável que quanto maior a porcentagem de borracha, maior é a queda na resistência à compressão axial do traço. Esse fato ocorre porque a borracha possui natureza desigual dos componentes físicos e químicos da areia.

4. CONCLUSÃO

Esse estudo analisou a viabilidade do uso de grânulos de borracha de pneus inservíveis na substituição parcial da areia para a produção de corpos de prova argamassados. Pôde-se perceber que, com o aumento da porcentagem de borracha, existe uma redução na massa do bloco. Isso ocorre pelo fato de a borracha possuir um valor menor na massa específica em relação à areia, isso é determinante, pois pode ajudar a diminuir o tempo de duração na obra, com a produção de blocos mais leves, facilitaria o carregamento, consequentemente diminuindo o tempo gasto. Existe uma queda na resistência dos traços com adição de grânulos de borracha.

A menor resistência observada foi a do traço de 35% de grânulos de borracha. O traço com 15% de adição de borracha aos sete dias já alcança a resistência de 3,8 MPa,

aos 14 dias o traço de 25% alcança 3,1 MPa e ambos estão de acordo com os parâmetros da ABNT NBR 6136:2014. Embora os resultados obtidos comprovem que o uso de grânulos de borracha como agregado miúdo, em substituição a areia, seja viável, porém, esse trabalho indica o uso do traço de 15%, pois, este com sete dias já apresentava a resistência mecânica proposta na norma específica. Por fim, ficou comprovado que o traço com adição de 35% de grânulos de borracha não satisfaz a norma e, sendo assim, fica inviável o seu uso.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria- Requisitos, Notas de estudo de Engenharia Civil.** Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão.** Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 7500-1: Materiais metálicos - Calibração e verificação de máquinas de ensaio estático uniaxial Parte 1: Máquinas de ensaio de tração/ compressão - Calibração e verificação do sistema de medição da força.** Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, Júnior, F. A. da; Martinelli, A. E. **Análise das propriedades do agregado miúdo: resíduo de borracha de pneu para compósitos cimentícios.** 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 09 a 13 de Novembro de 2014, Cuiabá.

CAPÍTULO XX

ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DE RCD NA CAMADA DE SUB-BASE DO PAVIMENTO

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-20

Aline Batista Xavier ¹
Julyerica Tavares de Araújo ²
Jéssica Cristina de Abreu Romão ³
Daniel Araújo de Macedo ⁴
Diego Vieira Figueiredo ⁵

¹ Graduada em engenharia civil. Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ

² Professora especialista, Coordenadora de Pós-graduação em Infraestrutura de vias urbanas – UNIPÊ

³ Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

⁴ Professor Doutor, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais – UFPB

⁵ Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM) – UFPB

RESUMO

A indústria da construção civil é primordial para o desenvolvimento econômico e social do país, gerando empregos diretos e indiretos e renda para a população. Em contrapartida, o setor se caracteriza como um dos principais geradores de resíduos, conhecidos como RCD – resíduos de construção e demolição, do planeta, ocasionando impactos ambientais, tanto pelo grande volume gerado quanto pelo descarte inadequado. Nesse cenário, tornou-se cada vez mais importante à implementação de uma cultura de sustentabilidade, focada em tratamento, reciclagem e reutilização, promovendo a preservação dos recursos naturais e o reaproveitamento de resíduos. Dentro das possíveis alternativas de pesquisa para reutilização desses resíduos é o seu uso nas camadas do pavimento, através da substituição parcial ou total do agregado natural. O presente estudo avaliou a viabilidade técnica do uso do RCD na camada de sub-base do pavimento, a partir dos ensaios de consistência, compactação e CBR. O desenvolvimento do estudo se deu em três etapas. A primeira etapa compreendeu a coleta no local destinado a depósito do RCD na cidade de João Pessoa, a USIBEN. Na segunda etapa foram realizados os ensaios determinados por normas e especificações para o uso do material em pavimentação. Na terceira e última etapa foi realizada uma análise dos resultados. Diante dos resultados, foi possível afirmar que o emprego desse resíduo não é uma alternativa tecnicamente viável para a camada de sub-base, pois os resultados encontrados nos ensaios de CBR não foram satisfatórios.

Palavras-chave: Construção civil. Resíduos. Reutilização. Ensaios. Sub-base.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é primordial para o desenvolvimento econômico e social do país, gerando empregos diretos e indiretos e renda para a população. Em contrapartida, o setor se caracteriza como um dos que mais consomem recursos naturais do planeta, sendo responsável pelo consumo de 40 a 75% da matéria-prima, desde água e madeiras até calcários e minerais, sendo conseqüentemente um dos principais geradores de resíduos, representando cerca de 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados (MARQUES NETO, 2005).

Os resíduos sólidos, em geral, constituem um dos principais causadores da degradação ambiental, tanto pelo volume gerado como por seu tratamento e sua destinação inadequados. Sua gestão representa um dos principais problemas a serem resolvidos por organismos do governo e prefeituras municipais (COSTA, 2003).

Diante da necessidade de redução dos custos e dos impactos causados pelo descarte irregular de resíduos sólidos, que afetam o meio ambiente, a sociedade e à saúde pública, o setor da construção civil vem buscando alternativas inovadoras e ecologicamente corretas para a destinação correta desses materiais. Insere-se nesse contexto a utilização do resíduo de construção e demolição (RCD) para as camadas de base e sub-base dos pavimentos.

Dessa forma, o estudo teve a finalidade de estudar a viabilidade da utilização de resíduo de construção e demolição no pavimento. Esta medida pode minimizar os impactos ambientais causados pela disposição inadequada desse material.

Segundo Marques Neto (2005), os RCD podem ser definidos como todo rejeito de material utilizado na execução de etapas de obras de construção civil, podendo ser provenientes de novas construções, reformas, reparos, restaurações, demolições e obras de infraestrutura.

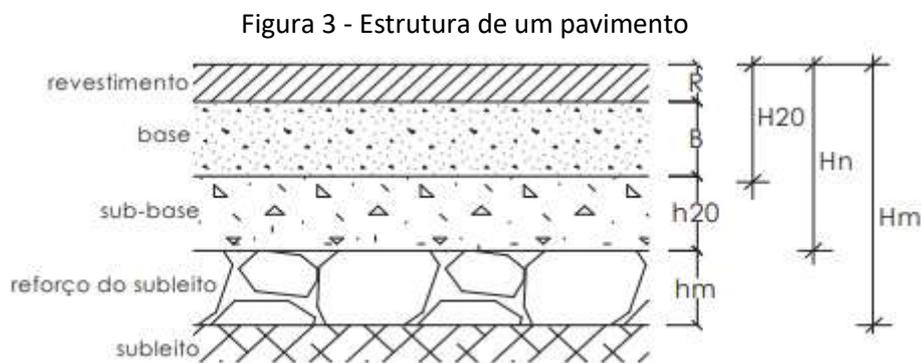
De acordo com a NBR 10.004, os resíduos de construção e demolição, são classificados como sendo Classe II B – Inertes e os definem como sendo quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum



de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

1.1. PAVIMENTO

A estrutura de um pavimento é constituída de Subleito (terreno de fundação); Reforço de Subleito (camada complementar de espessura constante); Sub-base (correção do subleito que complementa a estrutura da base); Base (distribui os esforços e é o leito para o revestimento); e Revestimento (resiste e distribui os esforços, impermeabiliza a estrutura e atribui ao rolamento suavidade e segurança) (ALMEIDA, 2015).



Fonte: adaptado de Balbo, 2007

1.1.1. TIPOS DE PAVIMENTOS

Os pavimentos podem ser classificados em três grupos distintos: pavimento flexível, pavimento rígido e pavimento semirrígido.

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT, pavimento flexível é aquele que consiste em uma camada de rolamento asfáltica e de base, constituída de uma ou mais camadas, que se apoia sobre o leito da estrada sendo que a camada de rolamento pode-se adaptar-se à deformação da base quando solicitada.

Segundo Bernucci et al. (2010), os pavimentos rígidos são aqueles em que o revestimento é constituído por placas de concreto de cimento Portland. Revestimento este que possui elevada rigidez em relação às camadas inferiores e espessura fixa em função da resistência à flexão das placas, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado.

Conforme o DNIT, pavimento semirrígido é aquele que tem uma deformidade maior que o rígido e menor que o flexível, constituído de uma base semiflexível (solocal,

solo-cimento, solo alcatroado, etc.) e de camada superficial flexível (concreto asfáltico, tratamento superficial betuminoso).

1.1.1.1. PAVIMENTO COM AGREGADO DE RCD

Utilizar o RCD em camadas para pavimentação é algo que se mostrou viável tanto na parte econômica quanto na utilização deste material já que é vasta a quantidade de materiais gerados pela construção e pela possibilidade destes materiais serem reciclados. São várias as cidades brasileiras e estrangeiras que fazem uso de agregados reciclados em pavimentos, tendo resultados satisfatórios, já que são alternativas para substituir materiais naturais que não são renováveis, pavimentando vias com pouco tráfego (CHIARELLO, NASCIMENTO E MARQUES, 2016).

2. PROCEDIMENTOS

2.1. GRANULOMETRIA

A granulometria foi determinada seguindo as especificações contidas no DNER 051/94, que estabelece toda a aparelhagem, amostragem e os requisitos para a execução do método e a obtenção dos resultados. A amostra devidamente seca, foi destorroada e homogeneizada, sendo pesado uma quantidade de 1 kg de solo para a realização do ensaio.

Logo em seguida, peneirou-se o material na #10 (2,00 mm), e o material retido foi pesado e utilizado no peneiramento grosso do solo, sendo o mesmo lavado para a retirada de impurezas, como visualizado na figura 8, e colocado na estufa.

O material que passou na #10, foi pesado como mostrado na figura 9, e logo depois retirou-se uma quantidade suficiente para a realização do peneiramento fino e para a determinação do teor de umidade e densidade real do solo. Em seguida, esse material foi posto na #200 (0,075mm), lavado e colocado na estufa. O restante do material da amostra de 1 kg, foi passado na #40 (0,42 mm), para a realização dos ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade.

Ao final, a amostra do material seco foi passada por diversas peneiras sequenciais, compreendidas entre as peneiras #10 (2,00mm) e #200 (0,075mm), sendo o material retido em cada peneira pesado e comparado com a massa total da amostra.

2.2. LIMITES DE ATTERBERG

2.2.1. LIMITE DE LIQUIDEZ

Para a execução desse ensaio e a determinação do limite de liquidez do solo, foi utilizado o aparelho de Casagrande. Na etapa inicial do ensaio, com o auxílio de um recipiente de porcelana, retirou-se uma amostra de solo passante na #40 (0,42 mm), figura 12, e aos poucos adicionou-se água misturando até alcançar uma mistura homogênea.

Após este procedimento, a mistura foi colocada no aparelho de Casagrande, e a partir daí seguiu-se os requisitos estabelecidos na DNER 122/94. Determinou-se então o teor de umidade através da quantidade de golpes necessárias para o fechamento das bordas da ranhura. O ensaio foi repetido 5 vezes.

2.2.2. LIMITE DE PLASTICIDADE

Segundo a DNER 082/94 neste ensaio modela-se uma pequena quantidade de solo em forma elipsoidal, realizando rolamentos sucessivos sob uma placa de vidro, com pressão suficiente da mão para lhe dar a forma de cilindro, até alcançar as dimensões de 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento. Após atingir tais medidas, coletam-se alguns fragmentos deste cilindro em uma cápsula para a determinação da umidade. O ensaio foi repetido 5 vezes.

2.3. COMPACTAÇÃO

O ensaio de compactação seguiu sua respectiva norma, a ABNT NBR 7182/2016, que fixa o método de determinação de correlação entre o teor de umidade e o peso específico seco de um solo quando compactado com determinada energia. Foram realizadas 4 amostras para cada dosagem determinada, sendo estas especificadas no quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Misturas para o ensaio de compactação

Traço	Solo	RCD
1	100%	0%
2	30%	70%
3	50%	50%
4	70%	30%

Fonte: Autoria própria, 2019

O solo utilizado na primeira compactação foi seco ao ar livre e destorrado, passando logo em seguida pela #4 (4,8 mm). Separou-se 6kg de solo e adicionou-se água à amostra até se verificar uma certa consistência.

Depois da perfeita homogeneização da mistura, a mesma, foi colocada no cilindro de Proctor, e a partir daí foi compactada conforme estabelecido pela norma. Após a compactação do material, removeu-se o colarinho e a base, nivelou-se a superfície do material à altura do molde, e pesou-se o conjunto cilindro e solo úmido compactado. O mesmo procedimento foi repetido quatro vezes sequenciais, sendo coletado 5 cápsulas de uma pequena quantidade de solo para a determinação da umidade. O processo foi realizado para cada dosagem diferente adotada.

2.4. ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (ISC)

O ensaio é padronizado pela Norma DNIT 172/2016 que fixa os procedimentos para a determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC) de solos em laboratórios. O ensaio é constituído de três partes, a compactação do solo em corpos de provas através do ensaio de Proctor, cálculo de expansão através da imersão do corpo de prova em água e ensaio de penetração.

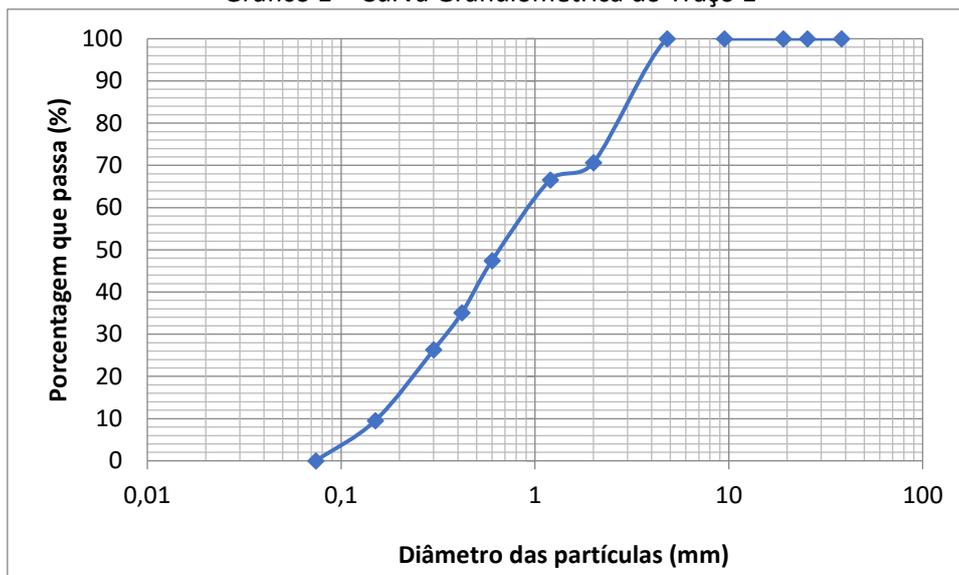
Este ensaio se deu no molde cilíndrico grande em 5 camadas iguais, aplicando-se em cada uma delas 26 golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada, já que trata-se de material de sub-base. Após remover o disco espaçador e preparar as amostras, estas foram colocadas em imersão em um tanque de água durante 4 dias.

