

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)**

MEIO AMBIENTE:

**Agricultura, desenvolvimento
e sustentabilidade**

2

Atena
Editora
Ano 2023

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)**

MEIO AMBIENTE:

**Agricultura, desenvolvimento
e sustentabilidade**

2

Atena
Editora
Ano 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Meio ambiente: agricultura, desenvolvimento e sustentabilidade 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
M514	Meio ambiente: agricultura, desenvolvimento e sustentabilidade 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1439-1 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.391232206 1. Meio ambiente. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título. CDD 577
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA






A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O e-book: “Meio ambiente: Agricultura, desenvolvimento e sustentabilidade 2” é constituído por treze capítulos de livros que se dividem em duas formas de pensar a relação homem-meio ambiente: o homem sobre a natureza e sua capacidade de exaurir todos os recursos naturais e; o homem no meio ambiente e a necessidade de desenvolver práticas mais sustentáveis, a fim de garantir recursos naturais para a atual e as gerações vindouras.


O primeiro capítulo se constitui em uma revisão da literatura que apresenta a relação do homem com o meio ambiente, desde o surgimento das primeiras civilizações que extraíam o suficiente para sua sobrevivência/proteção até o século XXI que apresenta inúmeros riscos de escassez de recursos naturais. Entre as ações antrópicas destacam-se: a agropecuária e a destinação final de resíduos provenientes das áreas urbanas na qual tanto a qualidade do solo, quanto dos recursos hídricos são afetados diretamente pelo excesso de disposição de contaminantes de preocupação emergente [pesticidas, fármacos (animal e humana), corantes, metais tóxicos e pesados etc] encontrados nos mais diversos resíduos dispostos de forma inadequada no solo e que afetam diretamente a qualidade dos recursos hídricos destinado tanto ao abastecimento público, quanto a manutenção de todos os biomas que dependem da água.

Neste contexto, a partir do início da década de 1990, inúmeros movimentos começam a emergir em diferentes lugares do mundo, com o intuito de disseminar uma maior consciência sobre a realidade do meio ambiente e como este afeta diretamente a manutenção das diferentes espécies de vida na Terra. Logo, a educação ambiental começa a ganhar força e uma nova forma de perceber o homem e sua relação com o meio ambiente. Iniciativas como o uso de matéria-prima de origem orgânica (a exemplo do mel e própolis de abelhas) e ingestão de alimentos *in natura* cultivados sem o uso de pesticidas (agricultura orgânica) e/ou de forma agroecológica; utilização de micro-organismos como predador natural de inúmeras pragas (exemplo do *Baculovirus Anticarsia*); desenvolvimento de mosquitários com o intuito de reduzir vetores responsáveis por epidemias vivenciadas, principalmente, nas áreas urbanas; proposta de desenvolvimento de cidades sustentáveis, a partir de meios de transportes e projetos arquitetônicos menos impactante ao ambiente e; produção de biofiltros para redução de efluentes gasosos lançados na atmosfera, contribuindo para a melhor qualidade do ar.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

CAPÍTULO 1	1
O VÍNCULO AMBIENTAL DO HOMEM COM A NATUREZA	
Uilson Paulo Rezende Pereira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3912322061	
CAPÍTULO 2	6
CLIMATES, SOILS, AND AGRICULTURE IN THE TROPICAL REGION	
Claudio Aparecido Spadotto	
Rafael Mingoti	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3912322062	
CAPÍTULO 3	24
A QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO EM ESCOLAS DA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ-AM	
Clenio Ferreira de Farias	
Maria Edenilda da Silva Galvão	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3912322063	
CAPÍTULO 4	41
PESTICIDE CONTAMINATION OF GROUNDWATER IN THE TROPICAL REGION	
Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores	
Claudio Aparecido Spadotto	
Rafael Mingoti	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3912322064	
CAPÍTULO 5	70
PANORAMA DA APLICABILIDADE DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS (IQR) NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
Tábatha Condessa Fernandes de Oliveira	
Viníciu Fagundes Bárbara	
Rosângela Mendanha da Veiga	
Rosana Gonçalves Barros	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3912322065	
CAPÍTULO 6	83
FRUTÍFERAS ORGÂNICAS NO ESTADO DO PARÁ	
Sabrina Gomes Monteiro	
Nayara Ferreira Barros da Silva	
Danielle Santana Rito	
Harleson Sidney Almeida Monteiro	
Sinara de Nazaré Santana Brito	
Valdeci Junior Fonseca Pinheiro	
Jessica Carolina Barbosa da Silva	
Ewerton Delgado Sena	
Caio Xavier dos Santos	


George Pimentel Palha
 Paulo Gabriel dos Santos Pires
 Antonia Benedita da Silva Bronze

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3912322066>

CAPÍTULO 7 97

DESENVOLVIMENTO DE COSMÉTICOS ARTESANAIS, NATURAIS E ECOLÓGICOS À BASE DE MEL E GEOPRÓPOLIS DE ABELHAS SEM FERRÃO


Maria Celeste da Silva Sauthier
 Marília Dantas e Silva
 Nathalie Araújo Sousa
 Rodrigo de Souza Silva dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3912322067>

CAPÍTULO 8 107

Baculovirus anticarsia: MODO DE AÇÃO, USO, EFICIÊNCIA, MERCADO ATUAL, PRODUTOS REGISTRADOS NO BRASIL E APLICAÇÃO


Ivy Laura Siqueira Saliba Machado
 Juliete de Sousa Oliveira
 Brenda Karina Rodrigues da Silva
 Diego Lemos Alves
 Thayná da Cruz Ferreira
 Josiane Pacheco de Alfaia
 Helton Bastos Machado
 Alessandra Jackeline Guedes de Moraes
 Gledson Luiz Salgado de Castro
 Telma Fátima Vieira Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3912322068>

CAPÍTULO 9 125

A IMPORTÂNCIA DA EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA NO CONTEXTO DO MONITORAMENTO DE ARBOVIRUS: POSSIBILIDADES E DESAFIOS

João Carlos De Oliveira
 Arcênio Meneses Da Silva
 Paulo Irineu Barreto Fernandes
 João Batista Ferreira Dos Passos
 Eunir Augusto Reis Gonzaga
 Marcos André Martins


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3912322069>

CAPÍTULO 10..... 142

SMART CITY E SMART GRID NO BRASIL: O PAPEL DO PODER PÚBLICO NA PRODUÇÃO DE CIDADES SUSTENTÁVEIS

Paula de Castro Brasil
 Juliana Christiny Mello da Silva
 Luiz Matheus Defelippe Gouveia
 Isabel de Oliveira Nogueira Muzi


Louise Land Bittencourt Lomardo
 Gisele Duarte Caboclo Antolin
 Maria Iaponeide Fernandes Macêdo
 Ana Isabel de Carvalho Santana
 Wilma Clemente de Lima Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39123220610>

CAPÍTULO 11 162

MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM) E SUAS
 CONTRIBUIÇÕES PARA A GERAÇÃO E GESTÃO DE PROJETOS
 ARQUITETÔNICOS SUSTENTÁVEIS

Paula de Castro Brasil
 Juliana Christiny Mello da Silva
 Luiz Matheus Defelippe Gouveia
 Gisele Duarte Caboclo Antolin
 Maria Iaponeide Fernandes Macêdo
 Neyda de la Caridad Om Tapanes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39123220611>

CAPÍTULO 12..... 174

BIOFILTRO PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES GASOSOS - TÓPICOS
 SOBRE OS MECANISMOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO


Ana Carolina Godoy Albino
 Luanna de Oliveira Milantoni
 Vinícius Rainer Boniolo
 Alberto Luciano Carmassi
 Julianna Rondineli Carmassi
 Gabrielle Maria Camargo Soldera
 Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39123220612>

CAPÍTULO 13..... 195

AS COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DA DOCÊNCIA PARA O ENSINO DE
 BOTÂNICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

Rosi Maria Prestes
 Maria Cecília de Chiara Moço

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39123220613>

SOBRE O ORGANIZADOR.....207

ÍNDICE REMISSIVO.....208

O VÍNCULO AMBIENTAL DO HOMEM COM A NATUREZA

Data de aceite: 02/06/2023

Uilson Paulo Rezende Pereira

O vínculo do ser humano com a natureza pode ser notado desde o aparecimento do homem no mundo. Devido à falta de arcabouço técnico, só se retirava da natureza o que era fundamental para a manutenção da vida. Ainda assim, o homem mudou o seu ambiente a fim de adequá-lo às suas necessidades, resultando numa constante alteração na natureza, utilizando-a de maneira irresponsável e, muitas vezes, não racional. Com isso, surgem as grandes agressões ao meio ambiente, sendo mostradas com mais força a partir da Revolução Industrial.

A magnitude da Civilização Industrial acarretou em uma drástica transformação no meio ambiente. Segundo Gianetti *et al.* (2007) a Revolução Industrial, que teve início no século XVIII, influenciou o aumento da utilização de combustíveis fósseis de maneira acentuada. Isso ocorreu porque, no começo do século XX, o mundo estava crescendo muito em um

curto período de tempo, o que acabou resultando em diversos problemas para o meio ambiente e para a sociedade.

De acordo com Silva e Casagrande (2008) novidades como a Revolução Industrial representam possibilidades, inovação, estímulo para alguns e receio, inquietação e ameaça para a maioria da população. Ainda que seja encorajado o desenvolvimento da ciência e da tecnologia como são conhecidas hoje, os ecossistemas naturais vêm sofrendo com esse progresso. Com isso, evoluir e preservar têm sido considerados grandes desafios com os quais a sociedade moderna tem que lidar.

Para Soares (2004), o capitalismo auxiliado pela ciência e pela tecnologia moderna encorajou o reconhecimento de externalidades mútuas entre o ser humano e o ambiente natural, resultando no ser humano se excluindo da concepção de natureza e se colocando acima desta, baseando-se no fato de que domina a sua racionalidade e utilizando isso como uma validação para a degradação da natureza.

No entanto, os indivíduos em conjunto com os órgãos gestores e as empresas, são os agentes que deveriam ser responsáveis por tentar reduzir eventuais ações que impactam negativamente o meio ambiente, o ecossistema que o mantém e, conseqüentemente, garantir uma melhor qualidade de vida para si e para as futuras gerações.

Pensando nisso, a problemática da utilização irresponsável do meio ambiente começa a ser considerada após a Segunda Guerra Mundial, no século XX. Nessa época, com toda a destruição ocorrida, a humanidade passa a perceber que as transformações sociais são muito mais rápidas que o tempo necessário para a natureza se recompor. Aquilo que era infinito, torna-se finito. Nesse contexto, manifestam-se movimentos ambientalistas, demonstrando sempre a preocupação com a responsabilidade de buscar um ambiente mais preservado.

Por causa da crise ambiental que pode ser observada em todo o mundo, provocada principalmente pela utilização abusiva dos nossos recursos naturais, tudo o que está relacionado ao meio ambiente assume grande relevância para a sociedade. Apesar disso, a crise ambiental não pode ser vinculada somente ao componente ecológico. Assim, não se pode observar o meio ambiente de forma isolada, pois ele tem um vínculo de interdependência principalmente com os homens, mas também com os outros elementos da natureza.

Pensando nisso, foi estabelecida naturalmente uma preocupação com a limitação dos recursos naturais, que foi disseminada pelo mundo pelas Organizações Não-Governamentais - ONG's, como o *Greenpeace* hoje. Com o passar dos anos, esse ambientalismo tornou-se mais considerável devido ao seu maior embasamento científico. Desse modo, foram tomadas diversas ações visando a preservação do meio ambiente. Como observa Jacobi (1999) o primeiro passo concreto para demonstrar a preocupação do homem com a natureza foi o trabalho do Clube de Roma (intitulado *Limites do crescimento*), em 1972.

Depois disso, ainda em 1972, houve a Conferência de Estocolmo, que possibilitou uma visibilidade mundial para a problemática ambiental. Após esta iniciativa, inúmeros encontros aconteceram no mundo, a fim de juntar os países para discutir questões de interesse global e procurar resolver os problemas do cenário ambiental. Desse modo apareceram as primeiras definições de sustentabilidade.

De acordo com Cavalcanti (1994) o entendimento de desenvolvimento sustentável faz parte dos tempos contemporâneos. Apareceu na década de 1970, manifestou-se nos relatórios da IUCN (*International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources*) no começo dos anos 1980, e se divulgou melhor em 1987, com o Relatório de *Brundtland*, produzido a partir da *World Commission on Environment and Development (WCED)*. Com esse Relatório, o homem ganha um destaque, podendo ser observado o desejo por um equilíbrio entre a economia, o meio ambiente e a sociedade.

O Relatório *Brundtland* nos dá, talvez a definição mais utilizada para desenvolvimento

sustentável, explicando que sustentável é o desenvolvimento que nos permite atender às necessidades dessa geração sem comprometer o direito das gerações futuras a possibilidade de alcançarem suas próprias necessidades. Segundo Barbosa (2008), o Relatório *Brundtland* foi bastante questionado por apontar o descontrole populacional e a miséria dos países subdesenvolvidos como principais causas da atual “insustentabilidade” do planeta, deixando de lado, por exemplo, a poluição resultante dos processos industriais dos países desenvolvidos.

No contexto mundial de exploração dos recursos naturais, que são tão importantes para a vida e a economia, é imprescindível que existam formas de minimizar os impactos causados na natureza devido à exploração. Mais que isso, faz-se fundamental conseguir suprir as necessidades econômicas e sociais levando em consideração o desenvolvimento sustentável. Como consequência do crescimento da população humana, está o aumento populacional urbano e a carência de condições básicas para se viver.

Se não tiverem uma estrutura adequada, as cidades não são capazes de proporcionar uma saúde pública de qualidade, a desigualdade social condena os menos abastados, que, muitas vezes, padecem com doenças infecciosas ligadas diretamente a falta de higiene, saneamento básico e habitações adequadas. À vista disso, promover o estudo da Educação Ambiental é imprescindível para a melhoria da qualidade de vida e condições de saúde de toda a população.

O desenvolvimento sustentável é uma proposta de desenvolvimento econômico que tem em consideração a preservação natureza e propõe a diminuição do uso de matérias-primas, aumentando a reutilização e a reciclagem de objetos já produzidos anteriormente. Sugere que os recursos sejam utilizados de maneira que seja garantida a preservação do meio ambiente e o prosseguimento do desenvolvimento social, tanto para a geração presente quanto para as futuras. Para se atingir esse desenvolvimento sustentável, é preciso ponderar que os recursos naturais são limitados e que o seu esgotamento abala permanentemente a existência de todos os seres vivos.

O desenvolvimento sustentável nada mais é do que a harmonia entre as necessidades do homem e o equilíbrio da natureza. Para Van Bellen (2007) todas as descrições e mecanismos relacionados à sustentabilidade devem levar em consideração o fato de que não se tem total conhecimento sobre como o sistema age. Pode-se apenas perceber os impactos ambientais resultantes de atividades e a sua influência com o bem-estar humano, com a economia e com o meio ambiente.

Todo ser humano tem o direito de que o meio ambiente exista, visto que dele dependemos para viver. Leuzinger (2007) declara que ao existir um vínculo entre a saúde do meio ambiente e a qualidade da vida humana, o direito ao ambiente equilibrado acaba por tornar-se um direito fundamental. Tudo o que se tem, de alguma maneira, foi provido por ecossistemas capazes de possibilitar vida a tantas espécies existentes no planeta. Ao tratar da definição de meio ambiente, Mazzilli (2005) destaca que como base na conjugação

do art. 225 da Constituição Brasileira com as Leis. 6.938/81 e 7.347/85:

O conceito legal e doutrinário é tão amplo que nos autoriza a considerar de forma praticamente ilimitada a possibilidade de defesa da flora, da fauna, das águas, do solo, do subsolo, do ar, ou seja, de todas as formas de vida e de todos os recursos naturais. Estão assim alcançadas todas as formas de vida, não só aquelas da biota (conjunto de todos os seres vivos de uma região) como da biodiversidade (conjunto de todas as espécies de seres vivos existentes na biosfera, ou seja, todas as formas de vida em geral do planeta), e até mesmo está protegido o meio que as abriga ou lhes permite a subsistência (MAZZILLI, 2005, p. 142-143).

Considerando o ponto de vista de Jacobi (1999, p. 175-178), a luta pelo direito a um ambiente saudável, o que pode ser chamado de ecodesenvolvimento, “surge para dar uma resposta à necessidade de harmonizar os processos ambientais com os socioeconômicos, maximizando a produção dos ecossistemas para favorecer as necessidades humanas presentes e futuras”. Ecodesenvolvimento, segundo esse autor, tem por princípios as sustentabilidades social, econômica, ecológica, espacial e cultural. Para Souza (2009), faz-se necessário refletir sobre vários modelos de sociedades sustentáveis, pensando nos modos particulares, históricos e culturais das relações dos seres humanos com os próprios seres humanos e, também, com as outras várias formas de vida que existem na biosfera.

Em se tratando de Brasil há na Constituição Federal um capítulo destinado ao meio ambiente, de modo a assegurar o direito de cada cidadão a um meio ambiente saudável e equilibrado. Todos tem o dever de garantir este direito, como forma de preservar e defender o meio ambiente para a atual geração e para as futuras. O primeiro contato com os limites dos atos é, normalmente, em casa onde é ensinado sobre as causas e consequências das ações, mas também é na escola que tais princípios se sedimentam socialmente.

É elementar que nestes ambientes sejam ensinados o tratamento sustentável do patrimônio ambiental, as formas de dele se tomar conta. Ou seja, todos os seres humanos têm o direito de viver em um ambiente preservado, mas todos devem ter também o compromisso de protegê-lo. Todos os cidadãos, desta maneira, têm uma responsabilidade perante à justiça para com o meio ambiente. Sendo a natureza do direito ambiental difusa, compete a todos, pessoas físicas ou jurídicas, a proteção do meio ambiente, não sendo tal pretensão um mero privilégio, mas um dever constitucional.

Para tanto, faz-se necessário que o conhecimento e participação cidadã relativa aos direitos e deveres com o meio ambiente sejam esclarecidos para as pessoas já na educação escolar, a fim de que cada criança, por mais nova que seja, tenha a ciência de seus compromissos com a sociedade e a natureza.

O que constrói conhecimento sobre distintos aspectos de trato e cuidados com o meio ambiente, como por exemplo, o gerenciamento adequado dos resíduos gerados pelas atividades humanas, a fim de minimizar problemas ambientais, estéticos e até mesmo de saúde pública. Nesta perspectiva a disseminação da informação, ainda na escola, com

intuito que os alunos conheçam especificamente as normas que regem a administração de processos e materiais específicos, propiciam mudanças de comportamento que se refletem junto aos seus e a comunidade em que faz parte.

De igual forma, o entendimento sobre a necessidade de uma coleta de lixo eficiente da gestão, assim como outros processos de gestão ambiental, dependerá das ações dos cidadãos desde os primeiros contatos com o meio social. Na Educação Fundamental I, do 1º ao 5º ano, a exposição dos temas ambientais é essencial. As crianças nessa faixa de idade são interessadas e curiosas, aprendem muito rápido e respondem bem às atividades propostas. Jacobi (2005) afirma que a compreensão dos problemas ambientais se dá através da interpretação do meio ambiente como uma esfera de conhecimentos e conceitos socialmente construídos, e que são tangidos pela realidade e diversidade cultural.

Como aprofundamento sobre as realidades atuais sobre meio ambiente e a necessidade de promover mudanças conceituais e práticas no que diz respeito à preservação ambiental, será discutido no capítulo que segue o que vem a ser percepção ambiental e educação ambiental.

CLIMATES, SOILS, AND AGRICULTURE IN THE TROPICAL REGION

Data de submissão: 04/04/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Claudio Aparecido Spadotto

Embrapa Agricultura Digital
Campinas - São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3404384601903230>
ORCID: 0000-0001-5713-1261

Rafael Mingoti

Embrapa Territorial
Campinas - São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3479283038505977>
ORCID 0000-0003-4873-7565

ABSTRACT: The tropical region can be geographically defined, using latitudinal delimitation, as that part of the earth located between the Tropic of Cancer and the Tropic of Capricorn, comprising 38% of the Earth's land surface. A total of 124 countries and territories are entirely or for the most part in the tropical region. On the other hand, the boundaries of the tropics are defined by climatologists commonly based on surface temperature and precipitation patterns. Hence, the estimated boundaries of the tropics can extend further from the equator than the latitudinal delimitation and the tropical zone spreads across the less well-defined subtropical zone. In this chapter, descriptions of the main climates and soils

and a summary of the agricultural activities in the tropical region are presented in an integrated way, taken into consideration that the geographical delimitation is inexact at the boundaries. A global perspective is adopted and climate change is considered.

KEYWORDS: tropics, environment, soil properties, meteorological conditions, climate change.

CLIMAS, SOLOS E AGRICULTURA NA REGIÃO TROPICAL

RESUMO: A região tropical pode ser definida geograficamente, utilizando a delimitação latitudinal, como a parte da terra situada entre o Trópico de Câncer e o Trópico de Capricórnio, compreendendo 38% da superfície terrestre. Um total de 124 países e territórios estão inteiramente ou na sua maior parte na região tropical. Por outro lado, os limites dos trópicos são definidos pelos climatologistas geralmente com base em padrões de temperatura da superfície e de precipitação. Assim, os limites estimados dos trópicos podem estender-se mais longe do equador do que a delimitação latitudinal, e a zona tropical estende-se através da zona subtropical menos bem definida. Neste capítulo, descrições dos principais

climas e solos e um resumo das atividades agrícolas predominantes na região tropical são apresentados de maneira integrada, levando em consideração que a delimitação geográfica é inexata nos limites. Uma perspectiva global é adotada e as mudanças climáticas são consideradas.

PALAVRAS-CHAVE: trópicos, ambiente, propriedades do solo, condições meteorológicas, mudança do clima.

1 | INTRODUCTION

The tropical region can be geographically defined as that part of the earth located between 23°28' north and south of the equator, representing the region between the Tropic of Cancer and the Tropic of Capricorn – **Figure 1**.

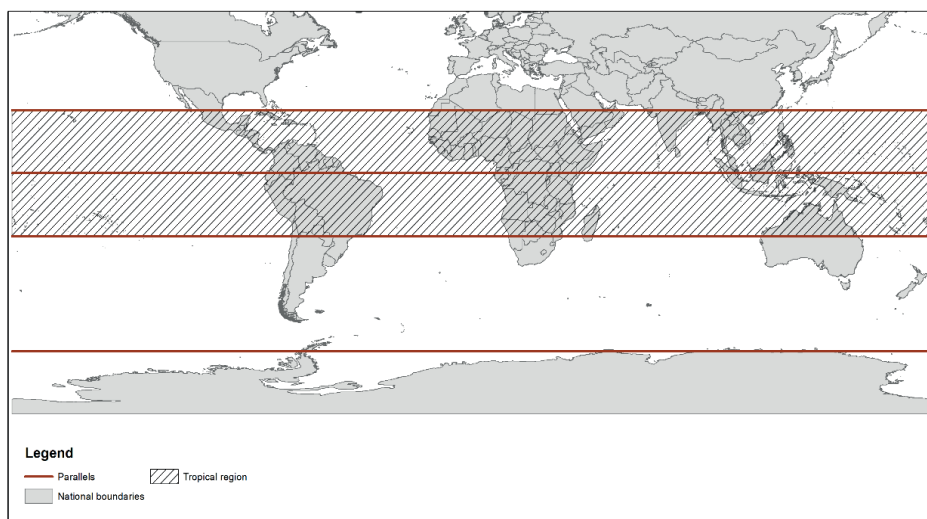


Figure 1 – Tropical geographic region (latitudinal delimitation). Data source: National Boundaries from GADM (2018). Prepared by the authors.

According to this latitudinal delimitation, the tropical region comprise 38% of the Earth's land surface, approximately 5 billion hectares, and 50% of the world's population, about 3.6 billion people in 2013. The tropical geographic region (latitudinal delimitation) encompasses the entire region of Southeast Asia, Central America, the islands in the South Pacific, the Caribbean Basin, a major part of Africa, most of South America, a large portion of the Indian subcontinent, and a small part of northern Australia. About half of the tropics are in Africa, 35% in Latin America, and 16% in Asia and Oceania. A total of 124 countries and territories are entirely or for the most part in the tropical region. Countries with considerable land area in the tropics are listed in **Table 1**.

Tropical Africa	Tropical America	Tropical Asia and Oceania
Angola	Bolivia	Australia (Northern)
Cameroon	Brazil	Bangladesh (Southern)
Central African Republic	Colombia	Cambodia
Congo	Costa Rica	China (Guangzhou, Southern)
Ethiopia	Cuba	Indonesia
Ghana	Dominican Republic	Malaysia
Ivory Coast	Ecuador	Myanmar
Kenya	Guatemala	Oman
Mali	Honduras	Papua New Guinea
Mozambique	Jamaica	Philippines
Nigeria	Mexico (Southern)	Saudi Arabia
Somalia	Nicaragua	Sri Lanka
Sudan	Panama	Thailand
Tanzania	Paraguay (Northern)	Vietnam
Zambia	Peru	Yemen
Zimbabwe	Puerto Rico	
	Venezuela	

Adapted from Racke et al. (1997).

Table 1 – Countries with considerable land area in the tropical region.

Climatologists use different indicators to define the boundaries of the tropics, commonly based on surface temperature and precipitation patterns (SEIDEL and RANGEL, 2007) and the estimated boundaries of the tropics can extend further from the equator than the latitudinal delimitation. The tropical zone extends across the less well-defined subtropical zone, which is the climatic region found adjacent to the tropics, usually between latitudes 20° and 35° in both hemispheres, but occasionally found at slightly higher latitudes (ISAAC and TURTON, 2014).

The geographical delimitation is inexact at the boundaries because changes in climate conditions and soil types are gradual. Thus, there is no true dividing line between tropical and temperate zones, and intermediate areas are often referred to as subtropical. Geographically, the subtropical regions cover the latitudes between 23°26'11.6" and approximately 35° in the northern hemisphere and in the southern hemisphere. Hence, parts of southern Brazil, southern Australia, southern South Africa, northern India, northern Bangladesh, and northern Mexico, outside of the tropical geographic region, are included.

Knowing the environment is fundamental for sustainable development. Hence, in this chapter, descriptions of the distinguished climates and soils in the tropical region, as well as aspects of the agricultural activities in the region, are summarized and integrated. A global perspective is adopted and climate change is considered.

2 | CLIMATES IN THE TROPICS

Climate and natural vegetation in the tropical region are closely related and the main classification systems of climates in the region employ vegetation names for the different climatic zones. Natural tropical vegetation can be grouped into the five general categories: savannas (43% of the area), moist tropical forests (30%), deciduous and thorn forests (22%), desert shrubs and scattered grasses (7%), and no vegetation (5%). Thus, most of the tropics are not covered by rainforests, as commonly assumed. Savannas are the most extensive type of tropical vegetation. It is worth mentioning that, as for climate, natural vegetation zones do not end abruptly. There is usually a transition, a combination of vegetation types and, in many instances, they form complex mosaics in the landscape (SCHOLES and WALKER, 1993).

Climate regimes in the tropical region typically present much less seasonal temperature variation. Hence, in the tropics, the mean monthly surface air temperature variation is 6°C or less between the average of the summer (3 warmest months) and the winter (3 coldest months). The daily variation is also generally within this range (SANCHEZ, 2019). This includes the hot lowlands as well as the cold highlands in the tropical region. Distributions of annual temperature and annual precipitation in the world are presented, respectively, in **Figure 2** and **Figure 3**.

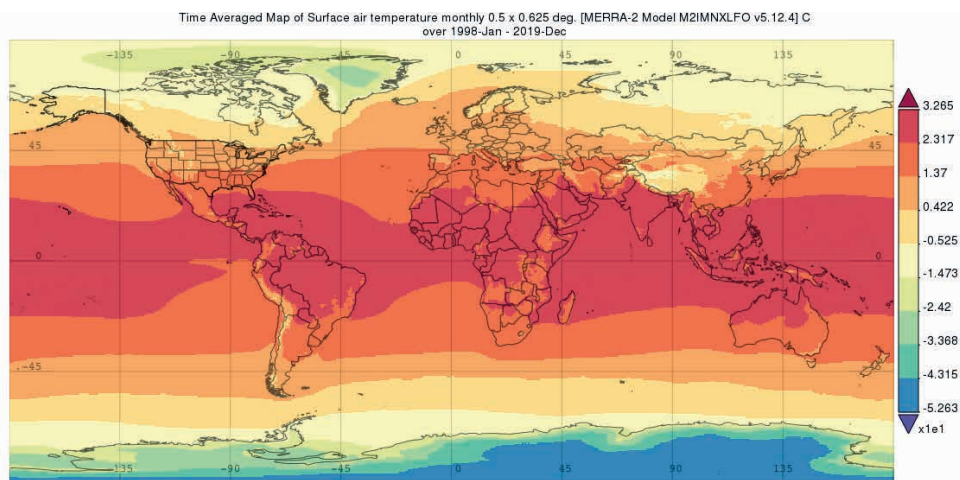


Figure 2 – Annual average temperature distribution in the world. Data source: TRMM (2011). Prepared by the authors.

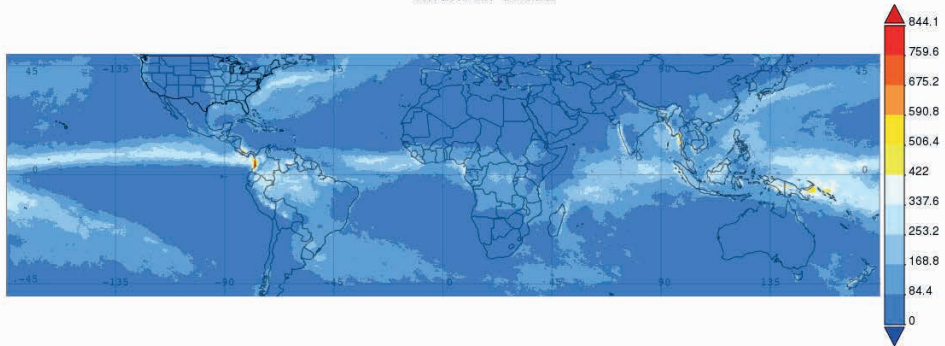


Figure 3 – Annual average precipitation distribution in the world. Data source: GMAO (2015). Prepared by the authors.

The least temperature variation occurs in latitudes within 6 degrees of the equator. As latitude increases, diurnal and seasonal air temperature variations also increase, reaching maximum values in the desert areas near the tropic of Cancer. The widest temperature variation is found in inland areas with the least rainfall in those areas (SANCHEZ, 2019).

Mean air temperatures generally decrease by 0.6°C for every 100-meter increase in elevation in the tropics. According to Juo and Franzluebbbers (2003), mean annual temperature at sea level in the tropical region is about 26°C and can be even below 20°C in tropical highlands (altitude above 900 m).

As temperature is relatively uniform, rainfall distribution is the main criterion used to classify tropical climates. Rainfall in the tropics is driven by complex circulation patterns and weather disturbances. The main pattern is the movement of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and the main disturbances are the El Niño Southern Oscillation and tropical cyclones (SANCHEZ, 2019).

Rainfall in the tropical region also varies with altitude and with the distance from the coast (JUO and FRANZLUEBBERS, 2003). The rainfall amount has a range from 1,500 to 10,000 mm per year, and the net recharge, also known as leaching rainfall, can reach 3,000 mm per year (KAUFFMAN et al, 1998; JUO and FRANZLUEBBERS, 2003; GMAO, 2015).

Based on elevation, the tropics may be further divided into: (1) lowland tropics – areas below 600 m, (2) midaltitude tropics – areas between 600 m and 900 m, and (3) high-altitude tropics or tropical highlands – areas above 900 m (JUO and FRANZLUEBBERS, 2003). Local variation in topography, rainfall, wind direction, and other factors change these relationships.

Approximately 77% of the land mass can be classified as lowland and midaltitude tropics, with elevations below 900 m. Climates in the lowland and midaltitude tropics generally share three common features: a year-round warm temperature, rainfall of high intensity (large volume and short duration), and a high rate of evaporation.

Tropical highlands account for 23% of the tropics. In 20% of the tropics, altitudes range from 900 m to 1800 m, whereas about 3% of elevations in the tropics exceed 1800 m, which can be found in the Andes of Central and South America, the East African Highlands, and parts of Southeast Asia. In tropical highlands, mild temperatures occur throughout the year, with a mean annual temperature of 20°C or lower. Rainfall on tropical highlands can be extremely variable within a short distance. Because of the year-round comfortable temperature, areas of tropical highlands with favorable rainfall and fertile soils are usually densely populated and hence intensively cultivated (JUO and FRANZLUEBBERS, 2003).

Most approaches that have been used to classify climates in the tropics are based on the original classification of Köppen and Geiger (1936), updated by Rodenwaldt and Juszat (1963) and Kotteck et al. (2006). Four main tropical climates, based on the length of the rainy seasons, namely, rainy climates (Af, Am), seasonal climates (Aw), dry climates (Bsh), and deserts (BW), are presented in **Table 2** and **Table 3**.

Climate	Köppen-Geiger Classification	Natural Vegetation	Area in the Tropics	
			Mha	%
Humid tropics	Rainy climates (Af, Am)	Humid tropical forests	1191	24
Subhumid tropics	Seasonal climates (Aw)	Savannas, deciduous forest or woodlands	2430	49
Semiarid tropics	Dry climates (BSh)	Shrubs and trees with discontinuous grass cover	771	16
Arid tropics	Desert (BW)	Deserts	558	11

Table 2 – Distribution of major climates in the tropics and relationships with natural vegetation.

Adapted by Sanchez (2019) from Köppen and Geiger (1936) and Rodenwaldt and Juszat (1963). Mha stands for million hectares.

Such climates occur at almost all elevations in the tropics and their associated natural vegetation types are indicated in **Table 2**. The geographical distribution of these climates is shown in **Figure 4**.

Climate	Tropical Africa		Tropical America		Tropical Asia and Oceania	
	Area (Mha)	Main Areas	Area (Mha)	Main Areas	Area (Mha)	Main Areas
Humid tropics	197	Congo forest, New Guinea, parts of coastal West Africa, eastern Madagascar	646	Amazon Basin, Atlantic coast of Central America, Atlantic coast of Brazil, Pacific coast of Colombia	348	Most of Indonesia, Malaysia, many Pacific islands, Philippines
Subhumid or wet-dry tropics	1144	Most of the continent south of Sahel and north of Kalahari Desert (except the humid Congo Basin)	802	Cerrado of Brazil, Llanos of Colombia and Venezuela, eastern Amazonia, Pacific coast of Central America and Mexico, most of Cuba	484	Most of India, mainland Southeast Asia, a belt in Northern Australia
Semi-arid tropics	486	Part of Sahel, parts of East, Southern Africa	84	Much of Mexico, Northeast Brazil	201	Parts of India, most of Northern Australia
Arid tropics	304	Kalahari Desert, Horn of Africa, parts of Sahara Desert, narrow coastal area in Namibia	25	Narrow coastal desert in Peru	229	Arabian Peninsula, Australian Desert
Tropical highlands ¹	NA ²	Highlands are found in East Africa (Ethiopia, Kenya, Uganda, Rwanda, Burundi)	NA ²	In the Andean region of South America (Peru and Bolivia) and the highlands of Central America (Mexico)	NA ²	NA ²

Table 3 – Main areas in different climates in the tropics.

Adapted from Sanchez (2019) and Juo and Franzluebbers (2003). ¹Elevation higher than 900 m above sea level. ²Data or information not available. Mha stands for million hectares.

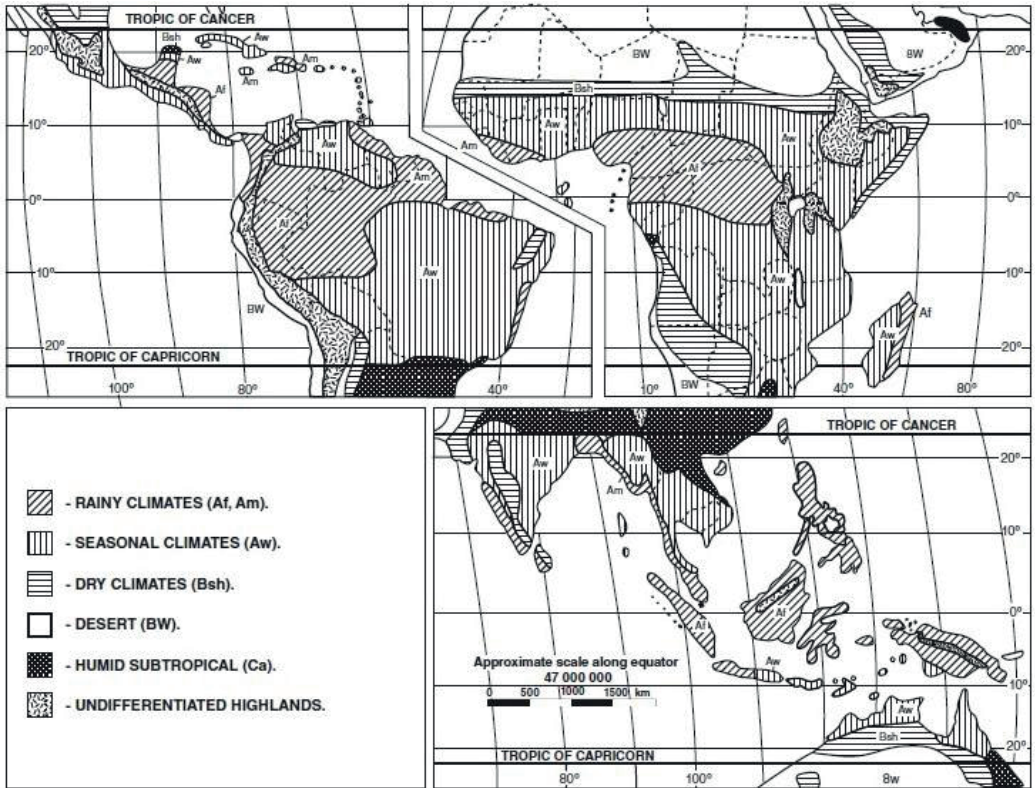


Figure 4 – Geographical distribution of climates in the tropical region. Adapted by Sanchez (2019) from Rodenwaldt and Jusatz (1963).