Terminado o período de embebição, cada corpo de prova foi retirado da imersão e ficaram escoando por 15 minutos e depois encaminhados para a prensa de penetração, que tem a função de determinar a capacidade de suporte de um solo compactado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico 1 apresenta a curva granulométrica do Traço 1, que corresponde a 100% de solo, obtida através do ensaio de caracterização física do solo.

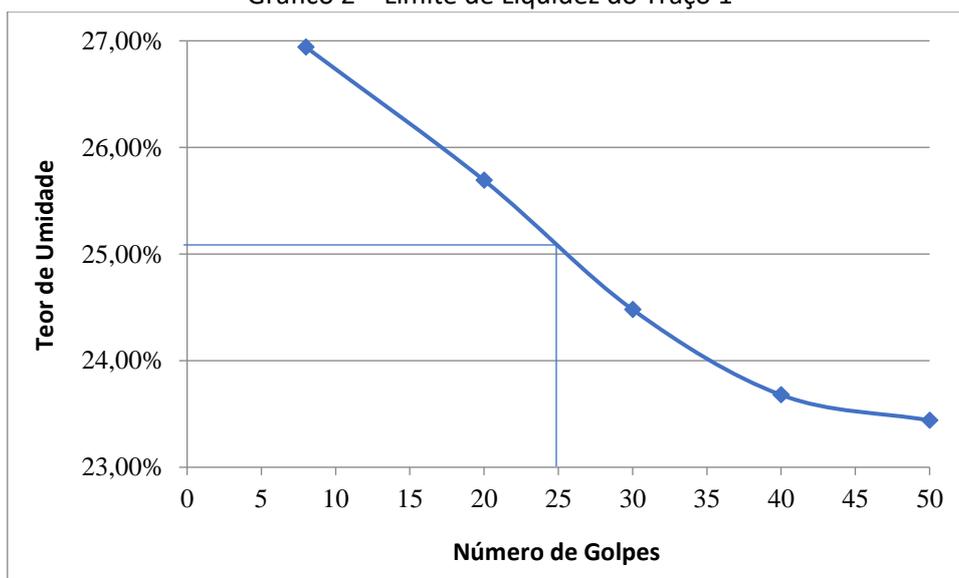
Gráfico 1 – Curva Granulométrica do Traço 1



Fonte: Autoria própria, 2019

O gráfico 2 mostra o resultado do ensaio de limite de liquidez (LL), pertencente ao Traço 1. O limite de liquidez do solo será o teor de umidade correspondente a 25 golpes, obtido com base na reta ajustada. O resultado final deve ser expresso como um número inteiro, portanto o valor do Limite de Liquidez adotado foi 26%. O Limite de Plasticidade (LP) encontrado foi de 16%, portanto o Índice de Plasticidade (IP), calculado pela diferença entre o Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade foi de 10%.

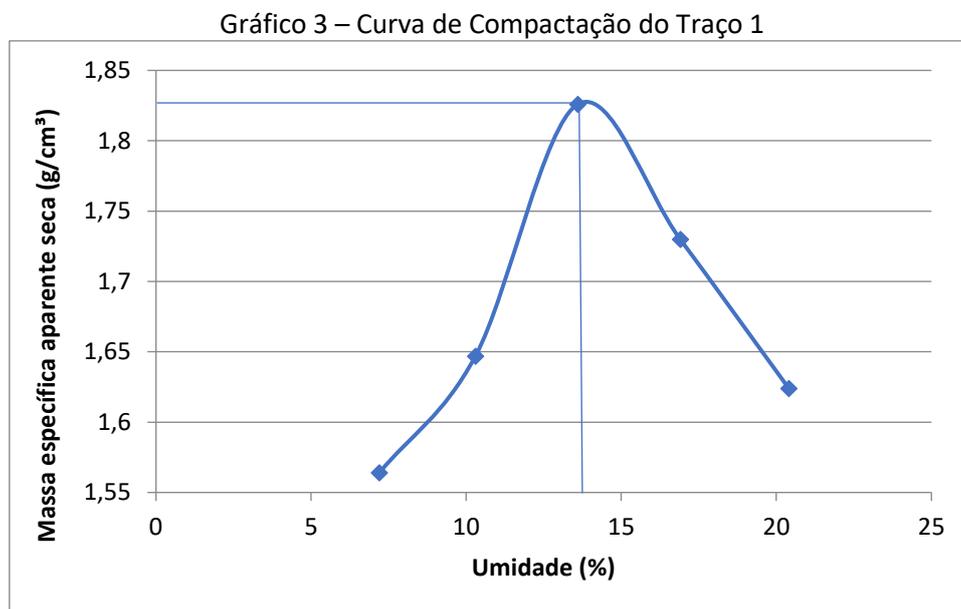
Gráfico 2 – Limite de Liquidez do Traço 1



Fonte: Autoria própria, 2019

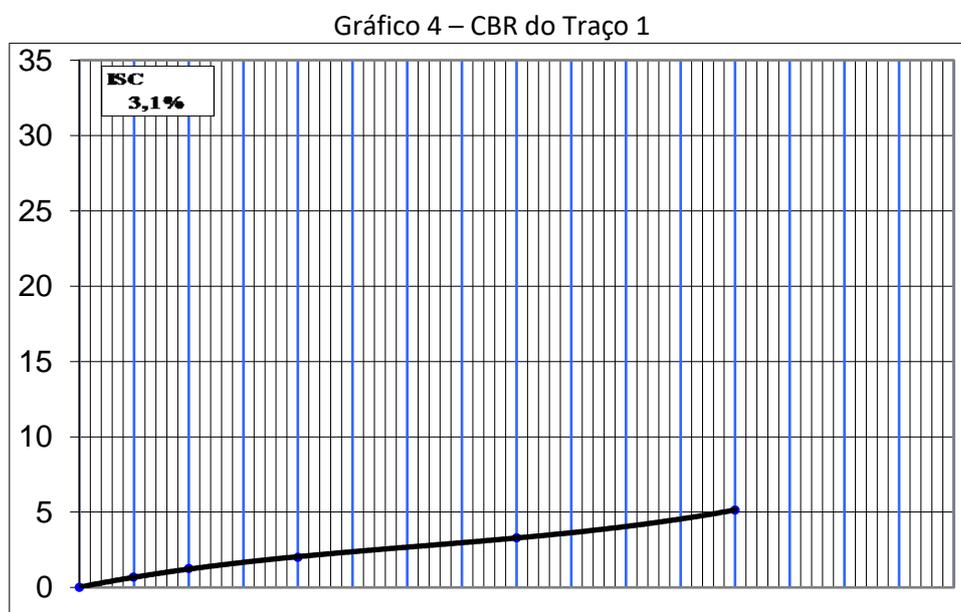
No gráfico 3 é apresentada a curva de compactação, do Traço 1, encontrada no ensaio de compactação aplicando-se a energia de Proctor normal. O resultado do ensaio

de compactação fornece um valor de ρd_{max} igual a 1,826 g/cm³ e uma umidade ótima de 13,6%.



Fonte: Autoria própria, 2019

Utilizando-se o Traço 1, foi realizado o ensaio de CBR para determinar a capacidade de suporte do solo, cujo valor obtido foi de 3,1%. O gráfico 4 refere-se ao resultado encontrado.



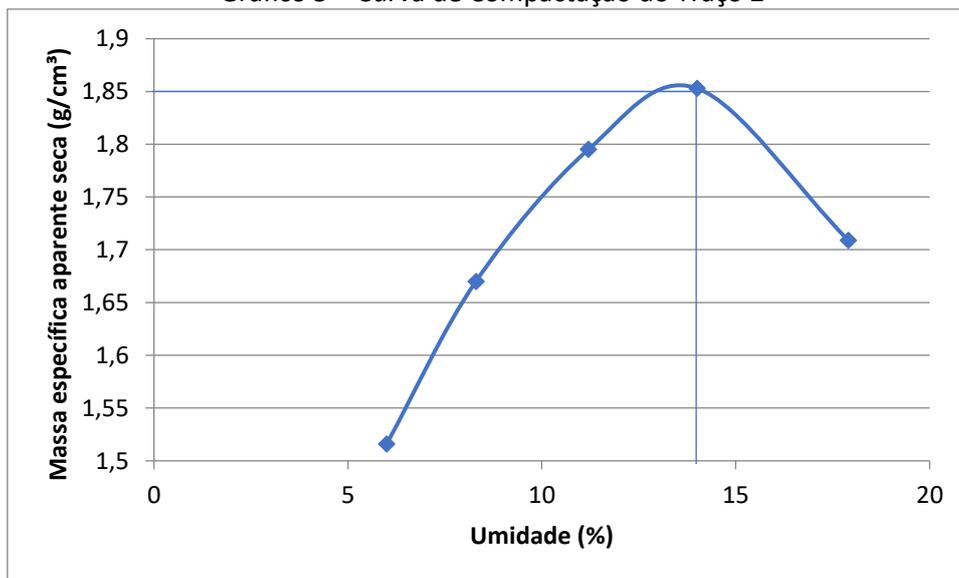
Fonte: Autoria própria, 2019

A partir dos resultados da curva granulométrica e dos limites de consistência foi possível classificar o solo por meio do sistema HRB (Highway Research Board), adotado pela AASHTO (American Association of State Highway Officials).

O solo foi classificado como siltoso, com comportamento geral como subleito de fraco a pobre (A – 4), de acordo com o sistema de classificação rodoviária (AASHTO).

O gráfico 5 apresenta a curva de compactação do Traço 2, correspondente a 30% de solo e 70% de RCD. O resultado do ensaio de compactação fornece um valor de ρd_{max} igual a 1,853 g/cm³ e uma umidade ótima de 14%. Para esse traço supracitado, não foi possível obter os limites de consistência, devido à consistência do material usado na mistura.

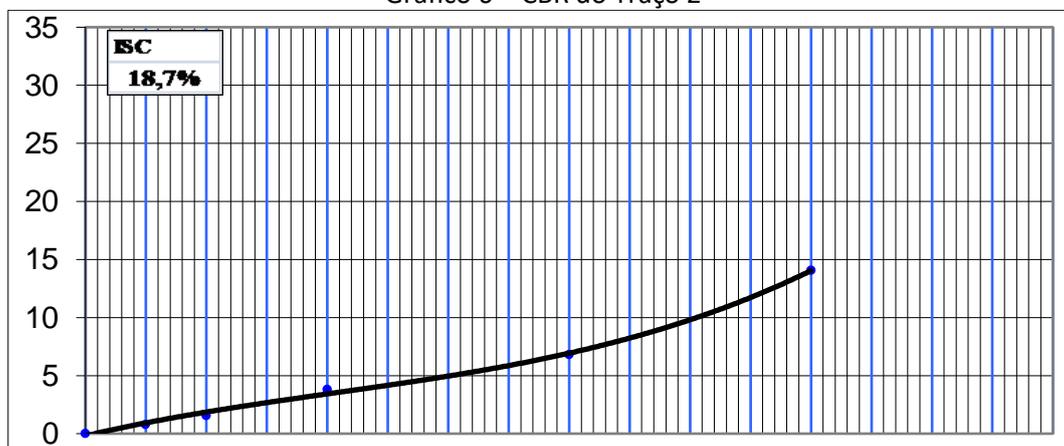
Gráfico 5 – Curva de Compactação do Traço 2



Fonte: Autoria própria, 2019

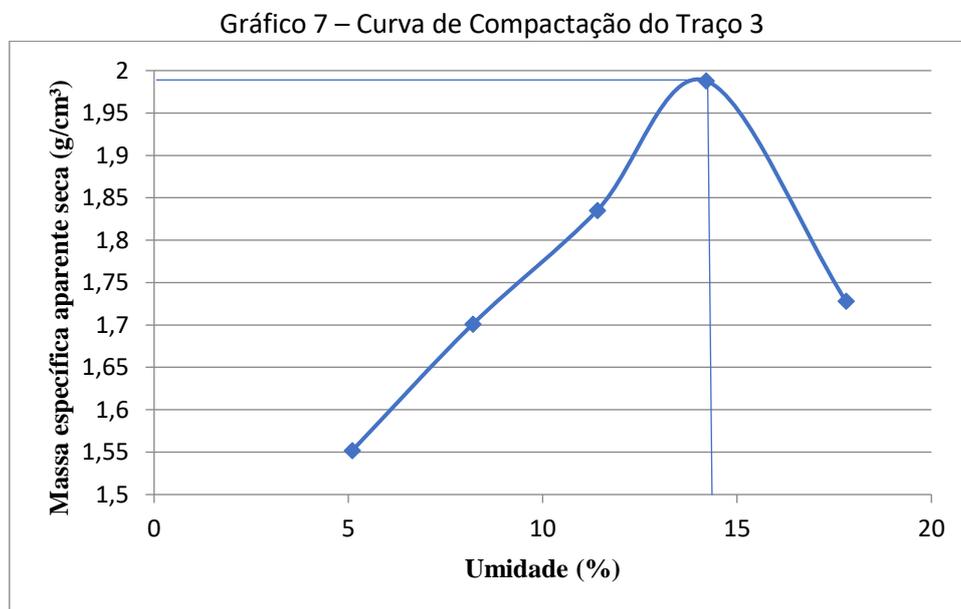
O gráfico 6 é referente ao resultado do ensaio de CBR, cujo valor encontrado para o Traço 2 foi de 18,7%, ou seja, a mistura representa 18,7% da resistência à penetração da brita padronizada.

Gráfico 6 – CBR do Traço 2



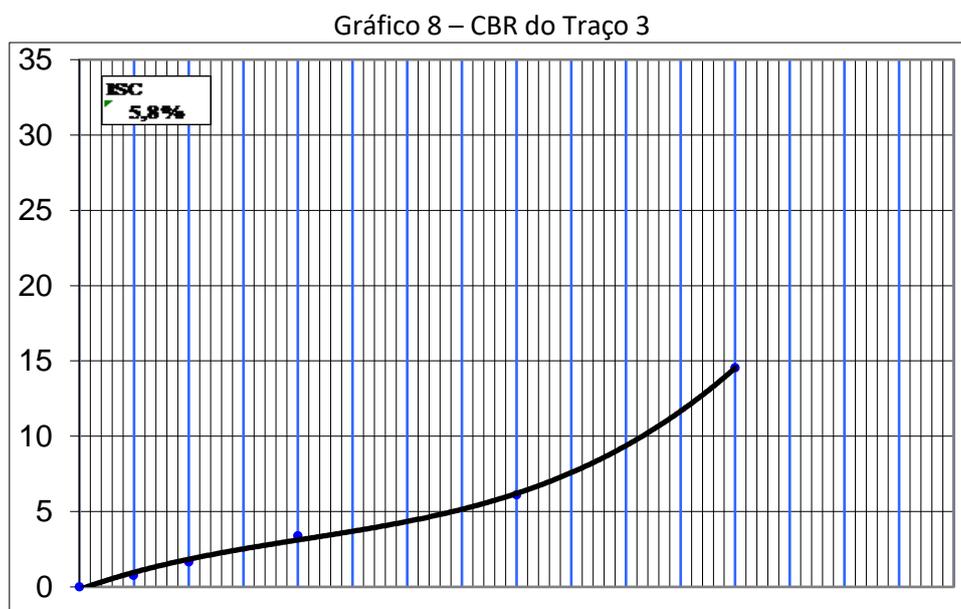
Fonte: Autoria própria, 2019

O gráfico 7 apresenta a curva de compactação do Traço 3, correspondente a 50% de solo e 50% de RCD. O resultado do ensaio de compactação fornece um valor de ρd_{max} igual a 1,988 g/cm³ e uma umidade ótima de 14,2%.