Simplified definitions of soil moisture regimes applied to the tropics, based on the moisture control section (SOIL SURVEY STAFF, 1999; 2014), and related climate are presented in **Table 4**. According to Sanchez (2019), the moisture control section roughly corresponds to depths of 10–30 cm for fine loamy, silty and clayey soils, 20–60 cm for coarse loamy soils, and 30–90 cm for sandy soils. The term ‘dry’ refers to soil moisture tensions at or above the wilting point of most plants.

Soil Moisture Regime	Consecutive Months per Year with Dry Soil Control Section	Related Climate
Udic	< 3	Humid tropics
Ustic	3 – 9	
Typic tropustic	3 – 6	Subhumid tropics
Aridic tropustic	6 – 9	Semiarid tropics
Aridic	> 9	Arid tropics
Aquic	Saturated with water long enough to cause oxygen depletion	

Table 4 – Simplified definitions of soil moisture regimes in the Soil Taxonomy system, as applied to the tropics*, with subdivisions, and related climate.

Adapted by Sanchez (2019) from Soil Survey Staff (1999, 2014), van Wambeke (1981, 1982, 1987) and van Wambeke and Newhall (1985). * 'iso' temperature regimes.

Rainy climates are the most common near the equator, in the low-pressure zone, with a short or none dry season in the humid tropics. They are characterized by large amounts of rainfall almost evenly distributed throughout the year, exceeding the potential evapotranspiration in most of the months. Rainy climates occur roughly in one-fourth of the tropics. As consequence of a misleading perception, the lowland humid tropics, typically hot and wet, are considered the tropical climate.

Moving away from the equator, the amount of rain tends to decrease, characterized by seasonality in rainfall distribution, with one or two distinct dry periods per year. Areas with classic monsoon climates are in this zone. The subhumid climate covers about half of the tropics. At latitudes higher than 5 degrees the subhumid tropics have one long dry season and one long rainy season. The subhumid tropics include the most agriculturally productive tropical areas of Latin America, Asia, and West Africa.

The semiarid tropics are characterized as drylands with one short, intense rainy season and a long-duration dry season. They cover about 16% of the tropics. In the semiarid tropics, flash floods occur, normally during heavy rains at the beginning of the rainy season when raindrops hit partially bare and often surface-sealed soils (SANCHEZ, 2019).

The tropical deserts, defined as those areas with sporadic rainfall, having two rainy months or less, cover about 11% of the tropics. When irrigated, many of the loamy or clayey soils are extremely productive.

The tropical highlands, because of its cool annual temperature and low rate of evaporation, are considered in a special climatic zone of the tropics (JUO and FRANZLUEBBERS, 2003). In highlands, there are considerable areas with humid tropical climates. Even near the equator, climates are pleasantly cool at 1000–2000 meters of altitude, where low but constant temperatures are typical (SANCHEZ, 2019).

3 | SOILS IN THE TROPICAL REGION

The two most extensively used natural soil classification systems are the World Reference Base for Soil Resources – WRB (BRIDGES et al., 1998; DECKERS et al., 1998; IUSS WORKING GROUP, 2014, 2015) and the Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 1999, 2014). One limitation of natural soil classification systems is that they quantify only inherent attributes, most of them located in the subsoil (SANCHEZ, 2019). Many important attributes of soil related to crop production, which occur mostly in the topsoil, are not considered in soil classification systems. In addition, agricultural practices change the soil physical, chemical and biological conditions.

The World Reference Base (WRB) was developed by an international collaboration coordinated by the IUSS Working Group. It replaced the FAO/UNESCO Legend for the Soil Map of the World as international standard and it is the international standard for soil classification system. The WRB map of world soil resources is available at 1:25.000.000 scale and the FAO/UNESCO soil map have larger cartographic scale (1:5.000.000). Cartographic scale (or map scale) is a measure of the degree of generalization and at large scales more details can be observed than at small scales.

The WRB reference groups of predominant soils in the tropical region, with main characteristics, and the approximate Soil Taxonomy equivalents are in **Table 5**. The WRB has two categories (reference groups and subgroups), that correspond to the order categories of Soil Taxonomy, but inadequately identify many suborders and great groups identified by soil moisture regimes in the Soil Taxonomy system. Most soil characteristics identified in the soil families of Soil Taxonomy are not identified by the WRB (SANCHEZ, 2019).

WRB Reference Soil Group	Main Characteristics	Approximate Soil Taxonomy Equivalents
Acrisols	Soils with a horizon of low activity clays (< 24 cmolc/kg of clay at pH 7) and base saturation of < 50 %, acid and nutrient poor.	Most Ultisols, kandic great groups
Arenosols	Deep, sandy soils featuring weak or no soil development. Mainly in the Sahel, Kalahari and Australia.	Psamments, sandy Haplustepts
Cambisols	Weakly to moderately developed soils.	Ustepts, Udepts.
Ferralsols	Deep, strongly weathered soils with chemically poor, but physically stable subsoil.	Oxisols (except Aquox)
Fluvisols	Young soils in alluvial deposits.	Fluvents
Gleysols	Soils temporarily or permanently wet near the surface.	Almost all "Aqu" suborders and subgroups
Leptosols	Very shallow soils over hard rock or gravel.	Some Orthents, Rendolls, lithic subgroups
Luvisols	Soils with subsurface accumulation of high-activity clays. Mainly in temperate zone.	Alfisols (in part)
Nitisols	Deep, dark red, clayey soils with an argillic horizon. Very fertile.	Rhodic or Eutric Ultisols and Alfisols
Regosols	Soils with very limited development.	Some Orthents
Vertisols	Heavy, cracking clayey soils.	Vertisols (all)

Table 5 – The World Reference Base (WRB) groups of predominant soils in the tropical region, with main characteristics, and the approximate Soil Taxonomy equivalents.

Assembled from Bridges et al. (1998) and Sanchez (2019). The key in IUSS Working Group on WRB (2014, 2015) and subsequent versions must be used for complete classification.

As pointed out by Driessen et al. (2001), major soils in the humid and subhumid tropics are mineral soils conditioned by wet climates (such as, Acrisols, Alisols, Ferralsols, Lixisols, Nitisols, Plinthosols). Normally clay soils are expected to present lower field capacity and lower hydraulic conductivity, but in tropical regions it is necessary to consider the influence of soil structure on the soil hydraulic properties, and not only texture data (OTTONI et al., 2019; TUREK et al., 2020).

According to Sartori et al. (2008), only texture is not enough to be adopted as criterion for hydrologic classification of some soils in the tropics. NRCS (2007) classifies clayey soils as group D or may be as group C (SARTORI et al., 2008), whereas clayey Ferralsols (or clayey Oxisols), as example, are classified into the groups A or B. Briefly, soils in the groups A and B have low to moderately runoff potential when thoroughly wet and water moves freely through the soil. On the other hand, soils in the groups C and D have moderate to high runoff potential when thoroughly wet and water movement through the soil is restricted or very restricted.

Soils present in the tropics also occur in the temperate region, but in different proportions. The most extensive soils in the tropical region, classified by Soil Taxonomy,

are: Oxisols, Ultisols, Inceptisols, Entisols, Alfisols, Aridisols, and Vertisols – **Table 6**. Soils in these orders occupy around 97% of the tropical land area.

Soil Taxonomy Order	Area in the Tropical Region		Area in the Temperate Regions	
	(Mha)	(%)	(Mha)	(%)
Oxisols	962	24.8	19	0.4
Ultisols	760	19.6	341	7.3
Inceptisols	606	15.7	537	11.5
Entisols	603	15.6	1436	30.7
Alfisols	480	12.4	487	10.4
Aridisols	186	4.8	1163	24.6
Vertisols	150	3.9	160	3.5
Other soils	119	3.2	540	11.6
Total	3866	100	4684	100

Table 6 – Distribution of the main soil orders in the tropical and temperate regions, classified by the Soil Taxonomy system.

Adapted from Buol et al. (2011) and Sanchez (2019), based on Soil Survey Staff (1999, 2014). Tropics: 0° – 23°28'; Temperate: 23°29' – 60° of latitude. Mha stands for million hectares.

Areas with Oxisols and Ultisols are remarkably larger in the tropics than in the non-tropical regions. Oxisols are the most extensive soil order in the tropical region, covering approximately 962 million hectares (close to 25%) of the tropical land area. About 98% of areas with Oxisols in the world are in the tropics – **Table 7**. Most of the Oxisols, except wet Oxisols (Aquox), correspond to the Ferralsols in the WRB system.

Soil Taxonomy Order	Area in the Tropical Region		Area in the Non-Tropical Regions		Area in the World
	(Mha)	(%)	(Mha)	(%)	(Mha)
Oxisols	962	98.1	19	1.9	981
Ultisols	760	69.0	342	31.0	1102
Inceptisols	606	47.5	669	52.5	1275
Entisols	603	28.5	1510	71.5	2113
Alfisols	480	38.0	783	62.0	1263
Aridisols	186	11.8	1392	88.2	1578
Vertisols	150	47.0	169	53.0	319
Other soils	119	4.6	2485	95.4	2604
Total	3866	34.4	7369	65.6	11235

Table 7 – Distribution of the main soil orders between the tropical and non-tropical regions, classified by the Soil Taxonomy system.

Adapted from Buol et al. (2011) and Sanchez (2019), based on Soil Survey Staff (1999, 2014). Tropics: 0°– 23°28' of latitude; Extratropical: latitudes higher than 23°29' (temperate and boreal regions).

Ultisols occupy around 760 million hectares (almost 20%) of the land area in the tropics (**Table 6**), and 69% of areas where they occur in the world are in the tropical region (**Table 7**). Many Ultisols with udic and ustic soil moisture regime are classified as Acrisols in the WRB system.

4 | TROPICAL AGRICULTURE

Over the centuries, agricultural activities, initially in fertile areas along the banks of large rivers, occupied areas with good distribution of rain and with fertile soils. With the development of irrigation systems, from the simplest, as flooding in rice growing areas, to complex systems used in fruit crops in semiarid regions, agriculture reached the current distribution, occupying a total of 1.87 billion hectares of croplands in the world, roughly 12.6% of the global terrestrial area (THENKABAIL et al., 2012; TELUGUNTLA et al., 2015).

The economies of most countries in the tropical region are based on agriculture, defined in its broad sense to encompass crops, livestock, forestry, fisheries, and resource management of agricultural landscapes (SANCHEZ, 2019). The tropical region has provided in abundance a wide range of agricultural products for the world population (JUO and FRANZLUEBBERS, 2003).

As pointed out by Juo and Franzluebbbers (2003), there are many images of agriculture in the tropics: the cash and tree crop plantations on the rich volcanic soils in Latin America and the Pacific Islands, the rice paddies on the fertile alluvial soils in tropical Asia, the savanna grasslands in sub-Saharan Africa, and the slash-and-burn farming throughout the humid tropics. Thus, as noted by Sanchez (2019), agriculture in the tropical region is not homogeneous and, as illustrated by the author, “within short distances one can observe large sugar cane plantations being harvested by large machines, minute and carefully hand tended paddy rice fields, and a wide array of trees and crops growing together on steep hillsides that are cleared by slash and burn”.

In most tropical region, the growing season of crops is defined by the number of humid months, when rainfall exceeds evapotranspiration, within a year, even though these climatic divisions are somewhat arbitrary in view of high variability in rainfall and evaporative demand (JUO and FRANZLUEBBERS, 2003).

Juo and Franzluebbbers (2003) summarized agricultural features of climatic zones in the tropics:

- In the humid tropics, crops grown are those well adapted to the continuous hot and humid conditions and not requiring a pronounced dry season for harvesting. Common food crops include plantain or starchy banana and a variety of root crops including cassava, taros, and sweet potato. Major commercial tree crops cultivated in the humid tropics are rubber and oil palm. Rice is widely grown in irrigated lowlands with fertile soils in tropical Asia. Because of the lack of a distinct dry season and heavy insect and disease pressure, corn and beans, grown

in per-humid regions, are usually harvested and consumed before reaching maturity. From both ecological and economic viewpoints, destroying large areas of tropical forests to make way for cattle ranching is perhaps the least desirable farming system in the humid tropics.

- In the subhumid tropics, there are large farms that use high technology to produce mainly soybean, wheat, and corn. Where a pronounced dry season occurs yearly, grain crops such as corn and beans are well suited to wetter areas, whereas sorghum, cotton, cowpea, peanut, and other pulse crops are better suited to drier areas. Root crops such as cassava, sweet potato, yams, and starchy banana or plantain are also commonly cultivated in the wetter areas. Cacao is a common tree crop grown on less acidic and more fertile soils in wetter areas, whereas oil palm and rubber plantations are commonly found on the more acidic soils in higher rainfall areas. Irrigated lowland rice is a common food crop grown mainly in the lowland areas of tropical Asia. In Africa and Central and South America, open grasslands with scattered trees cover large areas under the drier end of the rainfall regime. The establishment of temporary pasture is feasible as it can survive the dry season and carry some livestock through it.
- In the semiarid tropics, rainfed agriculture (that relies on rainfall for water, with no irrigation) is restricted to areas where the low total annual rainfall occurs in a monomodal pattern (with no alternation of humid and dry months within the wet season), such as the Sahel region of West Africa. Common food crops include millet, peanut, cowpea, and pigeon pea. Sorghum and cotton are cultivated in wetter areas. Nomadic cattle herding has been a prevailing farming system in the semiarid tropics of Africa.
- In the arid tropics, nomadic herding is the dominant traditional farming activity. Food crop farming is restricted to small inland valleys, where runoff water from the upper slopes is collected at the valley bottom for crop cultivation. Crops in small inland valleys are also irrigated with well water where groundwater is available.
- The tropical highlands are grouped as a special climatic region of the tropics, because of its cool annual temperature and low rate of evaporation. Tropical highlands, particularly areas with adequate rainfall and fertile volcanic soils, are among the most densely populated and intensively cultivated areas of the tropics. Potato and beans are the main food crops in the Andes highlands; whereas corn and beans are widely grown in the tropical highlands of Central America and East Africa. Highland coffee, originated in the tropical highlands of Ethiopia, is an important cash crop cultivated in this region. The cooler temperature regime is also better suited for a wide range of leafy vegetable crops.

Juo and Franzluebbbers (2003) highlighted that technological advancement and economic expansion have brought many changes and the large commercial tree and cash crop plantations and cattle ranches are significant new farming systems developed in the tropics. The authors mentioned that high-input management strategies are used on

large tree and cash crop plantations. As examples, large coffee plantations are found in Brazil, Colombia, El Salvador, and Kenya; sugarcane estates in Brazil, Philippines, Hawaii, and Caribbean Islands; tea plantations in India, Sri Lanka, and Kenya; banana estates in Honduras, Cameroon, and the Ivory Coast; oil palm estates in Malaysia, Indonesia, Nigeria and Ivory Coast; cacao plantations in Nigeria, Ghana, and the Ivory Coast; coconut estates in Malaysia, Indonesia, India, Sri Lanka, and Philippines; rubber estates in Malaysia, Sri Lanka, and Indonesia; and sisal estates in East Africa and Madagascar.

5 | FINAL CONSIDERATIONS

As it is in the rest of the world, the climate is changing in the tropics (IPCC, 2013), despite the less obvious changes, because of the considerable natural variability (CORLETT, 2014). It is noteworthy that there are evidences from long-term meteorological measurements that the tropical and subtropical zones are expanding poleward in both hemispheres (SEIDEL et al., 2008; IPCC, 2013; ISAAC and TURTON, 2014; LUCAS et al., 2014). As highlighted by Brevik (2012), soils are intricately linked to the atmospheric-climate system and altered climate affects soil processes and properties, and soils, in turn, have effects on climate. Agriculture is closely dependent on soil properties and weather conditions.

REFERENCES

BREVIK, E. C. Soils and Climate Change: Gas Fluxes and Soil Processes. **Soil Horizons**, v. 5, p. 12-23, 2012.

BRIDGES, E. M.; BATJES, N. H; NACHTERGAELE, F. O. (ed.). **World Reference Base for Soil Resources: Atlas**. Leuven, Belgium: Acco Publishing, 1998.

BUOL, S. W., SOUTHARD, R. J.; GRAHAM, R. C; MCDANIEL, P. A. **Soil Genesis and Classification**. 6th ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2011.

CORLETT, R. T. The impacts of climate change in the Tropics. *In*: EDELMAN, A.; GEDLING, A.; KONOVALOV, E. *et al.* (ed.). **State of the Tropics: 2014 Report**. Cairns: James Cook Univ., 2014. Chapter 5, Essay 2, p. 155-161. Available at <https://researchonline.jcu.edu.au/35471>. Accessed on Jan 10, 2023.

DECKERS, J. A.; NACHTERGAELE, F. O.; SPAARGAREN, O. C. (ed.). **World Reference Base for Soil Resources: Introduction**. Leuven: Acco Publishing, 1998.

DRIESSEN, P.; DECKERS, J.; SPAARGAREN, O.; NACHTERGAELE, F. (ed.). **Lecture notes on the major soils of the world. (World Soil Resources Report; No. 94)**. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 2001. Available at <https://edepot.wur.nl/82729>. Accessed on Jan 10, 2023.

GADM. **National boundaries database – version 2.8**. 2018. Available at <https://gadm.org/data.html>. Accessed on Jan 10, 2023.

GMAO - Global Modeling and Assimilation Office. MERRA-2 instM_2d_lfo_Nx: 2d, Monthly mean, Instantaneous, Single-Level, Assimilation, **Land Surface Forcings** V5.12.4, Greenbelt: Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), 2015. Available at <https://gmao.gsfc.nasa.gov>. Accessed on Jan 10, 2023.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *In*: STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K *et al.* (ed.). **Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2013. Available at <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1>. Accessed on Jan 10, 2023.

ISAAC, J.; TURTON, S. Expansion of the Tropics: Evidence and Implications. *In*: EDELMAN, A.; GEDLING, A.; KONOVALOV, E. *et al.* (ed.). **State of the Tropics: 2014 Report**. Cairns: James Cook Univ., 2014. Chapter 8, Essay 5, p. 435-447. Available at <https://researchonline.jcu.edu.au/43022>. Accessed on Jan 10, 2023.

IUSS - International Union of Soil Sciences, Working Group on WRB, World Reference Base for Soil Resources: International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. **World Soil Resources Reports 106**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2014.

IUSS - International Union of Soil Sciences, Working Group WRB, 2015, World Reference Base for Soil Resources: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. **World Soil Resources Reports No. 106**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2014, update 2015.

JUO, A. S.; FRANZLUEBBERS, K. **Tropical soils: properties and management for sustainable agriculture**. Oxford: Oxford Univ. Press on Demand, 2003.

KAUFFMAN, S.; SOMBROEK, W.; MANTEL, S. Soils of rainforests characterization and major constraints of dominant forest soils in the humid tropics. *In*: SCHULTE, A.; RUHIYAT, D. **Soils of Tropical Forest Ecosystems: characteristics, ecology and management**. Berlin, Heidelberg: Springer, 1998. p. 9-20.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Borntraeger, 1936.

KOTTECK, M. C.; GREISER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen–Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, p. 259-263, 2006.

LUCAS, C.; TIMBAL, B.; NGUYEN, H. The expanding tropics: a critical assessment of the observational and modeling studies. **WIREs Climate Change**, v. 5, p. 89-112, 2014.

OTTONI, M. V.; OTTONI FILHO, T. B.; LOPES-ASSAD, M. L. R.; ROTUNNO FILHO, O. C. Pedotransfer functions for saturated hydraulic conductivity using a database with temperate and tropical climate soils. **Journal of Hydrology**, v. 575, p. 1345-1358, 2019.

RACKE, K. D.; SKIDMORE, M. W.; HAMILTON, D. J.; UNSWORTH, J. B.; MIYAMOTO, J.; COHEN, S. Z. Pesticide fate in tropical soils. Pesticides Report 38. **Pure and Applied Chemistry**, v. 69, p. 1349-1371, 1997.

RODENWALDT, E.; JUSATZ, H. J. (eds.). **Die Jahreszeitenklimate der Erde**. Berlin: Springer-Verlag, 1963.

SANCHEZ, P. **Properties and Management of Soils in the Tropics**, 2nd ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2019.

SARTORI, A.; GENOVEZ, A. M.; LOMBARDI NETO, F. Tentative hydrologic soil classification for tropical soils. *In: IAHR-APD Congress, 16, and Symposium of IAHR-ISHS, 3, 2008, Nanjing. Proceedings [...]*. Nanjing: Hohai University, 2008. p. 199-204.

SCHOLES, R.; WALKER, B. **An African Savanna: Synthesis of the Nylsvley Study (Cambridge Studies in Applied Ecology and Resource Management)**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1993.

SEIDEL, D. J.; FU, Q.; RANDEL, W. J.; REICHLER, T. J. Widening of the tropical belt in a changing climate. **Nature Geoscience**, v. 1, p. 21-24, 2008.

SEIDEL, D. J.; RANDEL, W. J. Recent widening of the tropical belt: evidence from tropopause observations. **Journal of Geophysical Research – Atmospheres**, v. 112 (D20), p. D20113, 2007.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**, 12th ed. Washington, DC: Natural Resources Conservation Service, US Department of Agriculture, 2014.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys**, 2nd ed. **USDA Agriculture Handbook 436**. Washington, DC: Natural Resources Conservation Service, US Department of Agriculture, 1999.

TELUGUNTLA, P.; THENKABAIL, P. S.; XIONG, J.; GUMMA, M. K.; GIRI, C.; MILESI, C.; OZDOGAN, M.; CONGALTON, R.; TILTON, J.; SANKEY, T. T.; MASSEY, R.; PHALKE, A.; YADAV, K. Global Cropland Area Database (GCAD) derived from Remote Sensing in Support of Food Security in the Twenty-first Century: Current Achievements and Future Possibilities. *In: Thenkabail, P. S. (ed.). Remote Sensing Handbook: Land Resources: Monitoring, Modelling, and Mapping. Volume II, chapter 7, p. 1-45.* Boca Raton: Taylor & Francis, 2015.

THENKABAIL, P. S.; KNOX, J. W.; OZDOGAN, M.; GUMMA, M. K.; CONGALTON, R. G.; WU, Z.; MILESI, C.; FINKRAL, A.; MARSHALL, M.; MARIOTTO, I.; YOU, S. GIRI, C.; NAGLER, P. Assessing future risks to agricultural productivity, water resources and food security: how can remote sensing help? **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Special Issue on Global Croplands: Highlight Article, v. 78, n. 8, p. 773-782, 2012.

TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission. TRMM (TMPA/3B43) **Rainfall Estimate L3 1 month 0.25 degree x 0.25 degree V7**, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), 2011. Available at <https://gpm.nasa.gov/missions/trmm>. Accessed on January 10, 2023.

TUREK, M. E.; VAN LIER, Q. D. J.; ARMINDO, R. A. Estimation and mapping of field capacity in Brazilian soils. **Geoderma**, v. 376, p. 114557, 2020.

VAN WAMBEKE, A. Soil Moisture and Temperature Regimes of Africa. **Soil Management Support Services Technical Monograph 3**. Washington, DC: US Department of Agriculture, 1982.

VAN WAMBEKE, A. Soil Moisture and Temperature Regimes of Central America, the Caribbean and Mexico. **Soil Management Support Services Technical Monograph 16**. Cornell: New York State College of Agriculture and Life Sciences, 1987.

VAN WAMBEKE, A. Soil Moisture and Temperature Regimes of South America. **Soil Management Support Services Technical Monograph 2**. Washington, DC: US Department of Agriculture, 1981.

VAN WAMBEKE, A.; NEWHALL, F. Soil Moisture and Temperature Regimes of Asia. **Soil Management Support Services Technical Monograph 9**. Cornell: New York State College of Agriculture and Life Sciences, 1985.

A QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO EM ESCOLAS DA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ-AM

Data de aceite: 02/06/2023

Clenio Ferreira de Farias

<http://lattes.cnpq.br/0777756240001189>

Maria Edenilda da Silva Galvão

<http://lattes.cnpq.br/7820163809547536>

RESUMO: A escassez de recursos hídricos é um dos maiores problemas enfrentados pela comunidade global nos últimos tempos. A ausência de sensibilidade de algumas pessoas quanto ao uso racional da água pode comprometer a disponibilidade ou ainda sua qualidade. A qualidade da água é determinada por um conjunto de elementos que podem interferir nas propriedades da água tornando-a inconveniente para o consumo. Esta pesquisa objetivou analisar a qualidade da água em 3 escolas da zona rural do município de Humaitá-AM. Para aferição da qualidade foi utilizado o método padrão para o exame de água e águas residuais (SMWW, 23ª Edição, 2017). Os valores encontrados foram comparados com os dispositivos da Portaria de consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, Resolução nº 357/CONAMA, de 17 de março de 2005, e Libânio (2010). Os resultados apresentaram baixa concentração de cloro residual livre nos sistemas das 3 escolas.

Na escola 1, foi constatada também, a presença de coliformes totais nos 4 pontos de coleta (poço, reservatório, bebedouro e torneiras de cozinha) e a Presença de *Escherichia coli* no poço, reservatório e na torneira da cozinha. Na escola 2, os resultados apresentaram a presença de coliformes totais no poço e no reservatório. Outro parâmetro considerado fora do padrão foi o pH, o qual apresentou grau de acidez nas amostras das 3 escolas. Os resultados mostram contaminação microbiológica da água nas escolas 1 e 2, fato que põe em risco a saúde de alunos, servidores e outros usuários.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água. Escolas da zona rural. Parâmetros de qualidade da água. Humaitá-AM.

1 | INTRODUÇÃO

A água é uma substância vital presente na natureza e, por isso, é essencial para o consumo humano e para o desenvolvimento de atividades industriais e agropecuárias, cuja qualidade e disponibilidade limitam seus usos (KUHN et al., 2015).

Shiklomanov (1998), afirma que “o

Brasil é detentor de uma das maiores reservas hídricas do planeta, sendo privilegiado em águas aparentes e mananciais subterrâneos, ou seja, possui um volume mundial estimado de águas subterrâneas de 10.360.230 km³”.

“A oferta de água para o abastecimento tem sido apontada como um dos grandes problemas do século XXI, ressaltando-se que a abundância do elemento líquido causa uma falsa sensação de recurso inesgotável” (OLIVEIRA et al, 2018, p.10). A preocupação com a temática dos recursos hídricos surge por volta da década de 70. Neste sentido, “após a Conferência de Estocolmo, em 1972, a Conferência de Mar del Plata, em 1977, foi o primeiro evento multilateral genuinamente global a debruçar-se, sob os auspícios das Nações Unidas, sobre a problemática da água”. (VARGAS, 2000, p.178). Ainda nas palavras do mesmo autor, o Plano de Ação então adotado reconheceu a conexão intrínseca entre os projetos de desenvolvimento de recursos hídricos e suas significativas repercussões físicas, químicas, biológicas, sanitárias e socioeconômicas.

No Brasil, a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelece em seu artigo 1º, inciso III, que “em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”. Já no inciso VI do mesmo artigo, dispõe que “a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”.

Em relação à potabilidade da água para o consumo humano, existem alguns padrões para aferição dessa qualidade que decorrem da Portaria 888, de 4 de maio de 2021, a qual altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017. Em seu Artigo 5º, a Portaria 888/GM/MS/2021, define a água para consumo humano como aquela potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem. Neste sentido, a qualidade da água para o consumo humano está relacionada com o volume ou quantidade, ausência ou presença de elementos químicos, físicos e microbiológicos verificados em sua composição.

No Brasil, além da Portaria de consolidação nº 5/GM/MS/2017, existe ainda, o Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), que “é um instrumento do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua), que visa promover a saúde e prevenir doenças e agravos de transmissão hídrica, por meio das ações previstas no Sistema Único de Saúde (SUS) do Brasil” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022).

O SISAGUA registra, dentre outras informações, análises da água referente aos padrões básicos da Portaria de consolidação nº 5/GM/MS/2017 (residual do agente desinfetante, turbidez, cor, pH, fluoreto, bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli*) quanto aos dados de Vigilância.

Diante da relevância da temática da água, este estudo analisou a qualidade das águas destinadas ao consumo humano em 3 escolas do campo (zona rural) em Humaitá,

no Sul do Estado do Amazonas.

2 | METODOLOGIA

2.1 Caracterização dos locais de estudo

A pesquisa, objeto deste projeto, será desenvolvida em três escolas do Município de Humaitá, localizado no Sul do Estado do Amazonas e está situado à margem esquerda do rio Madeira, nas coordenadas 07°30'22" Sul e 63°01'15" Oeste. O município foi criado pelo Decreto Nº 31 de 4 de fevereiro de 1890, tendo sua área territorial desmembrada do município vizinho de Manicoré. Segundo o censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de Humaitá era de 44.227 habitantes e densidade de 1,34 hab/km², com população estimada de 61.129 a 71.316 em 2021.

Em relação ao escopo da pesquisa coleta de dados foi realizada em 3 escolas situadas na zona rural do município utilizando o método da amostragem por conveniência, considerando que as fontes de abastecimento hídrico destas escolas possuem as mesmas características (poços artesianos) de captação subterrânea.

A Escola do campo "1" está situada na rodovia BR 319, em uma comunidade chamada Realidade, distando aproximadamente 100 km do centro da cidade de Humaitá. O poço da Escola do campo "1" foi perfurado em 2016 e possui profundidade de 21 metros. A fonte de captação está no centro de uma casa de máquina coberta, onde o bombeamento é acionado para um reservatório de 5.000 litros por meio de energia elétrica e a água é compartilhada com habitações no entorno da escola. a Localização do poço está situada nas coordenadas 6°58'55.9" Sul e 63°05'49.8" Oeste. Já a Escola do campo "2", fica localizada na rodovia BR 319, na comunidade Cristolândia, a uma distância de 54,5 Km de Humaitá (sentido Humaitá-AM - Porto Velho-RO). O poço da Escola do campo "2" foi perfurado em 2020 e possui 25 metros de profundidade e atende outras famílias nas adjacências da escola e está localizado nas coordenadas 7° 53 '29.6 "Sul, 63° 17' 11.8" Oeste. O reservatório da escola possui capacidade máxima de 1.000 litros.

Quanto à Escola do Campo "3", está localizada na BR 230, sentido Humaitá-AM - Lábrea-AM, na comunidade do rio Ipxuna, cerca de 40 km do centro de Humaitá. O poço da Escola do campo "3" foi perfurado em 2020 e possui 22 metros de profundidade e abastece várias famílias no entorno da instituição de ensino e está localizada nas coordenadas 7° 31' 30.1" Sul e 63° 20' 45.8" Oeste.

2.2 Metodologia de coleta das amostras das águas

Nas unidades de ensino pesquisadas, o abastecimento é oriundo dos poços de captação de águas subterrâneas, por meio de bombas submersas que direcionam a água canalizada para reservatórios e posteriormente distribuídas para cozinha, bebedouro, banheiros e outras áreas, sendo compartilhada com habitações no entorno das instituições

a partir dos reservatórios das escolas “1” e “3”. Já no caso da escola “2”, o abastecimento ocorre através do bombeamento por canalização direcionada do poço aos reservatórios de habitações próximas.

Os dados deste estudo foram obtido por meio de amostragem padronizada, sendo extraídas 3 amostras, uma para cada tipo de análise (química, física e microbiológica) de água em cada um dos 4 pontos de coleta em cada escola (3 amostras do Poço, 3 amostras do Reservatório, 3 amostras da Torneira da Cozinha e 3 amostras da Torneira do bebedouro).

As amostras para análises físicas e químicas foram coletadas em 24 (vinte e quatro) recipientes de polietileno com capacidade de 200ml, sendo utilizados 2 (dois) para cada um dos quatro pontos de coleta de cada escola. Já para as análises microbiológicas foram utilizados 12 (doze) recipientes de vidro com capacidade de 500ml cada amostras, sendo utilizados 1 (um) para cada ponto de coleta em cada uma das escolas.

As amostras coletadas em cada ponto foram acondicionadas em uma caixa de isopor com tampa junto com gelo gel artificial de embalagem rígida reutilizável com dimensões 12x27x2cm com 250ml cada uma. No mesmo dia em foram coletadas, as amostras foram levadas para o laboratório de análises de águas, efluentes, solo e derivados de combustíveis (LAPEF) que fica na cidade de Porto Velho, capital de Rondônia, distante 200 km de Humaitá.

2.3 Metodologia de análise das amostras das águas

As análises foram realizadas com base na Portaria de Consolidação GM/MS Nº 5, de 28 de setembro de 2017, alterada pela Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, Resolução nº 357/CONAMA, de 17 de março de 2005 e na obra de Libânio (2010).

Os parâmetros analisados neste estudo compreendem elementos da tabela dos organolépticos e outros considerados importantes por promoverem alterações nas propriedades da água (pH, Ferro total, Salinidade, temperatura da amostra, Cloro residual livre, Escherichia coli, Coliformes totais, Cor aparente, Turbidez, Condutividade Elétrica e Carbono Orgânico Total).

2.3.1 Parâmetro físico pH

O pH (potencial de hidrogênio) representa a concentração de íons hidrogênio (H⁺) no meio, classificando-o como ácido (pH<7,00), neutro (pH=7,00) ou alcalino (pH>7,00). Segundo Santos e Mohr (2013), “o termo pH é uma grandeza que varia de 0 a 14 e indica a intensidade de acidez (pH < 7,0), neutralidade (pH = 7,0) ou alcalinidade (pH > 7,0) de uma solução aquosa”. Santos (2008) afirma que “a faixa de detecção do pH varia de 1 a 14, sendo os valores inferiores à 7 os ácidos, sendo neutro o valor 7, e acima de 7 constitui-se o pH alcalino/básico”.

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) estabelece valores entre 6,0 a 9,5

para o pH. A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição. A norma estabelece que um pH de 6,0 a 9,0 é uma das condições de qualidade da água. Já a Portaria nº. 888 do MS/GM (BRASIL, 2021) dispõe que a água deve apresentar um pH variável de 6,0 a 9,0.

As análises de pH foram realizadas com um medidor multiparâmetro digital da marca AKSO, modelo AK88, que foi calibrado (três soluções padrão de calibragem: 4,00; 7,03 e; 10,04) para aferição do parâmetro pH, conforme exigências técnicas do aparelho. Após a calibração, procedeu-se a análises das amostras emergindo o eletrodo (sonda) do equipamento em um recipiente de vidro contendo 100ml da amostra coletada para essa finalidade.

2.3.2 Ferro Total

O ferro, um dos metais presentes no sedimento de fundo, é considerado um elemento fundamental no equilíbrio do corpo humano e vegetal, no entanto, quando em excesso pode resultar retardo no desenvolvimento (LOVATO, 2022. p. 13).

A Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, que altera a Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017, estabelece que as concentrações de ferro não podem ultrapassar 2,4 mg/L. Já a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 estabelece uma referência de 5,0 mg/L de Ferro dissolvido para a classe de águas doces.

As análises de ferro total deste estudo foram realizadas por meio do método colorimétrico, o qual determina a quantidade do elemento ferro presente na amostra de água por espectrofotometria de absorção molecular a um comprimento de onda de 510 nm.

O procedimento foi realizado com a utilização de um equipamento digital espectrofotômetro da fabricante HACH, modelo DR3900. Esse instrumento possui um software interno com variadas curvas de calibragem, as quais são escolhidas no display do equipamento. No caso deste estudo foi escolhida a curva de calibragem para determinação de ferro nas amostras de água coletadas.

2.3.3 Salinidade

A salinidade das águas, que a define como doces, salinas e salobras, é expressa em mg/kg ou ainda, em partes por mil (‰), isto é, g/kg e traduz o teor de sais dissolvidos, dentre os quais pode-se destacar os cloretos de Na, Mg e Ca, os sulfatos de Mg, K e Ca e os carbonatos de Ca e Mg. A salinidade representa a quantidade de sais dissolvidos nas águas. Segundo a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, a água classificada como “doce” deve conter um padrão de salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰. Isso equivale dizer que para cada litro de água temos 0,0005 Litros de sais. Importante observar que

As análises de salinidade foram realizadas com um medidor digital da Marca Hanna,

modelo HI98319, o qual foi calibrado conforme a recomendação do fabricante. Para ajustar o dispositivo é bem simples, basta clicar no botão de calibragem “CAL” e depois submergir a sonda (ponta do aparelho) em uma solução de 35 ppm, a qual é produzida pela fabricante para uso exclusivo da calibragem do equipamento. Após a calibragem procedeu-se às análises submergindo o medidor em recipientes tipo frasco borel com 100ml das amostras de água coletadas.

2.3.4 Temperatura da amostra de água

A temperatura da água é um parâmetro importante de ser analisado, quando se deseja avaliar sua qualidade, pois influencia na fluoretação, solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, alterações de pH, condutividade elétrica e alcalinidade, entre outros parâmetros (FUNASA, 2013).

Como sabemos, a temperatura é uma medida da energia cinética média das moléculas ou átomos individuais. Segundo o Manual prático de análise de água da Fundação Nacional de Saúde (2013), “a temperatura está relacionada com o aumento do consumo de água, com a fluoretação, com a solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, com a mudança do pH, com a desinfecção, etc.” Portanto, a variação da temperatura em corpos de água altera suas propriedades e pode determinar a proliferação de microrganismos, assim como sua qualidade.

A análise foi realizada com um medidor multiparâmetro digital da marca AKSO, modelo AK88, o qual foi calibrado para medir a temperatura em graus Celsius. Após a calibragem procedeu-se às leituras com imersão da sonda do equipamento num frasco borel com 100ml da amostra de água coletada.

2.3.5 Cloro Residual Livre

O cloro é um produto químico utilizado na desinfecção da água. Sua medida é importante e serve para controlar a dosagem que está sendo aplicada e também para acompanhar sua evolução durante o tratamento(FUNASA, 2013, p. 56). A Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, estabelece a obrigatoriedade da manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede). A Portaria de consolidação nº 5 do MS, em sua tabela de padrão de potabilidade para subprodutos da desinfecção que representam riscos à saúde, recomenda que o teor máximo de cloro residual livre seja de 5 mg/L.