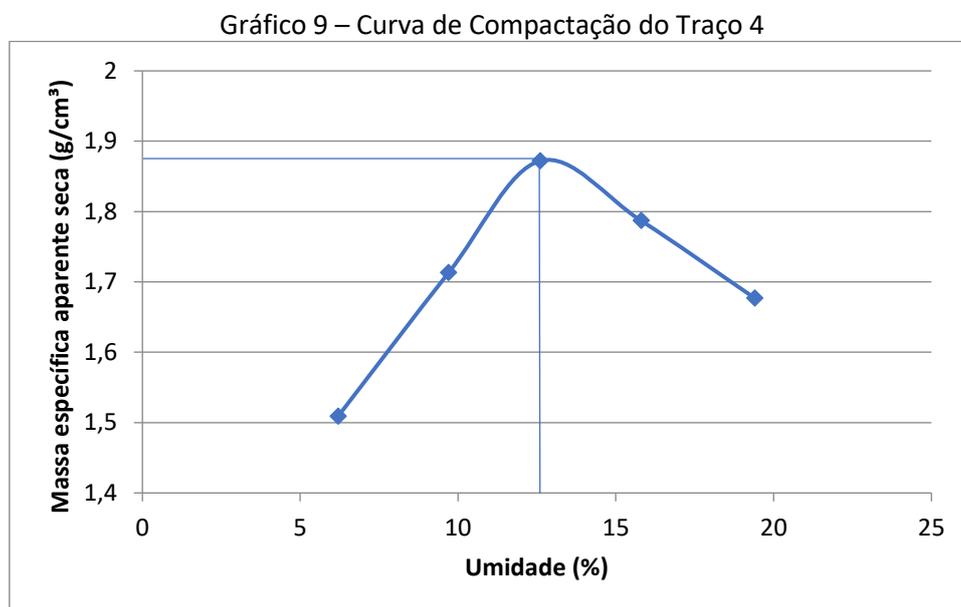
Fonte: Autoria própria, 2019

O gráfico 8 é referente ao resultado do ensaio de CBR, representado pela curva pressão x penetração, cujo valor encontrado para o Traço 3 foi de 5,8 %.



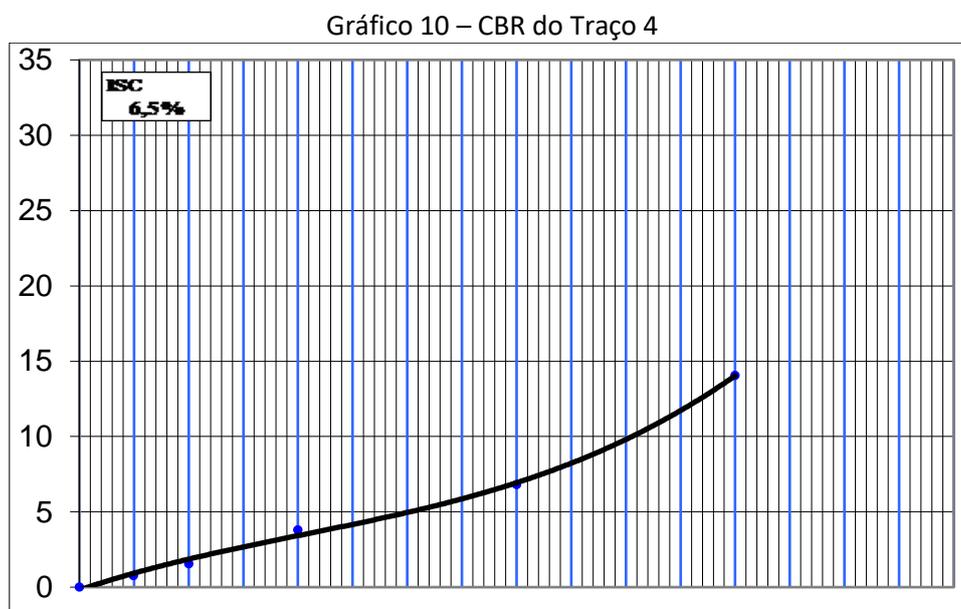
Fonte: Autoria própria, 2019

O gráfico 9 apresenta a curva de compactação do Traço 4, correspondente a 70% de solo e 30% de RCD. O resultado do ensaio de compactação fornece um valor de ρd_{max} igual a 1,872 g/cm³ e uma umidade ótima de 12,6%.



Fonte: Autoria própria, 2019

O gráfico 10 é referente ao resultado do ensaio de CBR, representado pela curva pressão x penetração, cujo valor encontrado para o Traço 4 foi de 6,5 %.



Fonte: Autoria própria, 2019

Os resultados nos mostram que o Traço 1, constituído apenas de solo, teve valor de ISC igual a 3,1% e expansão 0,5. Todos os demais traços produzidos com o acréscimo

de RCD apresentaram um aumento significativo na resistência à penetração. O Traço 2, referente a 70% RCD e 30% solo, foi o que apresentou a maior capacidade de suporte dos traços analisados, com ISC de 18,7% e expansão de 0,7.

Os traços foram submetidos à mesma energia de Proctor normal, sendo utilizados cilindros e soquete grandes, 5 camadas e 26 golpes por camada. O quadro 2 apresenta os valores obtidos, através dos ensaios executados, para cada uma das diferentes dosagens de misturas realizadas.

Quadro 2 - Resultado dos parâmetros dos ensaios realizados

Parâmetros	Traço 2	Traço 3	Traço 4
Umidade ótima	14,0%	14,2%	12,6%
Massa específica seca máxima	1,853g/cm ³	1,988g/cm ³	1,872g/cm ³
Índice de Suporte Califórnia	18,7	5,8	6,5
Expansão	0,7	0,1	0,2

Fonte: Autoria própria, 2019

De acordo com os resultados apontados no quadro 2, podemos verificar que as amostras com a incorporação do RCD apresentam valores relativamente superiores em relação a massa específica seca máxima e ao Índice de Suporte Califórnia, sendo o ICS máximo encontrado de 18,7%. Os resultados mostram, também, baixos valores de expansão para todos os traços.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo o Manual de Pavimentação – DNIT 2006, os materiais para serem utilizados em sub-base devem apresentar Índice de Grupo (IG) igual à zero, CBR maior ou igual a 20% e expansão menor ou igual a 1%, determinados através dos ensaios de Compactação e de Índice de Suporte Califórnia (ISC).

Os resultados nos mostram que o Traço 1, constituído apenas de solo, teve valor de ISC igual a 3,1% e expansão 0,5. Todos os demais traços produzidos com o acréscimo de RCD apresentaram um aumento significativo na resistência à penetração. O Traço 2, referente a 70% RCD e 30% solo, foi o que apresentou a maior capacidade de suporte dos traços analisados, com ISC de 18,7% e expansão de 0,7.

Por meio dos ensaios realizados no presente trabalho, para avaliar a viabilidade do uso de RCD na camada de sub-base do pavimento, foi possível afirmar que o emprego desse resíduo não é uma alternativa tecnicamente viável, pois os resultados



encontrados nos ensaios de CBR não foram satisfatórios. Como o maior valor encontrado de CBR foi de 18,7%, valor esse menor do que aquele determinado e especificado pelo DNIT, o material não pode ser utilizado na camada de sub-base.

Foi verificado que o material poderia ser utilizado na camada de subleito, já que os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio CBR, menor ou igual a 2% e um CBR maior ou igual a 2%, de acordo com o Manual de Pavimentação – DNIT 2006.

Sendo assim o material pode ser aproveitado, o que reafirma a escolha do seu uso, tendo em vista a importância de suas aplicações já que podem contribuir com questões ambientais, proporcionando colaboração para a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se ampliar a proporção de RCD em substituição ao solo, executar o ensaio de equivalente de areia, assim como ensaios de propriedade mais mecânica, e também verificar a viabilidade do uso desses materiais em blocos de concreto para pavimento intertravado.

REFERÊNCIAS

- NBR 10004: **Resíduos sólidos - Classificação** -. Rio de Janeiro, ABNT, 2004;
- _____. NBR 10007: **Amostragem de resíduos sólidos** -. Rio de Janeiro, ABNT, 2004;
- _____. NBR 10006: **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos** -. Rio de Janeiro, ABNT, 2004;
- _____. NBR 9935: **Agregados: terminologia** -. Rio de Janeiro, ABNT, 2011;
- _____. NBR 7182: **Solo - Ensaio de compactação** -. Rio de Janeiro, ABNT, 2016;
- BERNUCCI, Liedi B.; MOTTA, Laura M. G.; CERATTI, Jorge A. P.; SOARES, Jorge B. **Pavimentação Asfáltica – formação básica para engenheiros**. 3ª Edição. Rio de Janeiro, Imprinta, 2010.
- BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – Nº 307**. 2002. Disponível em:
<https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf>. Acesso em: 15 Ago. 2019.
- BRASIL. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT)**. 2006. Disponível

em:<http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Pavimenta%E7%E3o_05.12.06.pdf>. Acesso em: 15 Ago. 2019

BRASIL. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) – NORMA 172 – Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio.** 2016. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dnit172_2016-me.pdf>. Acesso em: 15 Ago. 2019.

BRASIL. **Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) - NORMA 051 – ME – Solos – Análise granulométrica.** 1994. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me051-94.pdf/view>> Acesso em: 15 Ago. 2019.

BRASIL. **Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) - NORMA 082 – ME – Solos – determinação do limite de plasticidade.** 1994. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me082-94.pdf>> Acesso em: 15 Ago. 2019.

BRASIL. **Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) - NORMA 122 – ME – Solos – determinação do limite de liquidez – método de referência e método expedito.** 1994. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me122-94.pdf>> Acesso em: 15 Ago. 2019.

BRASIL. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) - NORMA 031 – ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço.** 2006. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit031_2006_es.pdf> Acesso em: 15 Ago. 2019.

CHIARELLO, M. H.; NASCIMENTO, C., MARQUES, C.S.A. **Utilização de Agregados de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) em Pavimentação.** Artigo Científico. Revista Funec Científica – Multidisciplinar, Santa Fé do Sul (SP), 2016.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Secretaria de Transportes. – **Projeto de Pavimentação.** 2006.

MARQUES NETO, José da Costa. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil.** São Carlos: Rima, 2005. 162 p.

MARQUES NETO, J. C., **Gestão dos Resíduos de Construção Civil no Brasil.** São Carlos, Ed. RIMA, 2005.

CAPÍTULO XXI

HISTÓRIA DE VIDA DAS ABELHAS MAMANGAVAS DE CHÃO (HYMENOPTERA: APIDAE: BOMBINI), IMPORTÂNCIA SOCIOAMBIENTAL E DECLÍNIO DE ESPÉCIES

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-21

Mikail Olinda de Oliveira ¹

¹ Professor Adjunto da Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

RESUMO

Muitas espécies de abelhas vêm sofrendo um enorme declínio populacional ao redor do mundo, principalmente abelhas de grande porte como é o caso do gênero *Bombus*, conhecidas popularmente como mamangavas de chão. Esse fato traz consequências negativas para os serviços de polinização que ele realiza, e poderá trazer sérios problemas ambientais e de abastecimento de alimento para a sociedade como um todo. Com isso, buscou-se nessa revisão de literatura, aprofundar e concentrar conhecimentos e informações sobre as abelhas *Bombus*, sua história de vida, importância social e ambiental e declínio de espécies, trazendo à tona as causas e consequências para os seres humanos.

Palavras-chave: *Bombus*. Mamangavas de chão. Polinização. Declínio. Polinizadores.

1. INTRODUÇÃO

As abelhas pertencentes ao gênero *Bombus*, conhecidas popularmente como mamangavas de chão, apresentam função vital tanto para meio ambiente, uma vez que são responsáveis pela reprodução e biodiversidade vegetal, como no abastecimento de alimentos para a sociedade através de seus serviços de polinização (KEVAN & PHILIPS, 2001; KLEIN et al., 2007; OLLERTON et al., 2011). Entretanto, apesar da importância, assim como vários outros grupos de abelhas nativas, as abelhas mamangavas de chão do gênero *Bombus*, estão agora declinando ao redor do globo terrestre (SOROYE et al., 2020; IUCN, 2021).

Algumas espécies desse gênero estão se tornando extintas, e muitas outras estão sofrendo um grande risco de extinção (BIESMEIJER et al., 2006; OLROYD, 2007), isso está inspirando várias pesquisas ao redor do mundo para examinar tanto as causas, como as consequências desse declínio. Como resultado, evidências foram se acumulando de que a redução na população dessas abelhas está diretamente ligada a vários fatores, como: destruição do seu habitat natural, intensificação da agropecuária, uso indiscriminado de agrotóxicos, ação de patógenos e devido às mudanças climáticas ao longo dos anos (POTTS et al., 2010).

Está também se tornando significativamente claro que o declínio local e regional desse importante grupo de polinizadores tem consequências negativas para os serviços de polinização que ele realiza, e que poderá trazer sérios problemas ambientais e de abastecimento de alimento para a população (KREMEN et al., 2002; BOMMARCO et al., 2012; DEGUINES et al., 2014). Com isso, buscou-se nessa revisão de literatura, aprofundar e concentrar conhecimentos e informações sobre as abelhas *Bombus*, sua história de vida, importância social e ambiental e declínio de espécies, trazendo à tona as causas e consequências para os seres humanos.

2. METODOLOGIA EMPREGADA

2.1. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE TRABALHOS CIENTÍFICOS





A seleção dos trabalhos científicos baseou-se na conformidade dos limites dos assuntos aos objetivos deste trabalho (foram consultados e utilizados como fonte bibliográfica 34 publicações sobre o tema).

As buscas foram realizadas em bases de dados bibliográficos; ao todo utilizou-se como fonte vinte oito (28) artigos científicos publicados em periódicos internacionais, um (1) artigo científico publicado em periódico nacional, três (3) livros internacionais e dois (2) sites especializados. Foram incluídos livros e artigos originais indexados entre 1964 e 2021.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. HISTÓRIA DE VIDA DAS ABELHAS MAMANGAVAS DE CHÃO

Abelhas do gênero *Bombus* é um grupo eusocial primitivo, que apresenta cuidado com a prole e divisão do trabalho no interior da colônia (MICHENER, 1974). Inicialmente a colônia é formada a partir da rainha (fase de vida solitária), durante essa fase a rainha faz todo o trabalho, tanto de coleta de alimento, construção dos potes e casulos e cuidado com as crias (GOULSON, 2003).