As análises de cloro residual livre foram realizadas por meio de um medidor digital da Marca MS Tecnopon, modelo CL-800 que utiliza o método colorimétrico a partir da solução reagente (DPD). A solução (DPD) significa N,N-dietil-p-fenilendiamina, é um reagente usado na determinação de cloro em amostra de água. A reação é identificada pela cor de

tonalidade rosa que se apresenta em águas que não contêm iodeto e indica a presença de cloro residual livre. O equipamento foi calibrado conforme recomendação do fabricante disposta no manual do aparelho para o parâmetro escolhido.

2.3.6 *Escherichia E. Coli e Coliformes totais*

Segundo Alves (2018), a *Escherichia coli* (*E. coli*) “é um microrganismo pertencente à família Enterobacteriaceae, constituindo parte da microbiota normal do trato intestinal de humanos e de animais de sangue quente”. A contaminação com a *E. coli* ocorre através do consumo de água ou alimentos contaminados com a bactéria. A Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005, define a *Escherichia coli* (*E. Coli*) como

bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas (CONAMA, 2005. p. 2).

É importante, também, conhecer a densidade de bactérias, tendo em vista que um aumento considerável da população bacteriana pode comprometer a detecção de organismos coliformes (FUNASA, 2013, p. 12).

Já os coliformes termotolerantes,

São bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal (CONAMA, 2005, p. 2).

Quanto aos padrões microbiológicos, a Portaria No 888/2021 determina que os parâmetros microbiológicos *Escherichia coli* e coliformes totais devam estar ausentes da água para consumo humano (BRASIL, 2021).

Para análise dos coliformes termotolerantes foi utilizado o teste industrializado Colilert-18, da marca IDEXX. Segundo especificação do fabricante, “o teste Colilert detecta e quantifica simultaneamente coliformes totais e *Escherichia coli*, com resultados em 24 horas”.

2.3.7 *Cor aparente*

A cor aparente é um parâmetro físico que é determinado mediante a presença de matéria orgânica em água (substâncias húmicas, taninos, compostos de ferro e manganês e do lançamento de diversos tipos de resíduos industriais fortemente coloridos) (LIBÂNIO, 2010). A Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021, estabelece, dentre seus padrões organolépticos, um valor máximo permitido para cor aparente de 15 unidades Hazen

(uH). A ocorrência de alta concentração de substâncias que promovem cor aparente pode ocasionar odores e sabores desagradáveis na água tornando-a inconveniente para ser consumida.

A análise da Cor aparente, neste estudo, foi realizada com o auxílio do equipamento Colorímetro da marca Del Lab, modelo DL- COR. o Equipamento vem com cubetas com tonalidades variáveis de cor, do transparentes a uma tonalidades mais escuras, para calibragem do equipamento tornando-se em escalas de unidades de cor (Unidade Hazen-uH) para fins de Leitura dos resultados. Após a calibragem procedeu-se a análise das amostras coletadas inserindo as cubetas com 10ml de amostra no equipamento e acionando a tecla de processamento. O resultado é apresentado no display do dispositivo.

2.3.8 Turbidez

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), em seu manual prático de análise de água (2013), esclarece que:

A turbidez da água é devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (FUNASA, 2013, p. 63).

Como um dos parâmetros organolépticos estabelecidos para a potabilidade da água, a turbidez deve ser eliminada para que a água possa ser utilizada nas mais variadas atividades humanas, assim como para o consumo humano. A Portaria nº 888 de 2021 do Ministério da Saúde estabelece como valor máximo permitido de 5,0 unidades de turbidez (uT). Em relação às análises de turbidez, utilizou-se o equipamento turbidímetro da marca Policontrol, modelo AP2000, que foi calibrado conforme os padrões do fabricante do equipamento, com ajustes da Unidade de Turbidez Nefelométrica (NTU) ou, simplesmente, Unidade de Turbidez (uT) a <0,1/20/100 e 800.

2.3.9 Dureza Total

Segundo Medeiros (2017, p. 45), “O parâmetro dureza total (DT) tem por finalidade expressar em termos da concentração de carbonato de cálcio, CaCO_3 , que é equivalente à concentração total de cátions como cálcio e magnésio na água”.

A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece que a Dureza total seja de 300 mg/L como valor máximo permitido no contexto dos padrões organolépticos.

A análise do padrão Dureza total foi realizada com o medidor modelo TDS-100 marca instrutherm. A calibragem do equipamento é realizada com uma solução CD-14, comercializada pela própria fabricante, na qual o equipamento é inserido e calibrado a 1.41 ms. Após a calibração as amostras foram analisadas com a inserção do equipamento em frascos com 100ml da água coletada.

2.3.10 Condutividade elétrica

Segundo Libânio (2010), “embora não seja um padrão de potabilidade na legislação brasileira vigente, a condutividade elétrica é um importante indicador de possível despejo de efluentes em um corpo d’água, pois está relacionado à concentração de sólidos totais dissolvidos (STD)”. Libânio (2010) ressalta que em águas naturais geralmente apresentam condutividade elétrica inferior a 100 pS/cm, enquanto que em águas receptoras de altas cargas de efluentes domésticos e industriais a condutividade pode atingir até 1000 pS/cm.

Para determinar a condutividade elétrica das amostras foi utilizado o equipamento Condutímetro Mca-150 da marca MS Tecnopon. O equipamento dispõe de software com leitura digital, a qual é realizada por meio da inserção de eletrodo nas amostras. A calibragem é feita com uma solução padrão, da fabricante, para referenciar o padrão de medida a 146.9 mS/Cm.

2.3.11 Carbono Orgânico Total

Medeiros (2017) afirma que “o parâmetro Carbono Orgânico Total (COT) é um dos indicadores de matéria orgânica em águas naturais, sendo dividido em frações referentes às partes dissolvidas ou particuladas. O monitoramento do COT se tornou relevante quando se verificou a necessidade de se diminuir a formação de trihalometanos (THM) e outros subprodutos da desinfecção de águas”. Libânio (2010) afirma que “em águas subterrâneas, a concentração de COT é de 0,1 a 2,0 mg/L»1», ao passo que para águas superficiais varia de 1 a 20 mg L»1”. As análises de carbono orgânico total (COT) foram realizadas mediante a execução de dois processos: oxidação catalítica do carbono total a 680 °C e deslocamento do equilíbrio do carbono inorgânico total após adição de ácido fosfórico à amostra. Portanto, o COT é 57 calculado pela diferença do CT (carbono total) e CIT (carbono inorgânico total). Assim sendo, a mineralização do carbono orgânico total das amostras de água foi medida empregando-se um analisador de carbono TOC-VCPH/CPN da SHIMADZU, equipado com um Autosampler Injector modelo ASI-V.

3 | RESULTADOS

Os resultados das análises das amostras de água dos mananciais de abastecimento (Poços) das unidades escolares da zona rural do município de Humaitá apresentaram dados distintos de alguns parâmetros conforme tabela 1.

RESULTADOS DAS ANÁLISES (POÇOS)					
	Escola 1	Escola 2	Escola 3		
Parâmetros	Resultados	Resultados	Resultados	VMP	Unidade de Medida
Escherichia coli	Presente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Coliformes totais	Presente	Presente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Condutividade Elétrica a 25°C	15,93	11,06	13,87	N.A	µS/cm
Cor Aparente	<5,0	<5,0	<5,0	até 15,00	uH
Dureza Total	2,53	2,53	2,53	até 300,00	mg/L
Salinidade	0,01	<0,01	0,01	N.A	%
Temperatura da amostra	24,1	24,06	24	N.A	°C
Turbidez	<1,0	<1,0	<1,0	até 5,00	UNT
Cloro Residual Livre	<0,01	<0,01	<0,01	de 0,20 a 5,00	mg/L
pH a 25°C	5,43	4,72	5,3	N.A	pH
Carbono Orgânico Total	<1,0	<1,0	<1,0	N.A	mg/L
Ferro total	<0,1	<0,1	<0,1	até 0,30	mg/L

Tabela 1 - Resultados das análises das amostras coletadas nos poços.

Fonte: Autor, 2023.

Os parâmetros Escherichia Coli e Coliformes totais foram confirmados como presentes nas amostras coletadas no poço da escola 1. Já na escola 2, foi verificada a presença de coliformes totais nas amostras do poço. Portanto, estão em desacordo com o estabelecido pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, o qual estabelece que para cada amostra de 100mL de água, a Escherichia Coli e os Coliformes Totais devem estar ausentes. Outro parâmetro com resultados fora dos padrões recomendados foi o pH. A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição. Nesse contexto, os valores de pH encontrados no poço da escola 1 (5,43), escola 2 (4,72) e na escola 3 (5,3) apresentam resultados abaixo do recomendado, apresentando característica de acidez (pH < 7,0).

A seguir apresenta-se a tabela 2 com os valores encontrados nos reservatórios das escolas.

RESULTADOS DAS ANÁLISES (RESERVATÓRIO/CAIXA D'ÁGUA)					
	Escola 1	Escola 2	Escola 3		
Parâmetros	Resultados	Resultados	Resultados	VMP	Unidade de Medida
Escherichia coli	Presente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Coliformes totais	Presente	Presente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Condutividade Elétrica a 25°C	15,52	10,69	13,62	N.A	µS/cm
Cor Aparente	<5,0	<5,0	<5,0	até 15,00	uH
Dureza Total	5,06	5,06	2,53	até 300,00	mg/L
Salinidade	<0,01	<0,01	<0,01	N.A	%
Temperatura da amostra	23	24,06	24,1	N.A	°C
Turbidez	<1,0	<1,0	<1,0	até 5,00	UNT
Cloro Residual Livre	<0,01	<0,01	<0,01	de 0,20 a 5,00	mg/L
pH a 25°C	5,29	4,64	5,43	N.A	pH
Carbono Orgânico Total	<1,0	<1,0	<1,0	N.A	mg/L
Ferro total	<0,1	<0,1	<0,1	até 0,30	mg/L

Tabela 2 - Resultados das análises das amostras coletadas nos reservatórios.

Fonte: Autor, 2023.

Os resultados das análises das amostras de água coletadas nos reservatórios de cada escola apresentaram valores distintos para os parâmetros Escherichia Coli e Coliformes totais. Nas amostras coletadas na escola 1 as análises revelaram a presença de Escherichia coli e Coliformes totais. Portanto, a água do reservatório está em desacordo com a legislação, a qual estabelece que para cada amostra de 100mL de água, a Escherichia Coli e os Coliformes Totais devem estar ausentes. No reservatório da escola 2, foi verificada a presença de Coliformes totais, portanto fora do padrão estabelecido, e ausência de Escherichia coli. Quanto à escola 3, as análises mostraram ausência desses parâmetros microbiológicos na amostra de 100mL de água. Quanto às análises para Cloro Residual Livre, as escolas apresentaram valores iguais de <0,01 mg/L em seus reservatórios. Portanto, abaixo do padrão de referência (0,2 a 0,5 mg/L). As análises de Ph para as amostras coletadas nos reservatórios das escolas apresentaram valores distintos. Na escola 1, o valor encontrado foi 5,29, na escola 2, o valor foi 4,64. Já na escola 3, o valor foi 5,43. Logo, os valores estão abaixo do recomendado e apresentam característica de acidez (pH < 7,0).

A seguir apresenta-se a tabela 3 com os valores encontrados nas torneiras dos bebedouros das escolas.

RESULTADOS DAS ANÁLISES (BEBEDOURO)					
	Escola 1	Escola 2	Escola 3		
Parâmetros	Resultados	Resultados	Resultados	VMP	Unidade de Medida
Escherichia coli	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Coliformes totais	Presente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Condutividade Elétrica a 25°C	14,78	8,49	11,7	N.A	µS/cm
Cor Aparente	<5,0	<5,0	<5,0	até 15,00	uH
Dureza Total	2,53	2,53	2,53	até 300,00	mg/L
Salinidade	<0,01	<0,01	<0,01	N.A	%
Temperatura da amostra	23,1	24,6	23,6	N.A	°C
Turbidez	<1,0	<1,0	<1,0	até 5,00	UNT
Cloro Residual Livre	<0,01	<0,01	<0,01	de 0,20 a 5,00	mg/L
pH a 25°C	5,25	5,1	5,61	N.A	pH
Carbono Orgânico Total	<1,0	<1,0	<1,0	N.A	mg/L
Ferro total	<0,1	<0,1	<0,1	até 0,30	mg/L

Tabela 3 - Resultados das análises das amostras coletadas nos bebedouros.

Fonte: Autor, 2023.

As análises para verificação dos valores de Escherichia Coli e Coliformes totais das amostras de água coletadas nas torneiras dos bebedouros de cada escola apresentaram valores distintos. No bebedouro da escola 1, as análises revelaram a presença da bactéria Escherichia coli e de coliformes totais. Portanto, a água do bebedouro está imprópria para o consumo humano, visto que está em desacordo com a legislação. A norma dispõe que para cada amostra de 100mL de água, a Escherichia Coli e os Coliformes Totais devem estar ausentes para que a água seja considerada potável. Também houve a constatação da presença de Coliformes totais no bebedouro da escola 2, portanto fora do padrão estabelecido pela legislação. Quanto a Escherichia coli, o valor encontrado no bebedouro da escola 2 foi a ausência da bactéria. Portanto dentro do padrão legal. Quanto às análises para o padrão Cloro Residual Livre, os bebedouros das escolas apresentaram valores iguais (<0,01 mg/L). Portanto, à margem do padrão de referência (0,2 a 0,5 mg/L). As análises do parâmetro Ph para as amostras coletadas nos bebedouros das escolas apresentaram valores distintos. Na escola 1, o valor encontrado foi 5,25. Na escola 2, o valor foi 5,10. Já na escola 3, o valor encontrado foi 5,61. Portanto, os valores estão abaixo do recomendado e apresentam característica de acidez (pH < 7,0).

A seguir apresenta-se a tabela 3 com os valores encontrados nas torneiras das cozinhas das escolas pesquisadas.

RESULTADOS DAS ANÁLISES (TORNEIRA DE COZINHA)					
Parâmetros	Escola 1	Escola 2	Escola 3	VMP	Unidade de Medida
	Resultados	Resultados	Resultados		
Escherichia coli	Presente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Coliformes totais	Presente	Ausente	Ausente	Ausente em 100mL	Aus/Pres em 100mL
Condutividade Elétrica a 25°C	15,95	11,33	12,02	N.A	µS/cm
Cor Aparente	<5,0	<5,0	10,8	até 15,00	uH
Dureza Total	7,59	5,06	2,53	até 300,00	mg/L
Salinidade	<0,01	<0,01	<0,01	N.A	%
Temperatura da amostra	23	24,1	24,1	N.A	°C
Turbidez	<1,0	<1,0	<1,0	até 5,00	UNT
Cloro Residual Livre	<0,01	<0,01	<0,01	de 0,20 a 5,00	mg/L
pH a 25°C	5,27	4,7	5,42	N.A	pH
Carbono Orgânico Total	<1,0	<1,0	<1,0	N.A	mg/L
Ferro total	<0,1	<0,1	<0,1	até 0,30	mg/L

Tabela 4 - Resultados das análises das amostras coletadas nas torneiras de cozinha.

Fonte: Autor, 2023.

Os resultados das análises das amostras de água coletadas nas torneiras das cozinhas de cada escola apresentaram valores distintos para os parâmetros Escherichia Coli e Coliformes totais. Na escola 1 as análises revelaram a presença de Escherichia coli e Coliformes totais. Portanto, a água da torneira da cozinha é imprópria para o consumo e em desacordo com a legislação, visto que os parâmetros analisados devem apresentar ausência em amostra de 100mL de água. Em relação às análises do parâmetro Cloro Residual Livre, as escolas apresentaram valores iguais de <0,01 mg/L em suas torneiras de cozinha. Os valores encontrados estão abaixo do padrão de referência (0,2 a 0,5 mg/L). As análises de Ph para as amostras coletadas nas torneiras das cozinhas de cada escola apresentaram valores distintos. Na escola 1, o valor encontrado foi 5,27, já na escola 2, o valor foi 4,70. Na escola 3, o valor foi 5,42. Os valores estão abaixo do recomendado e apresentam característica de acidez (pH < 7,0).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa manifestam que a qualidade da água, utilizada para consumo humano, em três escolas do campo da Secretaria Municipal de Educação de Humaitá, sul do Amazonas, apresenta alguns parâmetros fora dos padrões de potabilidade de que trata a Portaria de consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017. Quanto ao parâmetro Escherichia coli, a escola do campo 1 apresentou resultados demonstrando presença dessa bactéria em três pontos de coleta (Poço, Caixa d'água e na torneira da cozinha).

O único ponto com resultado ausente (negativo) deste parâmetro, na escola 1, foi

o bebedouro. É possível que a não ocorrência da *E. coli* no bebedouro da escola 1 tenha relação com o uso de filtro na conexão da rede de distribuição com o bebedouro, porém, observa-se que o filtro não eliminou outros coliformes verificados nos resultados. Já o parâmetro Coliformes totais foi verificado como presentes nos resultados das amostras de todos os pontos de coleta (poço, reservatório, torneiras da cozinha e no bebedouro) da escola 1.

A presença de coliformes termotolerantes, como a *Escherichia coli*, na água de consumo humano da escola 1 pode ter relação com a distância entre o poço e a fossa (aproximadamente de 40m). A escola 2 apresentou resultado positivo (presença) para coliformes totais no poço e no reservatório. É possível que a ausência de coliformes nas torneiras de cozinha e bebedouro da escola 2 tenha relação com os filtros instalados.

Todas as escolas envolvidas na pesquisa apresentaram baixo teor de cloro residual livre (<0,01 mg/L) em seus quatro pontos de coleta (poço, reservatório, torneiras de cozinha e bebedouro), portanto fora dos padrões estabelecidos pela legislação (0,20 a 5,00 mg/L).

Libânio (2010) afirma que “o objetivo primordial do uso do cloro em sistemas de abastecimento de água é a desinfecção.” “Contudo, devido ao seu alto poder oxidante, sua aplicação nos processos de tratamento tem servido a propósitos diversos como controle do sabor e odor, prevenção de crescimento de algas, remoção de ferro e manganês, remoção de cor e controle do desenvolvimento de biofilmes em tubulações.”(FUNASA, 2014).

Através de um levantamento de informações sobre a estrutura do sistema alternativo de abastecimento coletivo e suas condições higiênico-sanitárias foi possível fazer uma correlação entre os valores indesejados, encontrados nas análises, com a falta de manutenção periódica do sistema de abastecimento.

Ademais, a proximidade do poço da escola 1 com a fossa séptica indica um fator potencial de contaminação. Em relação à presença de coliformes (totais), no poço e no reservatório da escola 2, é possível associar com as fossas sépticas da própria escola e das casas do seu entorno.

Portanto, verifica-se que existe a necessidade de promover ações de sensibilização junto à comunidade escolar e o poder público responsável por essas unidades de ensino da zona rural, quanto à conservação dos recursos hídricos disponíveis visando a redução de impactos ambientais causados por ações antrópicas que podem causar alterações das propriedades da água tornando-a imprópria para o consumo humano.

Neste contexto, os órgãos competentes precisam direcionar esforços no sentido de promover ações corretivas de desinfecção e cloração, em caráter de urgência, nas escolas 1 e 2, para evitar o risco à saúde de alunos, servidores e visitantes, por doenças de veiculação hídrica, visto que as análises detectaram a presença de patógenos microbiológicos nas amostras coletada. Dentre outras ações interventivas, recomenda-se a prática de higienização dos reservatórios (caixas d'água) a cada trimestre e a vigilância da qualidade da água por meio de análises periódicas para garantir o acesso e consumo

da água em quantidade suficiente e compatível como padrão de potabilidade estabelecido pela legislação aplicável (Portaria nº 5/MS/GM, de 28 de setembro de 2017).