Quando as primeiras operárias filhas dessa rainha começam a emergir, a rainha cessa os trabalhos externos e passa a assumir apenas a função reprodutiva no interior da colônia, enquanto as operárias assumem todos os trabalhos internos e externos de forrageamento inerentes à manutenção da colônia (HEINRICH, 2000). Os machos possuem apenas a função reprodutiva e as operárias, assim como na maioria das espécies de abelhas eusociais, podem realizar postura a partir do desenvolvimento ovariano, originando apenas machos, as operárias e as potenciais rainhas só podem ser produzidas a partir da postura da rainha.

No momento que os primeiros machos e as novas rainhas começam a emergir, se inicia um conflito dentro da colônia, este momento é conhecido como a seleção de parentesco ou '*kin-selected conflict*' (HAMILTON, 1964). Valores individuais entre um indivíduo e outro dentro da colônia, varia de acordo com a suas relações genéticas. Assim, de acordo com essas diferenças nas relações genéticas, começa o conflito entre grupos, onde diferentes partes são desigualmente relacionadas com as crias (TRIVERS & HARE, 1976; RATNIEKS & REEVE, 1992).



Em insetos sociais que são iniciados por uma rainha fundadora, como acontece no gênero *Bombus*, as rainhas são mais proximamente relacionadas com seus próprios filhos do que com os filhos das operárias, em contrapartida, operárias são mais próximas dos seus filhos e filhos de outras operárias do que com os filhos da rainha.

A teoria da seleção de parentesco prevê conflitos entre a porcentagem de machos, com as rainhas favorecendo os machos produzidos por ela e as operárias favorecendo o aparecimento dos machos produzidos pelas próprias operárias (HAMILTON, 1964; TRIVERS & HARE, 1976). Em *Bombus terrestris* operárias com ovários ativados em colônias maduras tentam trocar os ovos das rainhas e de outras operárias pelos seus próprios ovos e iniciam os ataques contra a rainha (VAN HONK et al., 1981; VAN DER BLOM, 1986), estudos sugerem que esse comportamento é uma expressão do conflito na seleção do parentesco (BOURKE & RATNIEKS, 2001).

Esse momento de postura de ovos haploides pelas operárias é conhecido como ‘*competition point*’ (DUCHATEAU & VELTHUIS 1988). Existe a hipótese de que isso acontece por causa da redução do feromônio da rainha que é detectado pelas operárias. A partir desse sinal as operárias reconhecem que aquela rainha não representa mais um recurso reprodutivo futuro de irmãs completas, daí que a postura de ovos de machos é agora a sua seleção de parentesco que interessa (CNAANI, et al., 2000; BOURKE & RATNIEKS, 2001).

A partir desse ponto e após os indivíduos reprodutivos (machos e novas rainhas) começarem a emergir, a colônia apresenta alta taxa de mortalidade das operárias, dando início a parte final do ciclo reprodutivo de abelhas desse gênero. Com a redução no número de operárias, o alimento começa a ficar escasso e, conseqüentemente, a rainha fundadora morre, nesse momento, que em clima temperado coincide com o início da época invernal, os sexuais já abandonaram a colônia, que enfraquece bastante, ficando mais susceptível a ataques de inimigos e parasitas, ocasionando a extinção total da colônia ao final do ciclo reprodutivo (ALFORD, 1975). Entretanto, em climas tropicais, de acordo com SAKAGAMI et al. (1967) e GARÓFALO et al. (1986) após a morte da rainha fundadora, novas rainhas permanecem no ninho, e após a cópula, reativam o ninho mãe, como foi descrito para a espécie Neotropical *Bombus atratus*.



3.2. DISTRIBUIÇÃO DAS ABELHAS DO GÊNERO BOMBUS

O gênero *Bombus*, possui aproximadamente 250 espécies descritas em todo mundo. Na América do sul existem apenas 22 espécies conhecidas divididas em três subgêneros (HINES et al., 2007; WILLIAMS et al., 2008). Espécies tropicais, principalmente Neotropicais, são menos abundantes (MOURE & MELO, 2012). No Brasil, o gênero é representado por apenas seis espécies, todas pertencentes ao subgênero *Thoracobombus*: *B. bellicosus*, *B. brasiliensis*, *B. brevivillus*, *B. morio*, *B. atratus* e *B. transversalis* (MOURE & MELO, 2012).

3.3. SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

As abelhas *Bombus* apresentam grande importância na polinização natural das plantas silvestres, sendo também amplamente utilizadas na polinização agrícola (VELTHUIS & DOORN, 2006). Atualmente são muito valorizadas pelos serviços de polinização prestados (POTTS et al., 2015), existindo muitas pesquisas que comprovam a eficiência polinizadora de diferentes espécies de *Bombus* e incrementos produtivos causados por essas abelhas. A seguir, veremos alguns exemplos de como essas abelhas influenciam a agricultura mundial.

No México, com a cultura do tomate, os frutos produzidos, oriundo de flores polinizadas por abelhas *Bombus ephippiatus*, apresentaram no final do ciclo de produção, uma maior quantidade de sementes, maiores conteúdos de açúcares totais e maior peso do fruto fresco (VERGARA & FONSECA-BUENDÍA, 2012). Com a mesma cultura, mas agora nos EUA, a espécie *B. vosnesenskii* causou um grande incremento na produtividade e flores polinizadas pelas abelhas apresentaram um fruto de maior tamanho quando comparadas com as que não receberam visita, os autores também mencionam a grande eficiência dessa espécie em ambiente protegido (DOGTEROM et al., 1998). DASGAN & OZDOGAN (2004), na Nova Zelândia, encontraram que o comportamento vibratório (“Buzz pollination”) dessas abelhas nas flores do tomate em casa de vegetação, causou um incremento de cerca de 90% na produção final, quando comparado com a vibração manual. Esses são só alguns exemplos de ganhos produtivos causados pela polinização realizadas pelas abelhas do gênero.



Não é de hoje que abelhas do gênero são utilizadas na polinização de culturas agrícolas. Por serem abelhas de grande porte, espécies desse primitivo gênero possuem uma capacidade e eficiência polinizadora muito elevada. Essas abelhas possuem um papel crucial na produção de alimentos, e quando presentes em áreas agrícolas, causam incrementos produtivos e contribuem de forma bastante significativa no abastecimento de alimentos da população mundial.

3.4. DECLÍNIO DE ESPÉCIES

É amplamente aceito pela comunidade científica o desaparecimento de várias espécies de abelhas do gênero *Bombus*, e que outras estão claramente em risco. A abundância e a diversidade dessas abelhas estão agora declinando (BIESMEIJER et al., 2006; OLROYD, 2007, POTTS et al, 2015). As mudanças no uso da terra, principalmente após a segunda metade do século 20, causaram uma severa perda de habitat e criaram importantes fatores limitantes para as populações de abelhas, especialmente para as abelhas do gênero *Bombus*, que são abelhas de grande porte e necessitam de mais recursos florais durante toda sua vida (GOULSON, 2003; FAO, 2006).

Existe um consenso de que o declínio no número e diversidade de abelhas *Bombus* está ligado com a intensificação da pecuária e de práticas agrícolas, mudanças climáticas e desmatamentos (WILLIAMS, 1986; OSBORNE & CORBET, 1994; GOULSON, 2003; BIESMEIJER et al. 2006; SOROYE et al., 2020).

Por serem abelhas de grande porte, mamangavas de chão necessitam de maiores quantidades de pólen e néctar para sua manutenção e para reprodução. Quando o recurso floral viável se torna progressivamente escasso em espaço e tempo, que é o que está acontecendo atualmente, abelhas menores, de menor porte, podem apresentar uma maior habilidade de completar seu ciclo de vida do que abelhas de grande porte. Estudos recentes em diferentes continentes mostram que durante o século passado, espécies de grande porte estão declinando mais rapidamente do que espécies de menor porte (BARTOMEUS et al., 2013; SCHEPER et al., 2014). Em boa parte da Europa algumas espécies de *Bombus* foram extintas e muitas outras estão declinando dramaticamente (BIESMEIJER et al. 2006), principalmente após 1950.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As abelhas são os principais polinizadores das plantas silvestres e cultivadas de todo mundo e são responsáveis pela manutenção da biodiversidade vegetal e pela produção de boa parte dos alimentos que nós humanos consumimos. Entretanto, muitas espécies de abelhas vêm sofrendo um enorme declínio populacional, entre elas, as de maior tamanho corporal podem ser mais afetadas e sofrerem mais com o declínio do que as abelhas menores.

Diversos estudos ao redor do mundo sugerem isso e apontam as espécies do gênero *Bombus*, conhecidas pelo seu grande porte, como umas das que mais sofrem com todas essas alterações ambientais.

São necessárias políticas públicas que realmente visem a elaboração de um sistema produtivo mais justo e sustentável, e que realmente favoreça a preservação e manutenção de espécies polinizadoras em áreas agrícolas. Não podemos desassociar a consciência ambiental da produção de alimentos; para que produtores e agricultores de todo o mundo possam continuar abastecendo a população, é necessário que os serviços ecossistêmicos estejam intactos e funcionais. E entre esses serviços destaca-se a polinização realizada pelas abelhas.

Assim, para promover segurança alimentar da sociedade devemos preservar o meio ambiente e reflorestar áreas degradadas, pois só plantando árvores podemos salvar as espécies de abelhas e demais polinizadores, e assim, salvar a nós mesmos.

REFERÊNCIAS

- ALFORD, D.V. **Bumblebees**. London: Davis – Poynter, 1975.
- BARTOMEUS, I.; ASCHER, J.S.; GIBBS, J.; DANFORTH, B.; WAGNER, D.; HEDKE, S.H. & WINFREE, R. Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. **PNAS**, v. 110, n. 12, p. 4656-4660, 2013.
- BIESMEIJER J.C., ROBERTS, S.P.M., REEMER, M., OHLEMÜLLER, R., EDWARDS, M., PEETERS, T., SCHAFFERS, A.P., POTTS, S.G., KLEUKERS, R., THOMAS, C.D., SETTELE, J., KUNIN, W.E. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and The Netherlands. **Science**, v. 313, p. 351-354, 2006.

- BOMMARCO, R.; LUNDIN, O.; SMITH, H. G. & RUNDLÖF, M. Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. **Proc. R. Soc. B**, v. 279, p. 309–315, 2012.
- BOURKE, A. F. G. & RATNIEKS, F. L. W. Kin-selected conflict in the bumble-bee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). **Proceedings of the Royal Society of London, Series B**, v. 268, p. 347–355, 2001.
- CNAANI, J., ROBINSON, G. E., BLOCH, G., BORST, D. & HEFETZ, A. The effect of queen-worker conflict on caste determination in the bumblebee *Bombus terrestris*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 47, p. 346–352, 2000.
- DASGAN, H. Y. & OZDOGAN, A. O. Effectiveness of bumblebee pollination in anti-frost heated tomato greenhouses in the Mediterranean Basin. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**
- DOGTEROM, M. H.; MATTEONI, J. A. & PLOWRIGHT, R. C. Pollination of greenhouse tomatoes by the North American *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 91, n. 1, p. 71-75, 1998.
- DEGUINES, N.; JONO, C.; BAUDE, M.; HENRY, M.; JULLIARD, R. & FONTAINE, C. Large-scale trade-off between agricultural intensification and crop pollination services. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 12, n. 4, p. 212–217, 2014.
- DUCHATEAU, M. J. & VELTHUIS, H. H. W. Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colonies. **Behaviour**, v. 197, p. 186–207, 1988.
- FAO. **Livestock's Log Shadow**. 416p., 2006.
- GARÓFALO, C.A. Aspectos bionômicos de *Bombus* (Fervidobombus) *morio* (Swederus). III. Tamanho das operárias e desenvolvimento da colônia (Hymenoptera, Apidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 40, p. 345-348, 1980.
- GOULSON, D. **Bumblebees: Behaviour and Ecology**. Oxford, UK: Oxford Univ. Press., 2003.
- HAMILTON, W. D. The genetical evolution of social behaviour I, II. **Journal of Theoretical Biology**, v. 7, p. 1–52, 1964.
- HEINRICH, B. **Bumblebee Economics**. Harvard College. United State of America, 2000.
- HINES, H.M.; CAMERON, S.A. & DEANS, A.R. Nest architecture and foraging behavior on *Bombus pullatus* (Hymenoptera: Apidae), with comparisons to other tropical bumble bees. **Journal Kansas Entomological Society**, v. 80, p. 1-15, 2007.
- IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2021-2. <https://www.iucnredlist.org>. Downloaded 21 out 2021.



- KEVAN, P.G. & PHILLIPS, T.P. The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. **Conservation Ecology**, v. 5, p. 1: 8, 2001.
- KLEIN, A.M.; VAISSIERE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, p. 303-313, 2007.
- KREMEN, C; WILLIAMS, N.M. & THORP, R.W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, p.16812-16816, 2002.
- MICHENER, C.D. **The social behavior of the bees**. The Belknap Press of Harvard University Press, 1974.
- MOURE, J.S. & MELO, G.A.R. **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**, 2012. Online. <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Accessed 26 Oct 21.
- OLLERTON, J; WINFREE, R & TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.
- OLROYD, B.P. What's killing American honey bee? **PLoS Biology**, v. 5, n.6, p.168, 2007.
- OSBORNE, J.L. & CORBET, S.A. Managing habitats for pollinators in farmland. **Aspects of Applied Biology**, v. 40, p. 207–215, 1994.
- POTTS, S.; BIESMEIJER, K.; BOMMARCO, R.; BREEZE, T.; CARVALHEIRO, L.; FRANZEN, M.; GONZALEZ-VARO, J.P.; HOLZSCHUH, A.; KLEIJN, D.; KLEIN, A.M.; KUNIN, B.; LECOCQ, T.; LUNDIN, O.; MICHEZ, D.; NEUMANN, P.; NIETO, A.; PENEV, L.; RASMONT, P.; RATAMAKI, O.; RIEDINGER, V.; ROBERTS, S.P.M.; RUNDLOF, M.; SCHEPER, J.; SORENSEN, P.; STEFFAN-DEWENTER, I.; STOEV, P.; VILA, M.; SCHWEIGER, O. **Status and trends of European pollinators**. Key findings of the STEP project. Pensoft Publishers, Sofia, 72 p. 2015.
- RATNIEKS, F. L. W. & REEVE, H. K. Conflict in single-queen Hymenopteran societies: the structure of conflict and processes that reduce conflict in advanced eusocial species. **Journal of Theoretical Biology**, v. 158, p. 33–65, 1992.
- SAKAGAMI, S.F.; AKAHIRA, Y. & ZUCCHI, R. Nest architecture and brood development in a neotropical bumblebee *Bombus atratus*. **Insectes Society**, v. 14, p. 389–414, 1967.
- SCHEPER, J.; REEMER, M.; VAN KATS, R.; OZINGA, W.A.; VAN DER LINDEN, G.T.J.; SCHAMINÉE, J.H.J.; SIEPEL, H. & KLEIJN, D. Museum specimens reveal loss of pollen host plants as key factor driving wild bee decline in the Netherlands.



Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America v. 111, p. 17552-17557, 2014.

SOROYE, P., NEWBOLD, T. & KERR, J. Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents. **Science**, Vol 367, Issue 6478, pp. 685-688, 2020.