Outrossim, recomenda-se a realocação das fossas sépticas de forma a respeitar uma distância mínima de 15 metros em relação ao manancial (poço) de captação da água, além de promover ações de sensibilização ambiental junto aos moradores dessas localidades para que preservem as matas ciliares dos corpos de água, evitem o uso de defensivos de composição tóxica em suas plantações evitando que essas substâncias sejam absorvidas pelo solo e, assim, encontrando o lençol freático. Aos docentes dessas unidades escolares, recomenda-se incluir em seus planos de ensino a prática da educação ambiental de forma a promover uma mudança de comportamento das futuras gerações quanto à conservação e preservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

2.3.1 Livros

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde)

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. Brasília : Funasa, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Editora Átomo: Campinas-SP, 2010.

SANTOS, A. C. Qualidade das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHIDRO, 2008.

2.3.2 Dissertação, tese e trabalho acadêmico - Impresso

LOVATO, P. F. F. Desenvolvimento E Validação de Métodos Analíticos para Quantificação de Ferro Total em Sedimentos de Fundo por Imagem Digital. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022. Curitiba-PR. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30065/1/metodosanaliticosquantificacaoferro.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2023.

MEDEIROS, M. S. Qualidade da água de consumo e ações de educação ambiental em escolas do campo de Uberlândia-MG. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental). UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/18353/1/QualidadeAguaConsumo.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SHIKLOMANOV, I. A. Recursos hídricos mundiais: uma nova avaliação e avaliação para o século XXI. Um resumo da monografia Recursos Hídricos Mundiais. p. 1998. Disponível em: https://www.protos.org/sites/default/files/library_assets/w-alg-e51_assess21century.pdf. Acesso em: 20 jan. 2023.

2.3.5 Trabalhos publicados em eventos

ALVES, A. L. Escherichia Coli como agente etiológico de doenças transmitidas por alimentos no Brasil: dados epidemiológicos, principais alimentos, fatores causais, classificação, sintomatologia e medidas profiláticas. Congresso Brasileiro de Ciências da Saúde. Realize Eventos Científicos & Editora. Rua Aristides Lobo, 331, Bairro: São José, Campina Grande - PB. 2018. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/41039>. Acesso em: 10 de fev. 2023.

2.3.6 Artigo de Periódicos

KUHN, M. R. *et al.* Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade das águas dos poços artesanais que abastecem o distrito de Boa Vista, no município de Triunfo – RS. **Revista destaques acadêmicos**, v. 7, n. 4, p.132 -140, 2015.

OLIVEIRA, E. M.; RIBEIRO, D. M.; CRONEMBERGER, M. G. O.; CARVALHO, W. F.; LIMA, M. D. P; SOUSA, K. R. F. Análises físico-químicas e microbiológicas da água de bebedouros em escolas públicas da cidade de Timon-MA. PUBVET, v. 12, n. 5, p. 1-6, 2018.

SANTOS, R. S.; MOHR, T. Saúde e qualidade da água: Análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas. **Revista Contexto e Saúde**, Ijuí, v.13, n. 24/25, p. 46- 53, Jan./Jun. 2013 – Jul./Dez. 2013. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/viewFile/2877/3353>. Acesso: 27/12/2022.

VARGAS, E. V. Água e relações internacionais. Notas, **Revista Brasileira de Política Internacional** do Centro de Estudos Globais - Universidade de Brasília - Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte - Brasília - DF. n. 43 (1), p. 178-182, 2000.

2.3.8.2 Leis e Decretos

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 176º da Independência e 109º da República, n. 6, p. 470-474, 8 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em: http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Acesso em: 27 de fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 10 mar. 2023.

2.3.8.3 Jurisprudência (inclui acórdão, decisão interlocutória, despacho, sentença, súmula, entre outros)

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION . 2340 Hardness (2017): Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington: APHA, 2017. DOI: 10.2105/SMWW.2882.025. Disponível em: <https://www.standardmethods.org/doi/epdf/10.2105/SMWW.2882.219>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Portal IBGE Cidades. Dados de Humaitá-AM. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/humaita/panorama>. Acesso em: 18 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde (BR). Portal da saúde. Sisagua [Internet]. Brasília-DF: Ministério da Saúde; 2018 [citado 6 jan. 2023]. Disponível em: <http://sisagua.saude.gov.br/sisagua/paginaExterna.jsf>. Acesso em: 6 jan. 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Conferência Internacional sobre Cuidados Primários de Saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde. Relatório mundial de saúde, 2006: trabalhando juntos pela saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde/OMS, 2007.

PESTICIDE CONTAMINATION OF GROUNDWATER IN THE TROPICAL REGION

Data de submissão: 08/05/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Eliana Freire Gaspar de Carvalho Soares

Federal University of Mato Grosso,
Graduate Program on Water Resources
Cuiabá – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/4094572237082106>
ORCID 0000-0001-5175-3537

Claudio Aparecido Spadotto

Embrapa Agricultura Digital
Campinas - São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3404384601903230>
ORCID: 0000-0001-5713-1261

Rafael Mingoti

Embrapa Territorial
Campinas - São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3479283038505977>
ORCID 0000-0003-4873-7565

the hydrogeological conditions to pesticides occurrence although the detection of a great variety of molecules (persistent and non-persistent) have been reported, even ones not classified as leachable. Moreover, no temporal variations were discussed since many of the described studies reported results from very few sampling campaigns. The contamination of groundwaters used for human supply have been described in some countries bringing concern on risks to human health. Therefore, more studies should be stimulated aiming to produce information that could base discussions on climate influence on contamination processes.

KEYWORDS: tropics, agriculture, environment, leaching, drinking water

ABSTRACT: Pesticides residues have been detected in groundwater all around the world, but most published studies were carried out in temperate climate countries despite the intensive use of these substances in tropical agricultural areas. A review regarding pesticides in groundwater in tropical regions up to 2020 is presented based on Scopus®, Web of Science®, and Google Scholar® where the earliest study found dated 1998. Very few papers related

CONTAMINAÇÃO POR PESTICIDAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO TROPICAL

RESUMO: Resíduos de pesticidas têm sido detectados em água subterrânea em todo o mundo, mas a maior parte dos estudos publicados foram desenvolvidos em países de clima temperado apesar do uso intensivo dessas substâncias em áreas de agricultura tropical. Foi realizada uma revisão de publicações sobre ocorrência de

pesticidas em águas subterrâneas em regiões tropicais até 2020 baseada nas bases de dados Scopus®, Web of Science® e Google Scholar® onde o estudo mais recente encontrado foi publicado em 1988. Poucos artigos relacionam as condições hidrogeológicas com a ocorrência de pesticidas embora tenha sido reportada uma grande variedade de moléculas (persistentes e não persistentes) mesmo aquelas não classificadas como lixiviáveis. Além disso, não foram verificadas discussões sobre variações temporais uma vez que a maioria dos resultados reportados foram obtidos em poucas campanhas de coleta. A contaminação de águas subterrâneas usadas para consumo humano foi verificada em vários países levando a preocupação com a saúde humana. Portanto, mais estudos deveriam ser estimulados de modo a produzir informações que possam basear discussões sobre os efeitos do clima tropical sobre processos de contaminação.

PALAVRAS-CHAVE: trópicos, agricultura, ambiente, lixiviação, água potável

1 | INTRODUCTION

Groundwater is one of the most important natural resources globally (GURDAK; HANSON; GREEN, 2009) and, as recently pointed out by Poeter *et al.* (2020), groundwater must be included in the solution to the global water crisis because it represents up 99% of Earth's liquid fresh water – as early noted by Shiklomanov (1993) – and is vital for the sustenance of rivers, lakes, wetlands, and ecological systems.

As the world's largest distributed store of fresh water, ground water plays a central part in sustaining ecosystems and enabling human adaptation to climate variability and change (TAYLOR *et al.*, 2013). In many regions, groundwater is fundamental to the water-food-energy-climate nexus (GREEN, 2016).

Groundwater vulnerability is strongly dependent on factors such as depth-to-water table, recharge and land use and land cover (LULC) conditions, all of which are influenced by climate conditions and human activities (LI, 2012).

The territorial distribution of agriculture, as well as its technological development, is totally related to the occupation of lands by humanity. Over the centuries, agricultural activities, initially in fertile areas along the banks of large rivers, occupied areas with good distribution of rain and with fertile soils. With the development of irrigation systems, from the simplest, as flooding in rice growing areas, to complex systems used in fruit crops in semiarid regions, agriculture reached the current distribution, occupying a total of 1.874 billion hectares of croplands in the world, roughly 12.6% of the global terrestrial area (THENKABAIL *et al.*, 2012; TELUGUNTLA *et al.*, 2015).

Agriculture fulfilled in the tropical region of the globe has a greater occurrence of pests that requires more intense control practices, usually by using more pesticides than in temperate regions. As a matter of fact, several studies have reported the presence of pesticides in water bodies in the tropics. The potential for groundwater contamination is assessed in view of pesticides properties, soil and geologic attributes and processes, as well

as the meteorological conditions. The behavior of pesticides in tropical soils and climates is differentiated, which has been evidenced in sorption, degradation, and transport studies.

Compared to surface water, groundwater contamination by pesticides is much less studied probably because it is considered inherently safe (GWENZI; CHAUKURA, 2018). Countries in the tropics, most of them developing countries, are great food producers and use pesticides extensively (SHARMA *et al.*, 2018). However, studies on pesticides occurrence in groundwater are much less frequent than in temperate regions.

The Food and Agriculture Organization of the United Nations statistics (FAO, 2020) reports a world consumption of 4,122,334 t of pesticides active ingredients in 2018, with Asia as the greatest consumer (2,161,869 t) and South America in second (719,183 t). Brazil is the country with the largest land area in the tropics (JUO; FRANZLUEBBERS, 2003) and used 377,176 t of pesticides in 2018. Despite being the continent with the largest tropical area, Africa consumed much less (82,851 t) in 2018.

Once applied in the field the pesticides undergo several processes of retention (sorption-desorption), biotic and abiotic transformation and transport, while leaching downward the soil profile is the most important means responsible for the contamination of groundwater.

2 | GROUNDWATER IN THE TROPICAL REGION

Contamination of groundwater by pesticides used in agricultural areas occurs mainly when a mass of the chemical, carried by downward water flow, leaches in the soil unsaturated zone (vadose zone) and reaches the top of an unconfined aquifer (water table). An unconfined aquifer is bounded only at its base by a confining unit and that can be an aquitard, which is a partially permeable to water. As pointed out by Cohen and Cherry (2020), the aquitard and aquifers, above and below it, are all water-saturated and hydraulically connected.

Large aquifers of the world are partly or totally in the tropical regions and many of them are transboundary aquifers (PURI; AUPELI, 2009). Aquifers underlie large areas of the humid tropics at shallow depth (FOSTER; SMEDLEY; CANDELA, 2002). As surface water and ground water are connected, groundwater systems are an integral element of the humid tropical ecosystem (FOSTER, 1995) and clearing natural vegetation for agricultural cultivation will also affect the groundwater recharge and flow regime (FOSTER; SMEDLEY; CANDELA, 2002).

In the humid tropical and equatorial regions, groundwater resources are often abundant and irregularly distributed (MARGAT; GUN, 2013). According to Foster *et al.* (2002), the land area of the humid tropics includes a wide range of geological formation, and the groundwater systems can be classified in distinctive types: (a) weathered crystalline basement; (b) major alluvial formations; (c) recent volcanic deposits; (d) intermontane valley-

fill; (e) karstic limestone; and (f) sedimentary basin aquifer. These groundwater systems also occur in subhumid tropics.

Geographical distribution and vulnerability to contamination of the main groundwater systems of the humid tropics are presented in **Table 1**. Aquifer vulnerability is used to indicate the extent to which an aquifer can be adversely affected by an imposed contaminant load (FOSTER; HIRATA, 1988). Vulnerability to contamination is a function of the intrinsic characteristics of the vadose zone or the confining unit and areas of the same aquifer system may have different vulnerability due to spatial variations in vadose zone thickness or the character of confining unit (Foster *et al.*, 2002).

Groundwater System	Geographical Distribution	Vulnerability to Contamination
Weathered Crystalline Basement	Extremely extensive inland areas	Moderate, since preferential flow paths are possible
Major Alluvial Formations	Numerous large river basins and important coastal regions	Moderate in case of shallower parts (higher levels only to persistent contaminants)
Recent Volcanic Deposits	Elongated areas often bordering fertile valleys	Extremely variable and high where lavas outcrop
Intermontane Valley Fill	Elongated tectonic valleys of limited distribution	Very variable, generally higher along valley margins despite deeper water table
Karstic Limestone	Mainly coastal regions of limited distribution	Extremely high, but reduces where primary porosity is preserved, and water table is deep
Sedimentary Basin Aquifer	Fairly extensive in some regions	Moderate to high, but in unconfined aquifers only

Table 1 – Geographical distribution and vulnerability to contamination of the main groundwater systems of the humid tropics.

Extensive areas of deep aquifers in sedimentary basins occur in the arid zone of the tropical and subtropical regions, particularly in northern Africa and central-western Australia (MARGAT; GUN, 2013).

Aquifers are recharged mainly by precipitation or through interaction with surface water bodies and groundwater systems are linked with changes in climate over space and time, which affects key aspects of subsurface hydrology (GREEN, 2016). One of the major impacts of climate change, due to the combined effect of change in temperature and precipitation regimes, is on aquifer recharge (OLIVEIRA; NOVO; FERREIRA, 2005).

The groundwater recharge is the outcoming flux of water added to the saturated zone resulting from losses of precipitation and any variation in precipitation, together with variations in temperature and evapotranspiration, affects groundwater recharge (DRAGONI; SUKHIJA, 2008). Thus, climate is the primary factor driving spatiotemporal variability in

groundwater recharge, and precipitation, considering amount and intensity, is the climate element that most directly affects groundwater recharge, irrespective of the recharge pathway (AMANAMBU *et al.*, 2020).

In the tropics, as mentioned by Amanambu *et al.* (2020), future groundwater recharge will be influenced primarily by rainfall intensity and a breakdown of recharge studies by climate revealed that recharge and storage are expected to decrease even more acutely in the tropical region. Although estimates of recharge alteration had considerable uncertainty, recharge was found to be decreasing in most of the studies in tropical climate regions; even in the rainy humid tropics, the majority of studies indicate decreasing recharge by the end of this century, relative to baseline estimates (AMANAMBU *et al.*, 2020).

There is evidence of possibly changing distribution of precipitation in the tropics by the shifting position of the Intertropical Convergence Zone (ZHANG *et al.*, 2007), but the regional details of these changes remain very uncertain (HARDING *et al.*, 2014). A synthesis of 40 modeling studies suggests that the future groundwater changes by climate will result in a decrease in groundwater recharge, storage, and levels, particularly in the arid and semiarid tropics and secondarily in the humid tropics (AMANAMBU *et al.*, 2020).

3 I GROUNDWATER CONTAMINATION BY PESTICIDES IN THE TROPICAL REGION

This part of the chapter presents a review on the occurrence of pesticides in groundwater in countries of the tropical region with the purpose of showing the scenario of pesticides contamination in the tropics. Literature from the databases Scopus®, Web of Science®, and Google Scholar® were obtained using the following terms: ‘pesticides and groundwater and (name of the country or continent)’. Very few results were obtained when the words “tropical country” or “tropical region” were used. Although it was not intended as a comprehensive review, we tried to join a great quantity of evidence in order to understand the potential for pesticides contamination of groundwater in the tropical region.

3.1 Pesticides in groundwater in South America

In South America, the most relevant tropical countries regarding pesticides (expressed in active ingredient) usage are Brazil (377,176 t), Ecuador (60,733 t), Colombia (37,773 t) and Paraguay (19,662 t) (FAO, 2020). Despite having used 60,733 t of pesticides in 2018, no study on pesticides in groundwater in Ecuador was found. Brazil is by far the country that has published more data on pesticides in groundwater in South America, however, few studies showed an in-depth assessment of the contamination by these substances (**Table 2**).

Country Reference	Groundwater Description	Detected Pesticides: $\mu\text{g L}^{-1}$ (detection frequency %)
Brazil Gomes et al. (2001)	Well (depth 53 m)	Tebuthiuron: 0.01-0.09
Brazil Filizola et al. (2002)	Tubular wells (8 to 100 m deep) Monitoring wells (water table depth 1-4 m)	No detection
Brazil Souza et al. (2004)	Tubular wells (depth 12-70 m)	Atrazine: 0.07 (11%) Metolachlor: 0.09-0.41 (18) Carbofuran: 1.02-1.08 (7%) Imidacloprid: 3.41 (3%) Parathion methyl: 0.14-0.17 (11%) Diuron: 2.0 (3%)
Brazil Bortoluzzi et al. (2007)	Drinking water wells (no information on depth)	Chlorpyrifos: 0.08-0.22 Imidacloprid: 0.27-6.22 Atrazine: 0.19-0.69 Simazine: 0.81 Clomazone: 2.68-10.84
Brazil Dores et al. (2008)	Tubular wells (depth up to 15 m)	Deethylatrazine: 0.048 - 0.69 (20%) Simazine: 0.047 - 0.14 (12%) Metribuzin: 0.085 - 0.88 (48%) Trifluralin: <0.102 - 0.182 (2%) Metolachlor: <0.206 - 0.836 (7%)
Brazil Carbo et al. (2008)	Monitoring wells (water table depth less than 4.5 m)	Acetamiprid: nd - 6.31 (3%) Aldicarb: nd - <1.01(1%) Carbendazim: nd - <0.41(1%) Carbofuran: nd - 68.79(8%) Diuron: nd - 0.78 (0.5%) Imidacloprid: nd - <1.98 (0.5%) Methomyl: nd - 22.81 (0.5%) Teflubenzuron: (1%)
Brazil Arraes et al. (2008)	Wells (no information on depth)	Atrazine: up to 9.95 (75%)
Brazil Morais (2009)	Monitoring wells (water table depth 1-3 m)	Imazaquin: 0.002-0.009 (62%) Imazethapyr: 0.003-0.008 (50%) Carbofuran: 0.002-0.005 (88%) Atrazine: 0.001-0.005 (100%) Chlorimuron ethyl: 0.002-0.004 (62%) Linuron: 0.002-0.007 (62%) Diflufenzuron: 0.004-0.016 (100%)
Brazil Menezes et al. (2009)	Shallow wells and tubular wells (no information on water level)	Methyl parathion: 0.667 (1%) Lindano: 0.012-0.024 ($\alpha+\beta$) endosulfan: 0.102
Brazil Pinheiro et al. (2010)	Shallow wells used for human consumption (no information on depth)	2,4-D: 0.88-1.15 Pyrazosulfuron ethyl: 0.84-1.46 Metconazole: 85.8-167.4 Tebuconazole: 217.7-295.1 Lambda-cyhalothrin: 1.09-7.96
Brazil Menezes Filho et al. (2010)	Wells used for human consumption (no information on water depth)	Methyl parathion: 0.13-0.23 (20%) Bifenthrin: 1.89-2.57 (1%) Pyraclostrobin: 2.48-3.65 (1%) Azoxystrobin: 0.13-0.19 (1%)
Brazil Caldas et al. (2010)	Drinking water wells (depth 2.5-37 m)	Carbofuran: up to 10.4 Clomazone: up to 0.82 (70%) Tebuconazole: up to 3.65