TRIVERS, R. L. & HARE, H. Haplodiploidy and the evolution of the social insects. **Science**, v.191, p. 249–263, 1976.

VAN DER BLOM, J. Reproductive dominance within colonies of *Bombus terrestris* (L.). **Behaviour**, v. 97, p. 37–49, 1986.

VAN HONK, C. J. G., ROßSELER, P.-F., VELTHUIS, H. H. W. & HOOGEVEEN, J. C. Factors influencing the egg-laying of workers in a captive *Bombus terrestris* colony. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 9, p. 9–14, 1981.

VELTHUIS, H.H.W. & DOORN, A. van. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. **Apidologie**, v. 37, p. 421-451, 2006.

VERGARA, C.H. & FONSECA-BUENDÍA, P. Pollination of greenhouse tomatoes by the mexican bumblebee *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Pollination Ecology**, v. 7, n. 4, p. 27-30, 2012.

WILLIAMS, P.H. Environmental change and the distribution of British bumble bees (*Bombus* Latr.). **Bee World**, v. 67, p. 50–61, 1986.

WILLIAMS, P.H.; CAMERON, A.S.; HINES, H.M.; CEDERBERG, B. & RASMONT, P. A simplified subgeneric classification of the bumblebees (genus *Bombus*). **Apidologie**, v. 39, p. 46-74, 2008.

CAPÍTULO XXII

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: INCIDÊNCIA E CONTROLE DA MOSCA-DOS-CHIFRES (*HAEMATOBIA IRRITANS*) EM GRANDES FELINOS

DOI: 10.51859/AMPLA.MAS1051-22

Eduardo Matheus Vieira Portela ¹
Tatiane Furtado de Carvalho ³

¹ Graduando do curso Bacharelado em Medicina Veterinária. Instituto Federal Catarinense – IFC

³ Professora. Laboratório de Anatomia e Patologia Animal. Instituto Federal Catarinense – IFC

RESUMO

O controle da mosca-dos-chifres provou ser um desafio, principalmente em animais sensíveis aos produtos utilizados comumente na pecuária. A busca por alternativas trouxe à tona três estratégias de controle viáveis para serem aplicadas nos grandes felinos, ou próximo a eles. O óleo da semente de Andiroba (*Carapa guianensis*) mostrou ter resultados satisfatórios *in vitro* e *in vivo*. A introdução do coleóptero *Digitonthophagus gazella* em pastagens em propriedades de bovinocultura também apresentou redução na incidência de moscas devido à interrupção do seu ciclo de vida, e ainda o uso de fungos entomopatogênicos provou-se efetivo para o controle biológico, apesar de haver algumas contradições sobre a introdução de uma nova espécie em um determinado ambiente. Diante da escassez dessas informações, essa revisão tem como objetivo o auxílio na escolha e implementação de medidas alternativas de controle desses ectoparasitas.

Palavras-chave: Controle alternativo. *Haematobia irritans*. Zoológico.

1. INTRODUÇÃO

A *Haematobia irritans*, conhecida popularmente como a mosca-dos-chifres, tornou-se um problema para a pecuária mundial, envolvendo não apenas os aspectos produtivos de bovinos de corte e leite, mas também questões de bem estar animal e conscientização ambiental. Por apresentar um ciclo de vida simples, com poucos estágios, seu desenvolvimento é rápido e compreende ambientes variados, dificultando o controle e inviabilizando a erradicação (BRITO *et al.*, 2015).

As metodologias convencionais vêm demonstrando pouca eficiência para o controle de *H. irritans* nos animais domésticos devido ao desenvolvimento de alta resistência aos inseticidas utilizados (organofosforados e piretróides), provando a necessidade da busca por estratégias alternativas que apresentem simultaneamente resultados satisfatórios e pouco ou nenhum impacto no meio ambiente ou na saúde do animal (OYARZÚN, 2008).

Testes fenotípicos, que detectam a suscetibilidade de diferentes populações desses parasitas a vários pesticidas estão disponíveis e são excelentes como critério na seleção de bases com melhor eficácia, porém sua aplicação não é comum, e portanto, ocorrem tratamentos constantes com o mesmo princípio químico, gerando mutações específicas e resistência aos produtos pesticidas (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Além do acometimento dos bovinos, a mosca-dos-chifres também parasita os grandes felinos de vida livre e cativeiro, tornando-os susceptíveis às problemáticas decorrentes de suas infestações, como elevação dos níveis de estresse, queda no consumo de alimentos e consequente redução do bem-estar, situação que é agravada devido à maior sensibilidade dos felídeos aos fármacos comumente utilizados na pecuária.

Outro desafio em relação aos grandes felinos se dá por conta de sua natureza selvagem e muitas vezes hostil ao contato humano, o que inviabiliza a administração sem sedação de certos tratamentos, como repelentes Pour-on, sendo necessário a busca de outros métodos de aplicação que não causem estresse ou qualquer impacto na qualidade de vida desses animais.

Este trabalho tem o objetivo de descrever sobre as principais ações e procedimentos necessários para o controle de *H. irritans* aplicáveis aos grandes felinos,



visando o uso de fitoterápicos com efeito repelente e controle biológico através da inserção de insetos coprófagos e fungos entomopatogênicos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o intuito de extrair informações referente ao controle da mosca-dos-chifres, conduziu-se inicialmente uma revisão bibliográfica sobre o ciclo de vida e atuação da *Haematobia irritans* no ambiente, especialmente para atividades agropecuárias, levando questões como produtividade e bem-estar animal.

Atualmente sabe-se que o presente ectoparasita não age apenas sobre equinos, ovinos e bovinos, mas também em grandes felinos sendo eles animais de vida livre ou de cativeiro. Buscando compreender sobre o controle da *h. irritans*, realizou-se buscas por referenciais teóricos sobre o controle desses parasitas, incluindo a dificuldade no manejo e medicação desses animais.

2.1. HAEMATOBIA IRRITANS

A mosca-dos-chifres (*H. irritans*) é um parasita da classe Insecta presente na família Muscidae. Mede de 3 mm a 4 mm de comprimento quando adulto, sendo o menor dos muscídeos hematófagos. Tem como hospedeiros preferenciais os bovinos, mas pode ocasionalmente atacar equinos, ovinos e cães (TAYLOR *et al.*, 2010).

Foi descoberta e descrita por Linnaeus no ano de 1758 e tornou-se difundida com o passar dos anos (BRITO *et al.*, 2005). Conforme Almeida *et al.* (2010), no Brasil a mosca-dos-chifres foi identificada primeiramente no Estado de Roraima, possivelmente vindo da Guiana por volta de 1977, tendo o seu primeiro registro feito por Valério e Guimarães (1983).

Sua propagação ocorreu de forma rápida em regiões onde a bovinocultura se encontrava em grande expansão, tornando-se uma das principais doenças parasitárias da pecuária (BRITO *et al.*, 2015). Atualmente está distribuída em todo o mundo, particularmente na Europa, Estados Unidos e Austrália (TAYLOR *et al.*, 2010) estando presente em todo o território brasileiro (ALMEIDA *et al.*, 2010).

O ciclo biológico da *H. irritans* (Figura 1) é semelhante ao de outros muscídeos, caracterizado pelo desenvolvimento rápido quando em condições favoráveis. Possuem





o hábito de permanecer em seus hospedeiros, realizando a oviposição em fezes frescas, no caso das fêmeas (TAYLOR *et al.*, 2010)

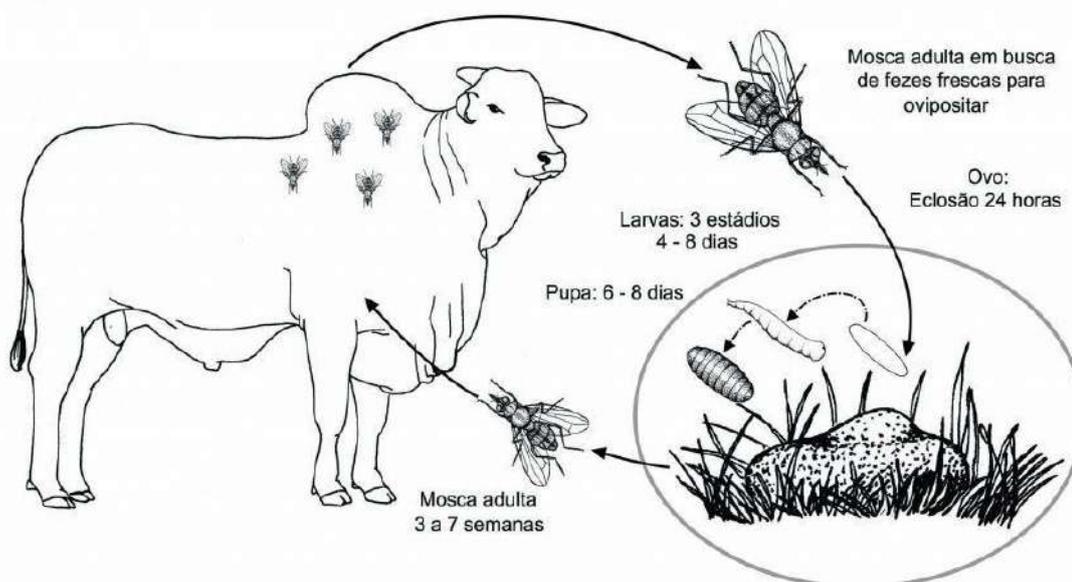
A eclosão dos ovos se dá em um curto período de tempo associado a umidade elevada, posteriormente as larvas tornam-se maduras em até 4 dias. Por outro lado, em condições de baixa umidade e temperatura, o desenvolvimento é retardado. A fase de pupa dura em torno de 8 dias, exceto no inverno, onde permanecem inertes no solo até a primavera, e os adultos, ao emergir, voam em busca de um hospedeiro (TAYLOR *et al.*, 2010).

Devido ao seu hábito alimentar estritamente hematófago quando adultos, podem segundo Hibler (1966), transmitir alguns patógenos como carbúnculo hemático, leucose bovina, anaplasmoses e *Stephanofilaria stilesi*. Promove ainda irritação e estresse nos animais, que se debatem durante o processo de hematofagia do parasita, com o intuito de afastá-los devido ao desconforto gerado pela picada.

Assim, devido ao estresse, o hospedeiro reduz a ingestão de alimento e água, ocasionando emagrecimento e queda na produção leiteira. Em casos de infestações intensas, o volume de sangue extraído do animal é considerável e acarreta grandes prejuízos associados à anemia, os quais se tornam relevantes para a pecuária (BIANCHI; ALVES, 2002).

A *H. irritans* além de infectar os bovinos, tem sido relatada acometendo outras espécies de animais selvagens na vida livre e em cativeiro.

Figura 1 - Representação do ciclo de vida da *Haematobia irritans* em bovinos.



Fonte: Ilustração: Daniela R. Krambeck. Adaptação: Evaldo M. Pires. MT Ciência (2021).

2.1.1. HAEMATOBIA IRRITANS E GRANDES FELINOS

A incidência da *H. irritans* também é objeto de estudo na área de bem-estar animal em grandes felinos, sendo essencial para garantir que os animais de vida livre e especialmente de cativeiro tenham um controle de parasitas adequado.

O termo “grandes felinos” não se refere à uma classificação biológica, e sim, a uma divisão informal abrangente para diferentes espécies felinas referente a sua capacidade de rugir, bem como o tamanho médio dos animais. Dentro desse grupo, destacam-se os tigres (*Panthera tigris*), onça-pintada (*Panthera onca*) e pumas (*Puma concolor*) (PENDRAGON; WINKLER, 2011).

O maior desafio para um controle bem-sucedido é devido à resistência da mosca-dos-chifres aos fármacos utilizados comumente, associada à sensibilidade apresentada pelos felinos sobre a aplicação de produtos pecuários como piretróides, carbamatos e organofosforados (BARROS *et al.*, 2012).

Outra dificuldade se dá pelo comportamento selvagem e hostil dos animais, que impossibilita a administração Pour-on de repelentes, de modo a tonificar a ação do fármaco pela aplicação direta na pele, sendo necessárias outras medidas como aspersão, porém em formas mais diluídas da solução, o que ocasionalmente reduz a eficácia do tratamento.

2.2. CONTROLE E RESISTÊNCIA ANTI-PARASITÁRIA

A mosca-dos-chifres, assim como outros muscídeos, encontra-se em abundância em todo o território nacional e internacional. Fatores relacionados à redução de sua propagação dividem-se em bióticos que incluem predação, competição e parasitismo, e abióticos como dessecação ou encharcamento das fezes e baixa umidade ou temperatura (BRITO *et al.*, 2005).

O conhecimento destes fatores é de suma importância para a aplicação de métodos de controle da *H. irritans*, podendo haver uma integração entre o controle químico e biológico, reduzindo o risco de resistência e danos ao ambiente e aos animais (BIANCHI; ALVES, 2002).

A gestão de resíduos humanos e animais é uma alternativa que auxilia na redução da população de muscídeos e outros insetos. O lixo pode ser incinerado ou protegido para impedir o acesso das moscas, enquanto o esterco deve ser removido ou acumulado em pilhas compactas sobre uma base de concreto, e cercadas por uma vala de água, para que as larvas ao empupar não tenham acesso ao solo (REY, 2011).

O ciclo rápido e a resistência das pupas e dos adultos a inseticidas convencionais tornam a mosca-dos-chifres um ectoparasita de difícil controle. A determinação do índice de resistência é desafiadora e subjetiva, pois baseia-se na contagem de moscas presentes no corpo do hospedeiro (BRITO *et al.*, 2005).

Em alguns estudos, a resistência à permetrina foi encontrada em 96,67% das populações testadas, enquanto a resistência a piretróides foi detectada em 97,18% das populações, com frequências acima de 87% em todas as regiões do país. Com a ocorrência generalizada de resistência aos piretróides, a eficácia desses produtos torna-se comprometida na maioria dos casos (BARROS *et al.*, 2012).

2.2.1. MÉTODOS ALTERNATIVOS

O uso de inseticidas é inviável devido à alta toxicidade e grande resistência por parte do parasita. Um método eficaz que vem sendo implantado em propriedades de bovinos é a introdução do coleóptero *Digitonthophagus gazella*, o rola-bosta-africano, nas pastagens. O besouro coprófago possui o hábito de formar esferas com as massas fecais, enterrando-as no solo a uma profundidade suficiente para impedir a oviposição e interromper o ciclo do parasita (BIANCHI; ALVES, 2002).





Outra alternativa é a utilização do óleo da semente de Andiroba (*Carapa guianensis*), que possui propriedades biológicas de efeito inseticida (*in vitro*) e repelente (*in vivo*), apresentando resultados mais eficazes para a *Haematobia irritans* quando comparados com outras moscas (*Chrysomya megacephala* e *Musca domestica*) (SILVA *et al.*, 2013). Segundo Barros (2011), os experimentos *in vivo* sobre a aplicação do óleo da semente de andiroba, apesar de escassos, já apresentam resultados positivos e nenhum efeito colateral nos felinos submetidos aos testes.