Brazil Silva et al. (2011)	Drinking water wells (depth 3.5–64 m)	Clomazone: up to 0.032 Imazapic: up to 0.014 Imazethapyr: up to 0.057 Quinclorac: up to 0.060 Fipronil: up to 3.44
Brazil Casara et al. (2012)	5 monitoring wells (water table depth 0-5 m)	Deisopropylatrazine: 0.64 - 0.91 (9%) Atrazine: 0.20 - 0.28 (3%) Metolachlor: 0.02 - 1.16 (40%) Flutriafol: 0.15 - 0.75 (6%) β -endosulfan: 0.02 - 0.33 (13%) Endosulfan sulfate: 0.22 - 0.62 (13%)
Brazil Nogueira et al. (2012)	Tubular wells (depth from 30 to 120 m)	α -Endosulfan: 0.28-0.91 (18%) β -Endosulfan: 0.12-0.39 (22%) Flutriafol: 0.06-0.29 (31%) Metolachlor: 0.02-0.59 (13%) Atrazine: 0.02 – 4.92 (9%) Chlorpyrifos: 0.02-0.12 (10%) α -endosulfan: 0.72-0.82 (21%) β -endosulfan: 0.01-0.21 (20%) Endosulfan sulfate: 0.01-0.10 (12%) Flutriafol: 0.01-0.40 (30%) Malathion: 0.02-8.83 (9%) Metolachlor: 0.01-0.24 (10%) Permethrin: 1.4 (0.4%)
Brazil Moreira et al. (2012)	Tubular wells (no information on water depth)	Endosulfan sulfate: 0.01-0.10 (12%) Flutriafol: 0.01-0.40 (30%) Malathion: 0.02-8.83 (9%) Metolachlor: 0.01-0.24 (10%) Permethrin: 1.4 (0.4%)
Brazil Torres et al. (2015)	Tubular wells (no information on water depth)	No detection
Brazil Olivo et al. (2015)	Deep wells (no information on water depth)	Glyphosate: 0.25 – 6.8
Brazil Rocha et al. (2015)	Monitoring wells (depth 3-4 m)	Atrazine – 0.02 - 4.84 (4%)
Brazil Beserra (2017)	Tubular wells (depth not informed)	Metolachlor – 0.34 - 0.46 Atrazine – 0.12 - 0.28 Atrazine: 0.112-0.470 Carbaryl: 0.390-0.473 Hexazinone: 0.140-0.302 Methyl parathion: 0.527-2.00
Brazil Portal et al. (2019)	Shallow wells	Carbendazim: 0.08-0.22 Imidacloprid: 0.07-0.16 Hexazinone: 0.04-0.11 Ametryn: 0.01 Atrazine: 1.02-1.4 Imazaquin: 0.01-0.02 Tebuthiuron: 0.01-0.02 Diuron: 1.04-1.56 Propiconazole: 0.01 Tebuconazole: 0.10-0.18
Brazil Almeida et al. (2019)	Well (no information on water depth)	Atrazine, clomazone, haloxyfop-methyl, and metribuzin (individual concentrations of pesticides detected in groundwater not given)
Brazil Correia et al. (2020)	6 cisterns and 10 wells (no information on water depth)	
Brazil Pires et al. (2020)	Shallow wells	Glyphosate: 1.5 – 9.7 (70%)
Colombia Martínez-García et al. (2019)	Deep wells used for human consumption	“Critical concentrations of pesticides were not detected” (information as given by the authors)

Table 2 – Studies reporting pesticides concentrations in groundwater in South America.

In the 26 publications listed in **Table 2**, 94 different active ingredients were analyzed with atrazine (and its metabolites) as the most studied one (14 studies), metolachlor as the second one (9 studies), followed by parathion-methyl and chlorpyrifos (8 studies), endosulfan isomers and metabolites (7 studies), azoxystrobin, carbofuran, diuron and malathion (6 studies), imidacloprid (5 studies), glyphosate, tebuconazole, clomazone and trifluralin (4 studies).

The Brazilian legislation establishes limits for pesticides in groundwater depending on the intended water use (BRASIL, 2008) for about 30 active ingredients and drinking water (BRASIL, 2021) for about 40 ingredients, many of them persistent whose use in agriculture has been banned since the 1980s (e.g., DDT, lindane, aldrin). Therefore, most pesticides analyzed are not listed in the Brazilian legislation and are intensively used in agriculture.

The most frequently detected pesticides (**Table 2**) were atrazine (10 out of 14 reported studies); metolachlor (7 out of 9); parathion-methyl (4 out of 8); endosulfan isomers and metabolites (4 out of 7); carbofuran (4 out of 6); imidacloprid (4 out of 5) and clomazone (4 out of 4).

Considering the leaching potential, many of the studied molecules are considered potentially low leachers such as glyphosate, endosulfan, chlorpyrifos and many others. However, these molecules have been detected in groundwater (**Table 2**). Some authors attributed this detection to preferential flow due to the presence of macropores (DORES *et al.*, 2008) which is a common characteristic found in Brazilian soils such as Oxisols, as classified by the Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 2014). Furthermore, many studies analyzed shallow groundwater which is more vulnerable to contamination.

It is also important to notice that many of the studies analyzed water from drinking water wells detecting considerable concentrations of some pesticides like for example the results reported by Pinheiro, Silva e Kraisch (2010) who collected samples in small farms from shallow wells that are used for human consumption and detected concentrations as high as $295 \mu\text{g L}^{-1}$ of tebuconazole. If compared to the general EU limit for pesticides in drinking water of $0.1 \mu\text{g L}^{-1}$, this concentration is extremely high, however this limit does not take into consideration specific toxicity of individual pesticides. Nevertheless, this concentration also exceeds the limit of $180 \mu\text{g L}^{-1}$ established in the recently approved Brazilian normative for drinking water (BRAZIL, 2021). Fipronil detected at concentrations up to $3.44 \mu\text{g L}^{-1}$ also surpass the established limit of $1.2 \mu\text{g L}^{-1}$.

Metconazole was also detected at high concentrations reaching values as high as $167 \mu\text{g L}^{-1}$ but no limits are established in the Brazilian legislation. Considering that the

general EU limit for drinking water does not consider toxicity data, another parameter that can be used to evaluate potential health risk is the Human Health Benchmark established in the USA. For metconazole, a benchmark of $300 \mu\text{g L}^{-1}$ for chronic exposure was determined indicating that the above-mentioned concentration may not present a risk to consumers.

As a large country, Brazil presents quite different characteristics throughout its area regarding soil, geology, relief, and climate. The regions with higher agricultural production are the central west, southeast and south. The central west region of Brazil, predominantly Cerrado biome, is known by its production of grains in extensive areas, with a high-technology agriculture and intensive use of pesticides. This is the region where the higher number of studies were found (SOUZA *et al.*, 2004; CARBO *et al.*, 2008; DORES *et al.*, 2008; MORAIS, 2009; CASARA *et al.*, 2012; NOGUEIRA *et al.*, 2012; MOREIRA *et al.*, 2012; lewisROCHA *et al.*, 2015; BESERRA, 2017; CORREIA; CARBONARI, VELINI, 2020). In those studies, several pesticides were detected (Table 2.1) in either deep or shallow groundwater, ranging from 1 to 120 m deep sampling water depth. Higher concentrations and frequency of detection were found in shallow waters (ROCHA *et al.*, 2015; CASARA *et al.*, 2012; CARBO *et al.*, 2008, MORAIS, 2009) but there were also pesticides detected in deep wells (DORES *et al.*, 2008; NOGUEIRA *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2004). The effect of rainfall precipitation was detected mainly in shallow waters. In the Central west region of Brazil, rainfall events are concentrated from October to March which coincide with pesticides application period in temporary crops so that intense rains just after pesticide application is likely to occur in this region, thus intensifying leaching vulnerability. Moreover, the main agricultural soils in this region are Oxisols, which are well drained and have medium permeability. Sandy soils are also found in some agricultural areas, leading to detection of pesticides in groundwater (MORAIS, 2009) at high frequency. Several studies on groundwater contamination were carried out in that region as can be observed in **Table 2**, particularly in Mato Grosso state that is first grain producer in Brazil and Goiás state, the second national grain producer.

In the north region of Brazil, the agricultural activities are of extensive character. Soybean is a crop in expansion but still vegetal extractivism and extensive livestock production are the main activities there. In that region, glyphosate, AMPA (aminomethylphosphonic acid) and glufosinate were determined in groundwater of the Santarém plateau, located in western region of Pará state, whose landscape is composed by a mosaic of tropical forest (Amazon Biome) cut by a dense water drainage network and occupied by soybean fields and livestock as reported by Pires *et al.* (2020). These authors analyzed 10 groundwater (shallow wells) samples collected in May 2017. Glyphosate, despite its low leaching potential, was found in seven samples with concentrations ranging from 1.5 to $9.7 \mu\text{g L}^{-1}$. Compared to the limit of $500 \mu\text{g L}^{-1}$ established in the Brazilian legislation (BRAZIL, 2008) for groundwater used for human consumption, these concentrations can be considered very low.

Many rural properties in the Northeast of Brazil are small in size, where fruits (mainly

watermelon, grape, mango, and pineapple) are important agricultural activities, while sugar cane and soybean are cultivated in large farms (IBGE, 2017). Arraes, Barreto e de Araújo (2008) analyzed atrazine in groundwater samples collected in Tinguá, a municipality that is formed by three distinct hydrogeological districts: crystalline bedrock (fissural aquifers), sedimentary bedrock and alluvial deposits and the groundwater wells were located in the sedimentary bedrock. Atrazine was detected in 75% of the samples and in 42 out of 87 samples at concentrations above the Brazilian legal limit of $2.0 \mu\text{g L}^{-1}$ with a maximum of $9.95 \mu\text{g L}^{-1}$. In only two of the nine monitored wells average atrazine concentration did not exceed this limit.

Coffee, sugar cane and fruits (particularly orange) are the main crops grown in the Southeast region of Brazil. Other less important plantation also found are cotton, peanut, maize, manioc, rice, bean, and soybean. Climate in that region is tropical and subtropical.

The Guarany Aquifer is one of the largest and most important groundwater reservoir in the Southern Cone of Latin America. Many cities of São Paulo state depend on that aquifer for drinking water supply. In the most representative recharge area of the Guarany Aquifer, predominates sandy soils such as *Neossolos Quartzarênicos* and *Latosolos Vermelho Distrófico psamítico*, according to the Brazilian Soil Classification System – SiBCS (SANTOS *et al.*, 2018) indicating high natural vulnerability. Three studies analyzed different pesticides in water from this aquifer at different depths. Tebuthiuron, one of the most used pesticides in the recharge area of this aquifer and a highly leachable molecule, was analyzed in samples collected in a tubular 53-m well (GOMES; SPADOTTO; LANCHOTTE, 2001). This herbicide was detected in all samples at a maximum concentration of $0.09 \mu\text{g L}^{-1}$ with the higher values occurring in the rainy period. Filizola *et al.* (2002) analyzed water from two tubular wells (8 and 14-m deep) and three monitoring wells for water table sampling and Torres, Ferreira e Américo (2015) analyzed pesticides 23 pesticides and three metabolites listed in the Brazilian legislation in groundwater samples collected in a rural area in São Paulo state from wells used for human consumption and no pesticides were detected as well in either of them. Those authors attributed this fact to the presence of a basalt layer which has low permeability leading to a low water infiltration velocity leading to a low vulnerability to contamination.

In the Rio de Janeiro state, Southeastern Brazil, Portal *et al.* (2019) determined six pesticides (**Table 2**), in shallow wells built by family farmers at the Zumbi dos Palmares farm settlement where pineapple, cassava and sugarcane are grown. Atrazine, hexazinone, parathion-methyl and carbaryl were detected at least in one sample with parathion-methyl detected at the highest concentration of $2.0 \mu\text{g L}^{-1}$, all within the standards of Brazilian legislation (BRASIL, 2008) but only parathion-methyl and atrazine have limits established there.

In another region of Rio de Janeiro state, Menezes *et al.* (2009) analyzed groundwater quality from São Domingos watershed where the water resources have been impacted by

tomato plantations, which requires high water volumes for irrigation and uses pesticides and fertilizers intensively. Organochlorine and organophosphate pesticides (**Table 2**) were determined in water from seven wells (three shallow wells and four tubular wells) and three molecules were detected (parathion-methyl in one sample of shallow well and lindane and endosulfan in tubular wells). It is noteworthy that lindane, that has been banned in the 1980s, and endosulfan are hydrophobic pesticides but were detected in deeper wells.

In the south region of Brazil, climate is mostly subtropical. The agricultural production is characterized by the expansion of soybean. Other important crops in this region are maize, sugar cane, cotton, rice, and wheat. The south region is also responsible for more than 90% of the Brazilian production of tobacco.

Almeida *et al.* (2019) collected groundwater samples in the Tibagi River Basin area which is recognized for its intense agricultural activity (mainly soy, wheat, and corn). Samples were collected in 2015, March, June, September, and December and twelve pesticides were determined in one well located in a small village. The two pesticides detected at higher concentrations were atrazine ranging from 1.02 to 1.40 $\mu\text{g L}^{-1}$ and diuron ranging from 1.03 to 1.56 $\mu\text{g L}^{-1}$. Carbendazim, ametryn, imidacloprid, imazaquin, hexazinone, tebutiuron, propiconazole, and tebuconazole were also detected in all samples with concentrations up to 0.22 $\mu\text{g L}^{-1}$. Except for atrazine, none of these pesticides have threshold limits established in the Brazilian legislation for groundwater, but if compared to the general EU limit for pesticides in drinking water of 0.1 $\mu\text{g L}^{-1}$, these concentrations exceed this limit.

Olivo *et al.* (2015) analyzed glyphosate in samples taken from thirteen deep wells within the boundaries of Chapecó, Santa Catarina state, South of Brazil, in a rural area with strong agricultural influence. No information was given regarding sampling date and wells depth. Glyphosate was detected in five samples at concentrations ranging from 0.45 to 6.8 $\mu\text{g L}^{-1}$, despite its high sorption to soil particles.

In a sub-tropical area in Santa Catarina state, South Brazil, in the Itajaí River basin, Pinheiro, Silva e Kraisch (2010) analyzed seven herbicides, three fungicides and one insecticide (**Table 2**) used in rice plantation. Groundwater samples were collected from seven low depth water wells used for human consumption. The fungicide tebuconazole was detected in only two samples but at a concentration as high as 295 $\mu\text{g L}^{-1}$, value that is much higher than the limit established for drinking water of 180 $\mu\text{g L}^{-1}$. Relatively high limits of detection of 1 $\mu\text{g L}^{-1}$ were reported by the authors indicating that the low detection frequency may be due to the inability of the method to detect the low concentrations that are more commonly detected in environmental samples.

Caldas *et al.* (2010) analyzed carbofuran, 2,4-D, clomazone and tebuconazole residues in 120 groundwater samples (ten drinking water wells with depths ranging from 2.5 up to 37 m). Carbofuran and clomazone were the most frequently detected pesticides (both in shallow and deep wells). The authors attributed this detection to the high leaching potential of these molecules. The authors observed no time trends regarding the occurrence

of these pesticides in groundwaters, seeming not to be a seasonal phenomenon although persistent.

The occurrence of pesticides in groundwater in areas surrounding irrigated rice plantations was studied in seven producing regions in the South of Brazil during the 2007/2008 crop season (SILVA *et al.*, 2011) (**Table 2**). Water was sampled from 21 wells (3.5 to 60 m deep) in three periods, i.e., before seeding, during the crop growing and after harvest with the higher concentrations occurring after harvesting.

For the other South American tropical countries only two other studies were found, one in Paraguay and one in Colombia (**Table 2**). In Paraguay, we found one very thorough study reporting pesticides analysis in groundwater in wells in the region of the Guarany Aquifer (**Table 2**). Houben *et al.* (2015) analyzed a total of 598 pesticides and metabolites in seven wells 60 to 200 m deep, located in agricultural areas, six of them in soils derived from basalt. The authors described the wells as open boreholes, with casing usually installed only in the upper 20–30 m, so groundwater samples were considered as a mix from the entire uncased borehole length. No traces of pesticides and metabolites were detected in groundwater fact that was attributed to a combination of the effects of no-till agriculture and the subtropical climate. Even the most common pesticide, glyphosate and its main metabolite AMPA were not detected, probably due to their high sorption to organic matter and iron and aluminium oxides, all of which are highly abundant in the Terra Rossa soils. Other reason reported by those authors is the continuous microbial activity of the subtropical no-till soil since glyphosate is readily degraded microbially.

Martín-García, Jaramillo-Colorado and Fernández-Maestre (2019) reported having analyzed organochlorine and organophosphorus compounds (individual pesticides not informed) in deep wells used for human consumption in rural areas of Colombian Caribbean towns with no detection of pesticides.

Many of the above cited studies had as primary objective analytical method development with application to water samples (e.g., PIRES *et al.*, 2020; OLIVO *et al.*, 2015; ROCHA *et al.*, 2015; MENEZES FILHO; SANTOS; PEREIRA, 2010; CALDAS *et al.*, 2010; MORAIS, 2009; CARBO *et al.*, 2008). So, in most of them information regarding groundwater depth, soil or geology description and pesticides usage is lacking. Few manuscripts present a critical discussion of pesticides occurrence regarding pesticides usage, period of occurrence and physical characteristics of the monitored areas.

Nonetheless, many pesticides occurred in groundwater in agricultural areas in Brazil showing the importance of more studies to better understand the extension of the problem as well as the occurrence of highly adsorbed pesticides in groundwater that point out to the relevance of preferential flow in some kinds of soils, e.g., Oxisols (REICHENBERGER *et al.*, 2002) or a possible transport associated to soluble organic matter (LETEY *et al.*, 2000).

3.2 Pesticides in groundwater in Central America and Caribbean

Guatemala (20,489 t of active ingredients) and Costa Rica (12,811 t) are the countries in Central America which applied the highest amounts of pesticides in 2018 (FAO, 2020). Honduras (7,195 t), Dominican Republic (7,070 t), Nicaragua (4,414 t), Panama (2,403 t) and Belize (1,384) follows as pesticide users. According to FAO (2019), historically, agriculture has played a central role in the Caribbean economies, with sugar and bananas produced agricultural commodities for exports representing an important sector for the economy, however this activity makes up a smaller share of the local economy and is changing to a more diversified agriculture. Regarding groundwater contamination by pesticides, studies carried on Costa Rica, Guatemala, Nicaragua, and Barbados were found (**Table 3**).