Existe ainda, através da suscetibilidade da mosca-dos-chifres a fungos entomopatogênicos, o controle biológico, sendo uma alternativa que apresenta de 90% a 100% de mortalidade em moscas quando inoculadas com as espécies *Beauveria bassiana* e *Paecilomyces farinosus*. Apesar dos resultados satisfatórios nos parasitas adultos, não foram relatados quaisquer efeitos da utilização dos fungos nas pupas e ovos de *H. irritans* (ANGEL-SAHAGÚN *et al.*, 2005).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mosca-dos-chifres está disseminada por todo o mundo, causando inúmeros impactos, tanto financeiros quanto ambientais, visto que, além dos bovinos, os felinos em cativeiro e vida livre também sofrem com sua infestação. Seu controle vem se provando cada vez mais dificultoso devido à alta taxa de resistência que esses parasitas têm desenvolvido como consequência do uso inadequado de pesticidas dentro da pecuária.

Nesse cenário, a susceptibilidade à intoxicação dos felinos perante a aplicação de piretróides, carbamatos e organofosforados, associada à escassez de informações sobre o parasitismo em grandes felinos prova a necessidade de maiores estudos sobre as casuísticas, bem como a busca por métodos alternativos para o controle desses parasitas, que apresentem baixa toxicidade e redução na taxa de promoção de resistência parasitária.

As metodologias citadas neste artigo possuem prós e contras conforme o embasamento teórico, necessitando de mais aplicações práticas para provar a efetividade de cada uma e possibilitar um julgamento mais adequado de acordo com a situação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à minha esposa, pelo seu apoio e parceria nessa caminhada, inclusive com sua participação no desenvolvimento deste artigo. Agradeço aos meus professores, pois sem eles não poderia obter o conhecimento e auxílio necessário para progredir na minha jornada. Por fim, aos meus pais, que sempre me incentivaram a seguir em frente e me deram todo o suporte necessário para alcançar meus objetivos.

REFERÊNCIAS

- BARROS, A. T. M. *et al.* 2012. Suscetibilidade da mosca-dos-chifres, *Haematobia irritans irritans* (Diptera: Muscidae), a inseticidas no Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 21(2). 125-132.
- BARROS, F. N. 2011. Avaliação da atividade do óleo da semente de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. Contra ectoparasitas de felinos domésticos. *Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Medicina Veterinária*
- BIANCHI, I; ALVES, R. G. O. 2002, Mosca-dos-chifres, *Haematobia irritans*: comportamento e danos em vacas e bezerras Nelore antes da desmama. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 22(3): 109-113
- BRITO, L. G; BORJA, G. E. M; OLIVEIRA, M. C. S; NETTO, F. G. S. 2005. Mosca-dos-chifres: aspectos bio-ecológicos, importância econômica, interações parasito-hospedeiro e controle. *Comunicado Técnico - 1º ed. Rondônia*, 16.
- HIBLER, C.P. 1966. Development of *Stephanofilaria stilesi* in the horn fly. *Journal of Parasitology*. 52, 890-898.
- BRITO, L. G. *et al.* 2015. Resistência aos pesticidas piretróides em populações de *Rhipicephalus microplus* e aos piretróides e organofosforados em *Haematobia irritans* colhidas em rebanhos de corte no Estado de São Paulo. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 38.
- OYARZÚN, M. P; QUIROZ, A; BIRKETT, M. A. 2008. Insecticide resistance in the horn fly: alternative control strategies. *The Royal Entomological Society, Medical and Veterinary Entomology*, 22, 188 - 202.
- PENDRAGON, B; WINKLER, N. 2011. The family of cats—delineation of the feline basic type. *Journal of Creation*, 25(2).
- REY, L. 2011. Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais - 4ª ed. Rio de Janeiro. *Guanabara Koogan*, 58, 750

SAHAGÚN, A. C. A. *et al.* 2005. Susceptibility of biological stages of the horn fly, *Haematobia irritans*, to the entomopathogenic fungi (Hyphomycetes). *Journal of Insect Science*.

SILVA, A. S. *et al.* 2013. Efeito inseticida e repelente do óleo de andiroba (*Carapa guianensis*) sobre espécies de moscas. *Universidade do estado de Santa Catarina, Centro de ciências tecnológicas, Joinville, Seminário de Iniciação Científica*, 23.

TAYLOR, M. A; COOP, R. L; WALL, R. L. 2010. Parasitologia Veterinária - 3ª ed. *Guanaraba Koogan*, 617.

CAPÍTULO XXIII

PANDEMIA DE COVID-19 E POLUIÇÃO PLÁSTICA: IMPACTOS, DESAFIOS E ESTRATÉGIAS DE GESTÃO PARA O CENÁRIO BRASILEIRO

DOI: 10.51859/AMPLLA.MAS1051-23

Denise da Silva Santos Vieira ¹
Hildete Batista Anunciação Campos ¹
Franciele O. Campos da Rocha ²

¹ Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Centro Universitário Jorge Amado.

² Doutora em Química Analítica e professora do Departamento de Engenharias. Centro Universitário Jorge Amado.

RESUMO

O consumo de plásticos em equipamentos de proteção individual (EPI's) e outros equipamentos médicos de uso único, juntamente com as embalagens descartáveis, evidenciaram a utilidade deste material no período pandêmico de COVID-19. Porém, a má gestão desses itens pode intensificar o problema emergente da poluição plástica. Este artigo objetivou revisar e avaliar as implicações da pandemia de COVID-19 no agravamento da poluição plástica, abordando os principais desafios relacionados à redução no uso de plásticos e na geração de resíduos no cenário brasileiro. Apesar do destaque científico dado recentemente à esta questão, ainda é escasso o número de estudos quanto a relação entre a poluição plástica e a pandemia de COVID-19, principalmente em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, como o Brasil. Existem tecnologias disponíveis para remediação e redução da poluição, no entanto, é necessário induzir mudanças comportamentais na população e nas instituições de forma gradual e simultânea, com recomendações de curto e longo prazo, focando, de forma emergencial, em avanços nas condições de saneamento básico e educação ambiental para o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Plástico e poluição. Plástico e COVID. Poluição Plástica. Microplásticos.

1. INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019 foram registrados os primeiros casos de COVID-19, na cidade de Wuhan, China; uma infecção respiratória aguda causada pelo coronavírus SARS-CoV-2 (WANG et al., 2020). A transmissão do vírus entre humanos se dá por gotículas, originárias do nariz ou boca de pessoas infectadas liberadas ao falar, tossir ou espirrar, assim como, contato com superfícies ou objetos contaminados e posterior contato com membranas mucosas do corpo (NETTO; CORRÊA, 2020).

No início de 2020 a Organização Mundial da Saúde (OMS) considerou o surto do novo coronavírus como uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) e, em março de 2020 a COVID-19 foi caracterizada como uma pandemia (OMS, 2020a). No cenário global, o número de casos confirmados já atingiu mais de 174 milhões, com mais de 3.7 milhões de mortes até junho de 2021, e ainda em constante aumento (WOLDOMETER, 2021). No Brasil, o primeiro caso de COVID-19 foi oficialmente diagnosticado em fevereiro de 2020, na cidade de São Paulo. Posteriormente estudos apontaram que o vírus estava circulando no país pelo menos desde o início de janeiro de 2020 (DELATORRE et al., 2020).

Desde o início da pandemia foram adotadas medidas de emergência com o intuito de reduzir a transmissão de COVID-19, como distanciamento social, fechamentos de locais de serviços não essenciais, limpeza adequada de ambientes e autoisolamento. Ações de emergência estas que têm influenciado na geração, gestão e disposição de resíduos plásticos.

Apesar da importância significativa na sociedade, os plásticos se tornaram uma grave ameaça transfronteiriça aos ecossistemas naturais e à saúde humana, com estimativas agravadas de aumento desta poluição pelo uso excessivo e consumo de plásticos descartáveis, incluindo equipamentos de proteção individual (EPI), como máscaras e luvas, devido à pandemia de COVID-19 (PATRÍCIO SILVA et al., 2021).

A utilidade dos plásticos na proteção da saúde e segurança dos profissionais de saúde da linha de frente contra a pandemia e da população em geral, tornou-se evidente. Porém, embora esse novo cenário de pandemia tenha destacado o valor público do plástico, ele também destacou nossas vulnerabilidades em relação à poluição plástica (VANAPALLI et al., 2021).



Nesse contexto, o artigo revisa e avalia as implicações da pandemia de COVID-19 para o agravamento da poluição plástica, principalmente para o cenário brasileiro, fato ainda pouco discutido. Para o propósito do estudo, as repercussões causadas pela pandemia no uso de plásticos para a demanda e oferta de EPI's, compras on-line e serviços de entrega, bem como a reversão provisória ou suspensão de proibições de uso de plásticos descartáveis são destacadas. O trabalho também identifica os possíveis desafios e estratégias para minimização da poluição plástica no período pandêmico e pós-pandemia.

2. METODOLOGIA

Para apresentar o esboço da revisão sistemática, uma pesquisa foi realizada via CAPES periódico, considerando as principais bases de publicação científica, como *Web of Science*, *Wiley Online Library* e *Google Scholar*. Inicialmente foram utilizadas as palavras-chave: “poluição plástica”, “resíduos plásticos” e “plásticos no ambiente”, considerando o período de 2020-2021 (referente ao período pandêmico) e foram recuperadas 2238 publicações. Uma segunda pesquisa foi explorada, posteriormente, considerando os termos: “poluição plástica e pandemia COVID-19” “poluição plástica e pandemia”, “resíduos e pandemia COVID-19” “Consumo de plásticos na pandemia COVID-19”, “impactos da COVID-19 na geração de resíduos”, “gestão de resíduos e a pandemia COVID-19” para o mesmo período. Foram recuperadas 2238 publicações sobre poluição plástica, de modo geral, sendo que destas, apenas 93 publicações estavam relacionadas à pandemia de COVID-19.

As publicações sobre a poluição plástica e a pandemia de COVID-19 reportadas até o momento já demonstram um aumento de 3 vezes o número de publicações referentes ao ano de 2020. Apesar deste crescimento, a maior parte dos trabalhos concentram-se no Hemisfério Norte, liderados pela China e EUA, e muitas vezes não atendem às demandas relacionadas aos países do Hemisfério Sul, como o Brasil, que enfrentam antes mesmo da pandemia, diversos problemas relacionados aos impactos e gestão da poluição plástica. Dos trabalhos recuperados, apenas 10,7% correspondem à trabalhos na América do Sul, sendo 5% destes trabalhos referentes ao Brasil, demonstrando a importância de publicações para avaliação não apenas dos impactos,

mas também dos desafios e estratégias de gestão da poluição plástica pós-pandemia para países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

Desta forma, a partir dos 93 trabalhos foi realizada uma análise dos principais pontos abordados que norteassem a revisão deste trabalho para um foco do cenário brasileiro, tais como: impactos da COVID-19 na produção e uso de plásticos, geração, gestão e destinação de resíduos plásticos durante a pandemia, medidas para redução sustentável no uso de plásticos e perspectivas da poluição plástica pós-pandemia.

3. IMPACTOS DA COVID-19 NA PRODUÇÃO E USO DE PLÁSTICOS

3.1. USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI'S) DURANTE A PANDEMIA

Devido ao alto índice de propagação de COVID-19 entre humanos, o uso de EPI tornou-se imprescindível para a proteção ao vírus. Segundo o Ministério da Saúde brasileiro, os profissionais de saúde, responsáveis pelo atendimento de casos suspeitos/confirmados, devem utilizar: gorro, óculos de proteção ou protetor facial, máscara, avental impermeável de mangas longas e luvas (BRASIL, 2020a), sendo também obrigatório o uso de máscaras faciais para a população em geral, segundo a lei nº 14.019 de julho de 2021 (BRASIL, 2020b).

Os EPI's são constituídos majoritariamente por plásticos, como polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD), tereftalato de polietileno (PET), cloreto de polivinila (PVC), polipropileno (PP), policarbonato e poliestireno (PS), justificado, principalmente pela produção de produtos eficientes e econômicos.

Em março de 2020, a OMS estimou que, mundialmente, seriam necessários, mensalmente, cerca de 89 milhões de máscaras descartáveis, 76 milhões de luvas e 1,6 milhão de óculos em ambientes hospitalares para combater o coronavírus (OMS, 2020b). Relacionada a esta estimativa, a China divulgou que sozinha exportou 220 bilhões de máscaras em 2020 (AFP, 2021), indicando que o consumo pode ter extrapolado as estimativas.

Ao mesmo tempo em que o uso de EPI's tem sido essencial para reduzir a disseminação do vírus, o uso incontrolável associado a má gestão do descarte destes materiais pode agravar problemas ambientais em larga escala, principalmente em

relação a poluição plástica (ARDUSSO et al., 2021), que já é uma das questões ambientais mais desafiadoras desde a última década. Um dado alarmante do relatório publicado pela OCEANSASIA (2020) estimou que 1,56 bilhão de máscaras faciais provavelmente foram parar no oceano em 2020.

Os EPI's podem ainda se tornar uma fonte importante de microplásticos (partículas plásticas <5 mm) e nanoplásticos (partículas plásticas <1 µm) no ecossistema marinho (CAPUTO et al., 2021). De acordo com SALIU et al. (2021) uma única máscara pode liberar até 173 mil microfibras dia⁻¹ nos oceanos. Estes detritos são contaminantes emergentes e ubíquos que podem afetar o funcionamento das células, além de conter substâncias tóxicas adsorvidas e/ou bioacumuladas, como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), éteres difenil polibromados (PBDEs) e elementos traço provenientes da sua fabricação, bem como durante a permanência dos plásticos no meio ambiente (CAMPOS DA ROCHA et al, 2021).

3.2. IMPACTOS DE SERVIÇOS DE DRIVE-THRU, DELIVERY, TAKE-AWAY E COMPRAS DE E-COMMERCE NO USO DE PLÁSTICO DURANTE A PANDEMIA

Além do uso de EPI's, diversas outras medidas foram tomadas em todo o mundo para minimizar a disseminação do vírus e o número de contágios. Entre estas medidas, estão o isolamento social horizontal, que é uma medida em que se isola a comunidade em suas residências e o interrompimento de atividades presenciais classificadas como não essenciais, como fechamento de restaurantes, lanchonetes e bares. Com a suspensão do atendimento presencial nesses estabelecimentos, uma alternativa para manutenção econômica foi o atendimento nos modos de *delivery*, serviços de entrega, *take-away*, retirada de pedidos nas lojas e/ou *drive-thru*, que é uma forma de venda de produtos, na qual o cliente faz a compra sem sair de seu carro (VILLANI, 2021).

Uma pesquisa feita pelo Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde (Nupens), ligado à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) mostrou que houve um aumento na frequência de pedidos por frutas, hortaliças e feijão de 40,2% para 44,6% (STEELE et al., 2020). Esses dados mostram que os consumidores estão evitando sair de suas casas e até mesmo aderindo as compras de supermercado por aplicativos.

Segundo relatório divulgado por uma empresa especializada em estatísticas de e-commerce no Brasil, no primeiro semestre de 2020, os brasileiros aumentaram em 47% seu consumo *on-line* comparado ao mesmo período de 2019, o qual representou o maior aumento em 20 anos. De acordo com os dados, no primeiro semestre de 2020, o Brasil teve R\$ 38,8 bilhões de faturamento em vendas, através do *e-commerce* (EBIT, 2020). Esse aumento de compras por *e-commerce*, serviços de *take-away* e *delivery* resultou também no aumento da demanda por sacolas de plásticos descartáveis e outras embalagens plásticas.

Dados divulgados através de coletiva de imprensa *on-line* de um estudo realizado pela Maxiquim para a Associação Brasileira da Indústria de Embalagens de Plástico Flexíveis (ABIEF), mostrou que a produção da indústria brasileira de embalagens de plásticos flexíveis em 2020 aumentou 5,4% em relação ao ano anterior. O consumo aparente de embalagens plásticas flexíveis também cresceu 7,2%, e o consumo per capita, 6,3%. O consumo aparente saltou de 1,910 milhão de toneladas em 2019 para 2,046 milhões de toneladas em 2020. O consumo per capita em 2020 chegou a 9,7 kg/habitante, ante 9,1 kg/habitante em 2019. Quanto ao faturamento, foi registrado alta de 30%, chegando a R\$27,7 bilhões (PLÁSTICO SUL, 2021). É importante destacar que este aumento é relativamente ainda maior, se consideradas as políticas já vigentes nos últimos anos para diminuição de plásticos descartáveis no país, como a proibição de fornecimento de sacolas, copos descartáveis, canudos, entre outros.

Estas embalagens plásticas, se descartadas sem gestão e tratamento adequado, são uma das principais fontes de poluição para o meio ambiente, desde de detritos plásticos grandes, de curto prazo, que geram impactos como entupimentos de bueiros, bloqueio do sistema de esgoto em cidades, contaminação de sedimentos e solos, redução na percolação da água e aeração normal dos solos agrícolas, deterioração da beleza natural ambiental, emaranhamento, ingestão e morte de organismos aquáticos, entre outros (LECHTHALER et al., 2020) até a poluição de longo prazo, considerando a degradação em peças cada vez menores, como microplásticos/nanoplásticos, aumentando a cadeia de contaminação, riscos associados e dificuldade de remediação (KALOGERAKIS et al., 2017 ; BARCELO; PICO, 2020) .

3.3. POLUIÇÃO MICROPLÁSTICA ASSOCIADA AOS PROTOCOLOS DE HIGIENIZAÇÃO

Somada à contaminação microplástica causada pela fragmentação de plásticos maiores (macroplásticos), parte dessa poluição pode ser oriunda de peças originalmente pequenas lançadas diretamente ao ambiente (fonte primária), a partir do uso de microplásticos em processos industriais e formulações como cosméticos, roupas, produtos de limpeza e perfumaria (CAMPOS DA ROCHA et al., 2021).

Como estratégia para diminuir o contágio de COVID-19, diversas medidas de higienização passaram a ser recomendadas, entre elas: lavagem frequente das mãos utilizando água e sabão, o uso de álcool gel 70%, limpeza de superfícies de contato (maçanetas, interruptores, corrimões, etc.), desinfecção de compras, embalagens, aumento na quantidade de banhos e lavagem de roupas, além da periódica limpeza e desinfecção de ambientes utilizando solução de hipoclorito 0,1% e detergentes contendo cloro ativo (UNICEF, 2020; ANVISA, 2020). Em virtude do tamanho, estas partículas são quase imperceptíveis, o que dificulta ainda mais o manejo e descarte adequado e por isso, pesquisadores têm alertado para este “pequeno grande problema” que já é onipresente no ambiente marinho (DUIS; COORS, 2016).

Desta forma, entendendo que um número abrangente destes produtos de higiene pessoal e limpeza possuem pequenas esferas plásticas (microplásticos) presentes na formulação, assim como presente em diversas peças de roupas compostas em parte ou inteiramente de polímeros, é possível que as medidas de higienização contribuam significativamente para o aumento da contaminação microplástica.

Em uma escala global, BOUCHER e FRIOT (2017) estimaram que de todos os microplásticos primários nos oceanos do mundo, 35% surgem da lavagem de tecidos sintéticos. Segundo MALTCHIK ZAMORA et al. (2020), ao lavar cinco quilos de roupas, podem ser liberadas seis milhões de microfibras nas águas residuais. NAPPER e THOMPSON (2016), por sua vez, indicaram que para uma média de seis quilos de roupas, mais de 700.000 fibras podem ser liberadas por lavagem. No entanto, a falta de protocolos de teste consistentes leva a uma enorme variabilidade nos resultados e na forma como são relatados (JÖNSSON et al., 2018). Os microplásticos descarregados nas redes de esgoto sem tratamento para micro/nanopartículas são levados diretamente

para o oceano, que é atualmente o que acontece na maioria dos países (ROCHMAN et al., 2015).

3.4. CENÁRIO DAS CAMPANHAS ANTIPLÁSTICO FRENTE À PANDEMIA DE COVID-19

Até meados do século XX, os plásticos ocupavam um nicho de mercado relativamente pequeno. Porém, durante a Segunda Guerra Mundial, a demanda por plásticos aumentou significativamente. No final da década de 1950, a economia começou a ser impulsionada pela necessidade de consumir mais itens plásticos em substituição aos materiais tradicionais, por serem mais baratos, versáteis, higiênicos e fáceis de fabricar (MALTCHIK ZAMORA et al., 2020), surgia aí a “Era do plástico”.

Devido à sua flexibilidade, durabilidade, resistência à água e acessibilidade, os plásticos têm alimentado inovações científicas e tecnológicas em todos os setores possíveis e agregando conforto e benefícios diversos à sociedade. Porém, ao contrário da ideia original de posicionar o plástico como material de alta qualidade e durável, ele passou a ser usado principalmente para produtos descartáveis, sem a preocupação necessária quanto à gestão dos resíduos, levando-o à uma relação intensa com graves problemas ambientais em escala global (WIT et al., 2019).

Em função disso, num cenário anterior à pandemia de COVID-19, diversos acordos internacionais, nacionais e municipais foram implantados para reduzir o consumo dos plásticos aliados à necessidade de estabelecer medidas sustentáveis a curto, médio e longo prazo. Segundo a Agência Brasil (2020), campanha/lei antiplástico é a proibição do fornecimento de plásticos de uso único (copos, talheres, etc.) com o objetivo de incentivar a reciclagem de materiais descartáveis e impulsionar a transição para uma economia circular.

No Brasil, algumas grandes cidades já estavam adotando medidas de proibição do uso de plásticos descartáveis, como por exemplo, em São Paulo-SP, onde foi decretada a lei nº17.261/2020 (BRASIL, 2020c), que proíbe que os estabelecimentos comerciais forneçam itens de plásticos descartáveis aos clientes. Todavia, a lei que deveria estar em vigor, foi suspensa pelo Tribunal de Justiça de São Paulo (TJ-SP), em ação movida pelo Sindicato da Indústria de Material Plástico, Transformação e Reciclagem do Estado de São Paulo (Sindiplast) (PLÁSTICO INDUSTRIAL, 2020).

Com a pandemia de COVID-19, houve uma mudança de valores, onde a preocupação com a saúde passou a pesar mais do que os cuidados ambientais (GRODZIŃSKA-JURCZAK et al., 2020). A ameaça da pandemia superou a ameaça dos impactos da poluição plástica. Estudos sugerem que o SARS-CoV-2 pode ser encontrado em superfícies plásticas por até 72 horas (DOREMALEN et al., 2020). Esses dados reforçam a ideia de que as pessoas podem se infectar com o vírus após tocarem em superfícies plásticas contaminadas.

Desta forma, a preocupação de contaminação com o uso de produtos plásticos reutilizáveis levou muitos países a suspenderem ou adiarem suas leis e campanhas antiplástico durante a pandemia de COVID-19, o que por outro lado acarretou num maior percentual de macrolásticos descartados diariamente em todo o mundo, trazendo mais desafios em termos de gestão eficaz e ágil de resíduos para atender à demanda durante e pós-pandemia.

4. GERAÇÃO, GESTÃO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS DURANTE A PANDEMIA

4.1. GERAÇÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS

Entre 1950 e 2017, cerca de 9,2 bilhões de toneladas de plástico foram produzidas no mundo. Sendo uma produção média anual de 400 milhões de toneladas de plástico. O Brasil está em quarto lugar no *ranking* de países que mais produzem resíduos plásticos, com uma média anual de 11,3 milhões de toneladas de plásticos, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia (MALTCHIK ZAMORA et al., 2020; KAZA et al. 2018).

Com o aumento da demanda por EPI's descartáveis e embalagens plásticas, em função da pandemia, houve uma mudança na dinâmica de geração e descarte de resíduos plásticos no mundo (VANAPALLI et al., 2021). Pesquisadores estimaram que desde o início da pandemia foram gerados em todo o mundo cerca de 1,6 milhão de toneladas por dia de resíduos plásticos. Além disso, aproximadamente 3,4 bilhões de máscaras descartáveis ou protetores faciais de uso único são descartadas todos os dias (BENSON; BASSEY; PALANISAMI, 2021).

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), 13,35 milhões de toneladas de plásticos foram descartados em 2020, correspondente à 16,8% dos componentes dos resíduos sólidos urbanos (RSU), sendo o material mais abundante depois da matéria orgânica (45,3%). A associação estimou ainda um aumento de 15% a 25% na geração de resíduos sólidos domiciliares, e um aumento de 10 a 20 vezes para quantidade de resíduos hospitalares gerados em instituições médicas durante o período da pandemia (ABRELPE, 2020).

No Brasil, considerando uma taxa hipotética de 75% de aceitação do uso de máscaras faciais, com cada habitante utilizando diariamente uma máscara de uso único, seriam descartadas 140.289.215 unidades de máscaras por dia no país, resultando em um total de 15.941.956,30 toneladas de resíduos plásticos (BENSON; BASSEY; PALANISAMI, 2021). Portanto, com o aumento na geração de resíduos plásticos durante o cenário pandêmico, torna-se necessário revisar adequadamente os procedimentos existentes de coleta e gerenciamento de resíduos para reduzir as consequências da poluição plástica.

4.2. PRÁTICAS PARA GESTÃO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19

A infraestrutura de gerenciamento de resíduos é geralmente projetada para operação em estado estacionário com fluxo moderado e composição de resíduos em condições normais, sofrendo poucas alterações. No entanto, mudanças significativas na geração destes resíduos e na dinâmica da composição, causadas pela pandemia de COVID-19 podem sobrecarregar a infraestrutura existente e interromper as operações normais. A gestão eficaz de resíduos plásticos e resíduos biomédicos durante a pandemia representa um grande desafio. Além da higiene e segurança, uma gestão eficaz também deve incluir a identificação da fonte, isolamento, coleta, transporte, tratamento, descarte e aspectos de treinamento relacionados aos trabalhadores da área (PARASHAR; HAIT, 2021).

No Brasil, recomenda-se que para a gestão adequada de RSU, contaminados ou com suspeita de contaminação por COVID-19, em instituições médicas ou locais com alta concentração de pessoas infectadas, devem ser atendidas as regulamentações aplicáveis aos resíduos infecciosos do grupo A1, conforme Resoluções CONAMA

358/2005 e ANVISA RDC 222/2018 (ABRELPE, 2020). Conforme recomendação, os resíduos devem ser acondicionados em sacos vermelhos, que devem ser substituídos quando atingirem 2/3 de sua capacidade ou pelo menos 1 vez a cada 48 horas e identificados pelo símbolo de substância infectante, com rótulos de fundo branco, desenho e contornos pretos. Os sacos devem estar contidos em recipientes de material lavável, resistente à punctura, ruptura, vazamento e tombamento, com tampa provida de sistema de abertura sem contato manual, com cantos arredondados. Os sacos contendo os resíduos devem ser objeto de coleta e transporte especializados para resíduos de serviço de saúde (RSS), e submetidos a processos licenciados de tratamento, antes de sua disposição final (ABRELPE, 2020).

Nesse contexto, entende-se que medidas de gestão para descartar adequadamente os resíduos durante a pandemia de COVID-19 são essenciais para diminuir a disseminação do vírus e que o mesmo não sofra mutação ao se adaptar às novas condições ambientais e permaneça ativo por um período maior de tempo (ABES, 2020). Por outro lado, a realidade de países subdesenvolvidos e em desenvolvimento indicam um alerta para este cenário, uma vez que, muitas vezes estas diretrizes não são cumpridas em função das dificuldades estruturais encontradas e/ou falta de informação suficiente sobre os cuidados específicos nas residências, de tal modo que, inevitavelmente, a população poderá ser acometida à outras doenças extremas e problemas ambientais durante o período pós-pandemia em virtude da gestão não adequada dos resíduos plásticos gerados no período pandêmico.

4.3. DESAFIOS RELACIONADOS ÀS PRÁTICAS DE DESCARTE E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS DURANTE A PANDEMIA

Deficiências e lacunas nos sistemas de gestão de resíduos existentes, como falta de pessoal, limitações de capacidade das instalações de tratamento, interrupções das instalações de reciclagem mecânica devido à pandemia, podem levar ao descarte inadequado de resíduos plásticos (BIR, 2020). A problemática é ainda mais crítica em países, como o Brasil, com mais de 40% de RSU com destinação inadequada (ABRELPE, 2020), demonstrando que o descarte adequado de resíduos plásticos já era um desafio antes mesmo da pandemia de COVID-19.

De acordo com Abrelpe (2020), a maior parte dos RSU coletados no país seguiu para disposição final em aterros sanitários, com um aumento registrado de 10 milhões de toneladas em uma década. Por outro lado, a quantidade de resíduos que seguiu para unidades inadequadas (aterros controlados e lixões) também cresceu, passando de cerca de 25 milhões de toneladas no total para mais de 29 milhões de toneladas em 2019.

As técnicas mais vastamente utilizadas de gerenciamento de resíduos plásticos em todo o mundo são reciclagem mecânica, incineração e aterro sanitário. No entanto, essas técnicas não são ideais para lidar com todo o problema da poluição plástica. Com o aumento da geração de resíduos durante a pandemia de COVID-19, os problemas intensificaram-se (VANAPALLI et al., 2021).

Devido ao aumento na geração de resíduos, a reciclagem de plástico em todo o mundo caiu drasticamente durante a pandemia. Essa redução significativa nas taxas de reciclagem de plástico pode levar à má gestão e vazamento nos ecossistemas terrestres e aquáticos (PARASHAR; HAIT, 2021). Muitas técnicas de reciclagem de plástico são suscetíveis a impurezas na forma de inorgânicos, aditivos, sujeira e contaminação cruzada de polímero (KLEMEŠ et al., 2020). Portanto, ao contrário da reciclagem eficaz de plásticos de fluxo único, como por exemplo, o PET com o mínimo de impurezas, é complexo reciclar plásticos mistos, plásticos descartáveis, plásticos multicamadas, materiais compostos e plásticos degradados.

Levando em consideração os pré-requisitos de execução mais baixos e menos chances de poluição, a incineração de resíduos plásticos na faixa de temperatura de 800-1000 °C, independentemente de haver segregação e impurezas, pode ser uma escolha razoável para o tratamento dos resíduos plásticos (KLEMEŠ et al., 2020). No entanto, o maior desafio durante a pandemia é que à medida que se aumenta a geração de resíduos plásticos, a capacidade de incineração existente torna-se superexplorada. Além disso, sem o controle adequado da poluição do ar, a emissão de gases nocivos como, dioxinas e furanos, por incineradores será uma preocupação (PARASHAR; HAIT, 2021).

O aterro sanitário é local para recebimento de resíduos sólidos, proporcionando sua disposição final adequada e segura no solo, possuindo sistemas de drenagem, impermeabilização, entre outros. (SILVA; TAGLIAFERRO, 2021). Esse método é geralmente o preferido para descarte de resíduos plásticos, especialmente em países

em desenvolvimento, embora seja a opção menos popular na hierarquia de gerenciamento de resíduos. Além disso, durante a pandemia de COVID-19 o aumento na geração de resíduos plásticos, a redução dos índices de reciclagem e as restrições dos serviços de incineração podem causar um aumento da carga nos depósitos de resíduos, sobrecarregando a capacidade dos aterros sanitários (VANAPALLI et al., 2020).

5. PERSPECTIVAS DA POLUIÇÃO PLÁSTICA PÓS-PANDEMIA

A poluição plástica é um dos principais problemas ambientais globais que persistem na vida da humanidade. Desde a década de 1950, o uso de plástico disparou por sua utilidade e conveniência, trazendo benefícios para a sociedade de inúmeras maneiras. Porém, certas características dos plásticos, como não biodegradabilidade, baixo ponto de fusão e vida útil curta, são desvantagens que podem afetar adversamente a saúde humana, o meio ambiente e os animais (KHOO et al., 2021). Durante a pandemia, o consumo de plásticos garantiu enorme proteção para a saúde da população mundial, no entanto, é importante manter um equilíbrio entre a proteção da saúde pública e a sustentabilidade ambiental (PARASHAR; HAIT, 2021).

A poluição plástica já estava aumentando em ambientes terrestres, aquáticos e atmosféricos antes mesmo da pandemia de COVID-19. A poluição plástica está em todo o mundo. Ela existe em todos os oceanos, lagos e rios, solos e sedimentos, na atmosfera e na biomassa animal (LAU et al., 2020). Durante a pandemia, foi impulsionada pelo rápido crescimento na produção e uso de plástico. A falta de planejamento eficiente e intervenções nas políticas mundiais de redução de uso de plásticos levaram a má gestão e consequentemente ao descarte irregular de resíduos de plástico no meio ambiente.

Países de média ou baixa renda apresentam resultados muito baixos de coleta de resíduos e alto números de descartes impróprios em aterros não regulamentados. Como resultado, a má gestão dos resíduos sólidos se torna um dos grandes desafios para os plásticos serem tratados, causando uma preocupação em relação à poluição plástica (WIT et al., 2019). Quando mal gerenciados, os resíduos plásticos estão associados a uma série de riscos para a saúde humana e ecológica.

Por tanto, os maiores desafios da poluição plástica no mundo pós pandemia será a melhoria dos atuais sistemas de gerenciamento de resíduos, a efetivação do uso das tecnologias de mitigação existentes e criação de novas, além da conscientização

ambiental da população. Com isso, é de extrema importância que os pilares da sustentabilidade social, econômica e ambiental se tornem princípios efetivos para um mundo pós-pandemia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pandemia de COVID-19, testou a dependência global no uso de plásticos e enfatizou a necessidade de adotar políticas mais fortes para garantir o uso sustentável deste material. Comparada com o cenário internacional, ela evidenciou ainda mais as problemáticas dos sistemas existentes de gestão de resíduos plásticos no cenário brasileiro, mostrando que há emergência de uma reestruturação das políticas voltadas para a gestão de resíduos sólidos, leis e regulamentos para lidar com os resíduos plásticos, medidas estas que incluam todos os processos desde a produção, uso e disposição deste material. É necessário induzir mudanças comportamentais na população e nas instituições de forma gradual e simultânea, com recomendações de curto e longo prazo, como:

- Melhorar as condições de saneamento básico.
- Buscar alternativas que promovam modelos de economia circular e que não causem impactos ambientais negativos.
- Investimentos na gestão de resíduos sólidos, beneficiando áreas econômico-sociais e ambientais a longo prazo.
- Investir no sistema de reciclagem e implementação de políticas restritivas, que minimizem o uso de plásticos descartáveis.
- Fornecer orientações e condições à população para um consumo consciente e melhores alternativas de descarte.
- Trabalhar estrategicamente o tema sustentabilidade na educação básica.
- Estimular o desenvolvimento/operação de tecnologias sustentáveis para reciclagem de embalagens mistas e outras formas complexas de embalagens plásticas.

REFERÊNCIAS

- ABES. Recomendações para a gestão de resíduos em situação de pandemia por coronavírus (COVID-19). **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, p. 1–11, 2020.
- ABRELPE. **Panorama 2018/2019**. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>>. Acesso em: 8 maio. 2021.
- ABRELPE. **Abrelpe no combate a COVID -19 – Abrelpe**. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/abrelpe-no-combate-a-covid-19/>>. Acesso em: 13 maio. 2021.
- AFP. **China exported more than 220 billion masks in 2020: government**. Disponível em: <<https://www.france24.com/en/live-news/20210129-china-exported-more-than-220-billion-masks-in-2020-government>>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- AGÊNCIA BRASIL. **Lei proíbe copos e talheres de plástico na cidade de São Paulo**. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-01/lei-proibe-copos-e-talheres-de-plastico-na-capital-paulista>>. Acesso em: 2 jun. 2021.
- ANDERSEN, K. G. et al. The proximal origin of SARS-CoV-2. **Nature Medicine**, v. 26, n. 4, p. 450–452, 1 abr. 2020.
- ANVISA. **Saneantes substituem álcool gel no combate à Covid-19 - (Agência Nacional de Vigilância Sanitária)**, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2020/saneantes-substituem-alcool-gel-no-combate-a-covid-19>>. Acesso em: 29 maio. 2021
- ARDUSSO, M. et al. COVID-19 pandemic repercussions on plastic and antiviral polymeric textile causing pollution on beaches and coasts of South America. **Science of the Total Environment**, v. 763, p. 144365, 1 abr. 2021.
- BARCELO, D.; PICO, Y. Case studies of macro- and microplastics pollution in coastal waters and rivers: Is there a solution with new removal technologies and policy actions? **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, v. 2, p. 100019, 1 set. 2020.
- BENSON, N. U.; BASSEY, D. E.; PALANISAMI, T. COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint. **Heliyon**, v. 7, n. 2, p. e06343, 1 fev. 2021.
- BIR. **BIR - News - Covid-19 Update: Fragmented picture for under-pressure recycling industry** Bureau of International Recycling, 2020. Disponível em: <<https://www.bir.org/news-press/covid-19-info-center/item/covid-19-update-fragmented-picture-for-under-pressure-recycling-industry>>. Acesso em: 11 maio. 2021
- BOUCHER, J.; FRIOT, D. **Primary microplastics in the oceans: A global evaluation of sources**. IUCN International Union for Conservation of Nature, 2017.
- BRASIL. MS SVS - Recomendações COVID-19. 2020a.

- BRASIL. **Lei nº 14.019, de 2 de julho de 2020 - DOU** -. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.019-de-2-de-julho-de-2020-264918074>>. Acesso em: 28 abr. 2021b.
- BRASIL. **Lei nº 17.261 de 13 de janeiro de 2020 - DOU** -. Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-17261-de-13-de-janeiro-de-2020>>. Acesso em: 12 maio. 2021c.
- BYFUSION. **ByFusion Global Inc. | Reshape the Future of Plastic Waste**. Disponível em: <<https://www.byfusion.com/>>. Acesso em: 7 jun. 2021.
- CAMPOS DA ROCHA, F. O. et al. Microplastic pollution in Southern Atlantic marine waters: Review of current trends, sources, and perspectives. **Science of the Total Environment**, v. 782, p. 146541, 15 ago. 2021.
- CAPUTO, F. et al. Measuring particle size distribution and mass concentration of nanoplastics and microplastics: addressing some analytical challenges in the sub-micron size range. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 588, p. 401–417, 15 abr. 2021.
- DELATORRE, E. et al. Tracking the onset date of the community spread of SARS-CoV-2 in western countries. **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 115, n. 8, p. 1–7, 2020.
- DOREMALEN, N. VAN et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. **New England Journal of Medicine**, v. 382, n. 16, p. 1564–1567, 16 abr. 2020.
- DUIS, K.; COORS, A. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. **Environmental Sciences Europe**, v. 28, n. 1, p. 1–25, 1 dez. 2016.
- EBIT - NIELSEN COMPANY. **WebShoppers 42 Free - O mais completo relatório sobre o e-commerce**. Disponível em: <<https://company.ebit.com.br/webshoppers/webshoppersfree>>. Acesso em: 25 abr. 2021.
- GRODZIŃSKA-JURCZAK, M. et al. Environmental Choices Vs. Covid-19 Pandemic Fear – Plastic Governance Re-Assessment. **Society Register**, v. 4, n. 2, p. 49–66, 2020.
- JÖNSSON, C. et al. Microplastics shedding from textiles-developing analytical method for measurement of shed material representing release during domestic washing. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 7, p. 2457, 13 jul. 2018.
- KALOGERAKIS, N. et al. Microplastics generation: Onset of fragmentation of polyethylene films in marine environment mesocosms. **Frontiers in Marine Science**, v. 4, n. MAR, p. 84, 28 mar. 2017.
- KAZA, S. et al. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. [s.l.] Washington, DC: World Bank, 2018.



- KHOO, K. S. et al. Plastic waste associated with the COVID-19 pandemic: Crisis or opportunity? **Journal of Hazardous Materials**, v. 417, p. 126108, 5 set. 2021.
- KLEMEŠ, J. J. et al. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 127, p. 109883, 1 jul. 2020.
- LAU, W. W. Y. et al. Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. **Science**, v. 369, n. 6509, p. 1455–1461, 1 set. 2020.
- LECHTHALER, S. et al. The Way of Macroplastic through the Environment. **Environments**, v. 7, n. 10, p. 73, 24 set. 2020.
- MALTCHIK ZAMORA, A. et al. **Atlas do plástico**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <[https://br.boell.org/sites/default/files/2020-11/Atlas do Plástico - versão digital - 30 de novembro de 2020.pdf](https://br.boell.org/sites/default/files/2020-11/Atlas%20do%20Pl%C3%A1stico%20-%20vers%C3%A3o%20digital%20-%2030%20de%20novembro%20de%202020.pdf)>. Acesso em: 2 maio. 2021.
- NAPPER, I. E.; THOMPSON, R. C. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 112, n. 1–2, p. 39–45, 15 nov. 2016.
- NETTO, R. G. F.; CORRÊA, J. W. N. EPIDEMIOLOGIA DO SURTO DE DOENÇA POR CORONAVÍRUS (COVID-19). **DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, n. Especial-3, p. 18–25, 22 abr. 2020.
- OCEANSASIA. **COVID-19 Facemasks & Marine Plastic Pollution**. Disponível em: <<https://oceansasia.org/pt/covid-19-facemasks/>>. Acesso em: 28 abr. 2021.
- OMS. Statement on the second meeting of the International Health Regulations (2005) Emergency Committee regarding the outbreak of novel coronavirus (2019-nCoV). **Geneva, Switzerland**, n. 2005, p. 1–6, 2020a.
- OMS. Recomendações sobre o uso de máscaras no contexto da COVID-19. **world health organization**, p. 1–17, 2020b.
- PARASHAR, N.; HAIT, S. Plastics in the time of COVID-19 pandemic: Protector or polluter? **Science of the Total Environment**, v. 759, p. 144274, 10 mar. 2021.
- PATRÍCIO SILVA, A. L. et al. Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. **Chemical Engineering Journal**, v. 405, p. 1–31, 1 fev. 2021.
- PLÁSTICO INDUSTRIAL. **Decisão judicial suspende a proibição do uso de descartáveis plásticos - Plástico Industrial**. Disponível em: <[https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/234-Decis~%7Ba%7Do-judicial-suspende-a-proibiç~%7Ba%7Do-do-uso-de-descartáveis-plásticos](https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/234-Decis%C3%B5es-judiciais-suspende-a-proibi%C3%A7%C3%A3o-do-uso-de-descart%C3%A1veis-pl%C3%A1sticos)>. Acesso em: 11 jun. 2021.
- PLÁSTICO SUL. **Indústria brasileira de embalagens plásticas flexíveis registra alta em vários indicadores no ano de 2020**. Disponível em: <<http://www.revistaplasticosul.com.br/transformacao-aplicacoes/industria->



brasileira-de-embalagens-plasticas-flexiveis-registra-alta-em-varios-indicadores-no-ano-de-2020/>. Acesso em: 7 jun. 2021.

ROCHMAN, C. M. et al. Scientific Evidence Supports a Ban on Microbeads. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 18, p. 10759–10761, 15 set. 2015.

SALIU, F. et al. The release process of microfibers: from surgical face masks into the marine environment. **Environmental Advances**, v. 4, p. 100042, 1 jul. 2021.

SILVA, W. K. A. S.; TAGLIAFERRO, E. R. Aterro sanitário - a Engenharia na disposição final de resíduos sólidos / Landfill - Engineering in the final disposal of solid waste. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 12216–12236, 8 fev. 2021.

STEELE, E. M. et al. Dietary changes in the NutriNet Brasil cohort during the covid-19 pandemic. **Revista de Saude Publica**, v. 54, p. 1–8, 2020.

TARTAGLIA, M.; SHINN, S. C.; ALLEN, P. E. **Decontamination and Reuse of PPE in Healthcare**. Disponível em: <<https://synergist.aiha.org/202011-decontamination-ppe-healthcare>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

THEOCEANCLEANUP. **Cleaning up the act**. Disponível em: <<https://theoceancleanup.com/oceans/>>. Acesso em: 6 jun. 2021.

UNICEF. **Dicas de limpeza e higiene para ajudar a manter o vírus da Covid-19 fora de sua casa**. Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/dicas-de-limpeza-e-higiene-para-ajudar-manter-o-virus-da-covid-19-fora-de-sua-casa#higiene-pessoal>>. Acesso em: 29 maio. 2021.

VANAPALLI, K. R. et al. Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic. **Science of The Total Environment**, v. 750, p. 141514, 1 jan. 2021.

VILLANI, T. **Tendências: Serviço Delivery, Drive-thru e Take Away**. Disponível em: <<https://blog.binds.co/servico-delivery-oportunidades/>>. Acesso em: 31 maio. 2021.

WANG, C. et al. A novel coronavirus outbreak of global health concern. **The Lancet**, v. 395, n. 10223, p. 470–473, 15 fev. 2020.

WIT, W. DE et al. **Solucionar a poluição plástica: Transparência e responsabilização**.

WORLDOMETER. **COVID-19 coronavirus pandemic**. Disponível em: <<https://www.worldometers.info/coronavirus/#countries>>. Acesso em: 8 jun. 2021.





AMPLLA
EDITORA