Country / Region Reference	Groundwater Description	Detected Pesticides: $\mu\text{g L}^{-1}$ (detection frequency %)
Costa Rica Ruepert et al. (2005)	Wells in farms, pesticides pulverization airfields, schools, and houses in the rural area	Bromacil: 0.5-20 Clorotalonil: 0.07-0.2 Propiconazole: 0.2 Triadimefon: detected in one sample, concentration not informed
Costa Rica De Jode et al. (2016)	Banana farm and private wells	Mn: 30.7-1,093 (94%) ETU: 0.15 to 0.25 (6%)
Guadalupe Charlier et al. (2009)	Formations of nuées ardentes and lava flows shelter a deep aquifer (2.7 to 22.6 m deep) on which the lapilli deposits shelter a shallow aquifer (0.6 to 3.4 m)	Cadusafos: max 15.34 in shallow groundwater max 0.05 in deep groundwater
Barbados Edwards et al. (2019)	Five wells (pumping depth – 6 to 71 m)	Chlorotalonil: detected below LOQ (<0.5) Hydroxychlorotalonil: 0.8-0.710
Nicaragua Moncrieff et al. (2008)	9 drilled wells and 6 hand-dug wells	p,p'-DDT: not informed p,p'-DDE: 0.00037 - 0.00337 (52%) p,p'-DDD: not informed Toxaphene: not informed Heptachlor: not informed Dieldrin: 0.0051 - 0.038 (48%) Endrin: not informed

Table 3 – Studies reporting pesticides concentrations in groundwater in Central America and Caribbean.

Ruepert *et al.* (2005) presented a report of a project carried out with the general objective of obtaining scientific data of a specific area in the Atlantic region of Costa Rica, characterized by a high production of banana e an increasing production of pinaple, aiming to evaluate groundwater contamination risk by pesticides. They analyzed 34 pesticides (**Table 3**) in samples collected from 97 wells and three springs which were selected based on contamination vulnerability during 32 sampling campaigns from January 2002 and June 2004. Only four out of the 34 pesticides analyzed were detected, with bromacil as the most

frequently detected (18% of analyzed samples) and at higher concentration (up to $20 \mu\text{g L}^{-1}$), followed by chlorothalonil and propiconazole. Bromacil, which is relatively mobile and persistent in soil, was used in pineapple plantation and was found in two springs and in the wells situated near them.

Aiming to study the dynamics of cadusafos in the Fefé catchment in Guadalupe, Charlier *et al.* (2009) sampled groundwater from six shallow piezometers at depths between 1.5 and 5 m in the lapilli formation and two deep piezometers between 15 and 30 m in the nuée ardentes and lava formations, located cross two transects upstream and downstream from the catchment. Soils over the catchment were volcanic soils, classified as Umbric Andosols, according to the World Reference Base for Soil Resources – WRB (IUSS WORKING GROUP, 2015). Samples were taken before and after application of cadusafos. At the shallow piezometers, before application, concentrations of cadusafos were much lower than the values observed 6 to 7 days after application decreasing to again two weeks later. In the deep piezometers, concentrations reached after application $0.05 \mu\text{g L}^{-1}$ and cadusafos was not detected 6 weeks after application.

Manganese (Mn) is found naturally in waters depending on geological formation but there can be a contribution from anthropogenic sources, particularly, Mn-containing fungicides such as mancozeb. De Joode *et al.* (2016) analyzed Mn and ethylenethiourea - ETU (a transformation product of mancozeb) in groundwater collected in villages neighboring banana plantations where mancozeb is used. Deep wells (30 to 75 m deep) and shallow wells (3 to 10 m deep) were monitored between May and October 2011. While ETU was only detected in a few drinking water samples (6%), median concentration of manganese in farm and private wells was $391 \mu\text{g L}^{-1}$ (interquartile range: 30.7 to $1093 \mu\text{g L}^{-1}$) with relatively high levels of Mn in deep wells, suggesting a contribution of natural Mn in groundwater. The highest concentrations of Mn were observed in water from wells operated by banana farm companies and private wells located less than 50 m distant from banana plantations, mostly shallow wells. The authors concluded that elevated Mn in drinking water in this area may come from two sources: natural and external contamination, probably due to mancozeb spraying.

Edwards *et al.* (2019) analyzed chlorothalonil (CTL) and its metabolite 4-hydroxychlorothalonil (HCTL) in samples from five groundwater pumping stations located in St. Michael and West Coast catchment, at the west coast of Barbados in June 2013. From the five wells, one was located within an agricultural area, one was near several golf courses, three in residential areas and the shallowest one was not potable because of high salinity. Pumping depth ranged from 6 to 71 m. Chlorothalonil was not detected in any sample while 4-hydroxychlorothalonil was detected in all, at higher concentrations in the well installed within the agricultural area ($0.710 \mu\text{g L}^{-1}$) and the one near golf courses ($0.126 \mu\text{g L}^{-1}$), while the concentrations were below $0.029 \mu\text{g L}^{-1}$ in the ones in urban areas. This is consistent with the higher mobility and persistence of HCTL.

In Nicaragua, Moncrieff, Bentley and Palma (2008) analyzed groundwater at the León-Chinandega region, which is underlain by a shallow, unconfined aquifer, where most soils are coarse-grained and loamy, loamy-clayey, or loamy-sandy. Nineteen wells were sampled, twelve drilled wells and seven hand-dug, where several organochlorines were detected with DDE and dieldrin as the ones that occurred in higher concentrations (**Table 3**). The authors observed lower concentration in drilled wells than in hand-dug wells. These authors attributed the transport of hydrophobic pesticides to the shallow groundwater to preferential flow, but also considered the possibility of direct contamination of hand-dug wells from windblown materials or contaminated surface waters delivered by shortcutting of infiltrating water around the wellbore since these wells are often poorly constructed. Another hypothesis presented is the colloidal transport in the unsaturated zone and in groundwater, and in this case, the authors alerted that “current understanding of contaminant transport in the area may be greatly flawed, as such transport has the potential to move much greater quantities of hydrophobic contaminants than does dissolved-phase transport”.

3.3 Pesticides in groundwater in North America

Mexico is the only country in North America that has a large area with tropical climate. In 2018, according to FAO (2020), Mexico used 53,144 t of active ingredients. Hawaii is a state of the United States of America that also has a tropical climate, so it was included in this review.

Banana is an important agricultural product in state of Tabasco, SE Mexico, where mancozeb is largely used. Geissen *et al.* (2010) analyzed the metabolite ethylenethiourea (ETU) and the heavy metals manganese (Mn) and zinc (Zn) from decomposing mancozeb in subsurface (SS) water samples collected from five shallow wells (3–5 m) and ground water (GW) samples from five deep wells (80 m) in the watershed of the lake Sitio Grande, where Gleysols and Fluvisols predominate – **Table 4**. ETU was detected only in shallow wells, manganese concentrations in shallow and deep wells were remarkably similar (2.3 ± 0.1 and $2.4 \pm 0.1 \mu\text{g L}^{-1}$, respectively) different to the observations of De Joode *et al.* (2016) in Costa Rica, who observed higher Mn concentrations in shallow wells.

The occurrence of the organochlorine pesticides DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane) and HCH (hexachlorocyclohexano), whose use was banned in 1999 in Mexico, was studied by Giacomán-Vallejos *et al.* (2018) in groundwater from a karstic aquifer. The studied region was described as a plain formed because of the appearance of a marine platform, that is composed of calcareous rock and bodies of water called “cenotes” (flooded dolina of karstic origin). The groundwater samples were taken from 29 wells 40 to 60 m deep located along the Mérida-Progreso transect in the years 2012 and 2014, during three different seasons of the year (rain, June to October; dry, March to May and the “north winds season,” November to February) and at two different depths in the groundwater column (between 10 and 20 m). The temporal analysis showed an increase in concentrations of both pesticides (total DDT

and total HCH) in the north winds season. The concentrations of p,p'-DDE a metabolite of p,p'-DDT were higher than p,p'-DDT and p,p'-DDD, throughout the three tested seasons, indicating that p,p'-DDT had not been recently used the studied area. On contrary, the α/γ -HCH ratio was over the unit during the three tested seasons, suggesting a more recent use of HCH.

Country, State Reference	Groundwater Description	Detected Pesticides: $\mu\text{g L}^{-1}$ (detection frequency %)
Mexico Geissen et al. (2010)	Sub superficial water (SS) depth of 3–5 m Ground water table (GW) is 80 m deep and is separated from the subsurface water body through an impermeable clay layer	ETU: 4.3 (average) (subsurface water) Mn: 2.3-2.4 (average in subsurface and deep groundwater)
Mexico Gíacomán-Vallejos et al. (2018)	29 wells 20-40 m deep Karstic aquifer	p,p'-DDT: 0.01-2.80 p,p'-DDE: 0.01-4.50 p,p'-DDE: 0.05-14.0 α -HCH: 0.02-37.4 β -HCH: 0.01-13.2 γ -HCH: 0.02-10.3 δ -HCH: 0.01-14.2
Mexico Polanco-Rodríguez et al. (2020)	Karstic Yucatan peninsula depth of water table 34 to 85 m	β -endosulfan Dieldrin Heptachlor (exact values not informed)
Mexico Rendón-von Osten and Dzul-Caamal (2017)	Karstic aquifer	Glyphosate: up to 1.41 (90%)
Mexico Ruiz-Toledo et al. (2014)	Not informed	Glyphosate: up to 18.43 (100%)
USA, Hawaii Li et al. (2001)	Not informed	Atrazine: concentrations not informed (30%) Ametryn: 0.708 Bromacil: 0.82-2.45 Hexazinone: 0.13-0.99
USA, Hawaii Knee et al. (2010)	Shallow wells	Metribuzin: 0.004-0.011 (8%)

Table 4 – Studies reporting pesticides concentrations in groundwater in North America.

Organochlorine pesticides were also analyzed in groundwater of the buffer zone of the Calakmul Biosphere Reserve, in the Maya Region of Hopelchen, Mexico where agriculture is allowed (POLANCO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2020). Eleven sampling points, two wells for water supply and 9 dolines were sampled during the rainy season. Heptachlor, dieldrin and β -endosulfan were detected and in some cases, concentrations were above the Mexican limits for drinking water.

Another pesticide analyzed in two studies in Mexico was glyphosate (RUIZ-TOLEDO *et al.*, 2014; RENDÓN-VON OSTEN; DZUL-CAAMAL, 2017). Both studies were carried out

in areas close to genetically modified soybean plantations and both detected glyphosate in groundwater (**Table 4**). Ruiz-Toledo *et al.* (2014) reported concentrations up to $18.43 \mu\text{g L}^{-1}$ and considered that these high concentrations might be associated with the proximity of the sampling sites to plantations of herbicide resistant soybean. Moreover, the authors stated that the presence of glyphosate in all samples contradicts the supposedly strong sorption and relatively fast degradation of glyphosate in soil that would suggest a low leaching potential. Rendón von-Osten and Dzul-Caamal (2017) detected concentrations up to $1.41 \mu\text{g L}^{-1}$ in 90% of the samples collected in the Yucatán Peninsula karstic aquifer which is highly vulnerable to pollution due to preferential flow.

In Hawaii, Li *et al.* (2001) analyzed 9 pesticides used in sugarcane and pineapple plantations in four islands, from 36 wells located near to agricultural areas from August 1997 to January 1998. Hexazinone and bromacil, known as highly leachable, were the pesticides most frequently detected in wells located in sugarcane fields and near storage areas. On contrary, the detection of ametryn that has a low leaching potential was attributed to bad well construction.

Other study in Hawaii (KNEE *et al.*, 2010) determined carbaryl, metalaxyl, and metribuzin in 28 water samples from shallow wells and only metribuzin was detected. This herbicide is used to combat numerous species of broadleaf weeds on turfgrass, including golf courses and as applications of this herbicide would not follow a set seasonal pattern due to the Hawaii's semitropical climate, causing weeds to emerge at any time of year, no conclusion could be drawn on the origin of the metribuzin.

3.4 Pesticides in groundwater in Africa

According to FAO (2020), the countries in Africa that applied the highest amounts of pesticides (expressed as active ingredients) in 2018 were South Africa, which is not a tropical country, followed by Ethiopia (4,128 t); Sudan (2,469 t); Malawi (2,358 t); Mauritius (2,208 t); Zimbabwe (2,185 t); Rwanda (2,027 t); Zambia (1,670 t); Kenya (1,578 t); Cameroon (1,373 t) and Togo (1,293 t). However, these amounts are much lower than the amounts used in South America. From those countries, studies on groundwater contamination by pesticides were found in Togo, Malawi, and Ghana – **Table 5**, showing that in this continent the scenario for pesticides in groundwater is mostly unknown.

Country / Region Reference	Groundwater Description	Detected Pesticides: $\mu\text{g L}^{-1}$ (detection frequency %)
Ghana, western region Affum <i>et al.</i> (2018)	Boreholes at a depth 55 to 70 m, with a static water level of 2 to 20 m	β -HCH: max 0.010 (18%) p,p'-DDT: max 0.055 (18%) Endrin: max 0.010 (9%) Metoxychlor: max 0.010 (64%) Methamidophos: max 0.013 (36%) Fenopathrin: max 0.060 (18%) λ -cyhalothrin: max 0.01 (55%) Permethrin: max 0.065 (36%) Cyfluthrin: max 0.020 (36%) Cypermethrin: max 0.075 (55%) Deltamethrin: max 0.045 (9%) Chlorpyrifos: 0.030 to 2.000 (100%) Ethoprofos: max. 0.030 (27%)
Southern Malawi Kanyika-Mbewe <i>et al.</i> (2020)	Shallow wells (up to 15 m deep) and boreholes (up to 30 m deep)	Cypermethrin: 0.01-17.16 mg L^{-1} Carbaryl: 0.07- 0.492 mg L^{-1}
Togo Mawussi <i>et al.</i> (2014)	Wells at depth between 5 and 12 m Mostly sandy soils	p,p'-DDD: 0.001-0.008 (65%) α -endosulfan: 0.004-0.009 (65%) β -endosulfan: 0.003-0.004 (24%) Endosulfan sulphate: 0.003-0.116 (59%) Heptachlor epoxide: 0.005-0.012 (11.7%)

Table 5 – Studies reporting pesticides concentrations in groundwater in Africa.

In Western region of Ghana, pesticides were analyzed in groundwater from an agricultural catchment dominated by cocoa crops in the Ankobra Basin (AFFUM *et al.*, 2018). Samples were collected from boreholes at a depth 55 to 70 m. Banned and currently used pesticides were determined. From the ones in current use, pyrethroids were detected in up to 55% of samples with maximum concentrations of 0.075 $\mu\text{g L}^{-1}$ and the organophosphorus chlorpyrifos was detected in all samples at concentrations as high as 2.00 $\mu\text{g L}^{-1}$ (**Table 5**). It is worth mentioning that all these molecules are considered low leachers (LEWIS *et al.*, 2016). The authors attributed the ubiquity of p,p'-DDT, methoxychlor in the water resources to their current use, despite being banned for pest control on cocoa crops in Ghana. Considering the WHO guideline limits, the detected concentrations in groundwater were considered to represent low health risk to consumers.

Carbaryl and cypermethrin were monitored in Malawi by Kanyika-Mbewe *et al.* (2020) in boreholes up to 30-m deep and shallow wells up to 15-m deep in September to October 2015 and February to March 2016 (**Table 5**). The sampling points were the main sources of drinking water for most rural communities in the area. High concentrations of these two pesticides were detected reaching 17.16 mg L^{-1} of cypermethrin and 0.492 mg L^{-1} of carbaryl. These concentrations are highly above the groundwater pesticide concentrations found by most authors in tropical countries. The authors found that concentrations were higher during the rainy season, that coincides with application during cotton growing period. Since the monitored wells are sources of drinking waters these concentrations may represent a significant risk to human health.

Mawussi *et al.* (2014) conducted a study in coastal Togo analyzing common organochlorine, organophosphorus and pyrethroid insecticides in groundwater samples (n=25) collected from areas of vegetable production (**Table 5**). There was no detection of organophosphorus and pyrethroid insecticides. Among the organochlorine pesticides endosulfan isomers and its metabolite endosulfan sulfate and p,p'-DDT were detected at higher frequency (up to 65%) and the heptachlor metabolite heptachlor epoxide was found in 11.7% of samples. The authors stated that the high level of endosulfan sulphate detected in water (i.e., 0.116 $\mu\text{g L}^{-1}$) indicates a recent use although the use of organochlorine insecticides has been banned in this country since 2004.

3.5 Pesticides in groundwater in Asia

Among the Asian countries within the tropics, the ones which had consumed the largest amounts of pesticides (expressed as active ingredients) in 2018 (FAO, 2020) are: India (58,160 t), Malaysia (44,115 t), Thailand (35,287 t), Vietnam (19,154 t), Republic of Korea (18,716 t), Myanmar (15,326 t), Bangladesh (15,144 t), Philippines (12,595 t), Sri Lanka (2,260 t), Indonesia (1,597 t). From those, studies on pesticides contamination in groundwater were found for Sri Lanka, Thailand, Philippines, Bangladesh, and India – **Table 6**. India is by far the Asian country with the largest number of studies reporting groundwater contamination by pesticides. Since a paper with a thorough revision on this subject in India was published in 2020, we decided to use it as a reference. Most pesticides analyzed in groundwater in Asia (except for India) were the banned organochlorine pesticides (**Table 6**).

Country Reference	Groundwater Description	Detected Pesticides: $\mu\text{g L}^{-1}$ (detection frequency %)
Bangladesh Matin et al. (1998)	Not informed	p,p'-DDT: 0.027-1.204 p,p'-DDE: 0.010-0.084 p,p'-DDD: 0.014-0.365 Heptachlor: 0.025-0.789
Bangladesh Hasanuzzaman et al. (2017)	Tubular well	Malathion: 42.58
Indonesia Rochaddi et al. (2019)	Shallow wells - alluvium deposits of fine to coarse-sized clastic sediments	Chlorpyrifos: 0.0021 \pm 0.0043 (average \pm standard deviation)
Thailand Hudak and Thapinta (2005)	Wells (depth 12 to 180 m) Unconsolidated aquifer in lowlands Consolidated aquifer in the western part of study area	Dicofol: up to 0.27 (36%) Aldrin+endrin: up to 3.44 (63%) Endosulfan: up to 0.298 (40%) Heptachlor+heptachlor epoxide: up to 1.269 (48%) BHC: up to 0.575 (72%) DDT: up to 9.681 (61%)
Sri Lanka Gunarathna et al. (2018)	Shallow well adjacent to agricultural field	Glyphosate: 1-4 (100%) AMPA: 2-11 (4%)

Philippines Bouman et al. (2002)	Shallow wells with loamy sand to clayey textures	Azin: up to 4.17 Butachlor: up to 1.14 Carbofuran: up to 1.15 DDT: up to 0.140 Diazinon: up to 0.510 Endosulfan: up to 1.90 Endrin: up to 0.101 Lindane: up to 0.220 Malathion: up to 0.132 MIPC: up to 0.260 Parathion: up to 0.250
Philippines Navarrete et al. (2018)	Tubular wells used for human consumption	Dieldrin: 0.028-0.029 Endrin aldehyde: 0.504-0.998 α -HCH: 0.037-0.039 β -HCH: 0.015-0.055 γ -HCH: 0.029-0.030 δ -HCH: 0.030-0.042 γ -chlordane: 0.019-0.021 Endosulfan II: 0.019-0.021 Heptachlor: 0.028-0.029 Heptachlor epoxide: 0.022
India Sakaria and Elango (2020)	This is a review on the occurrence of pesticides in groundwater in India. Details on specific regions and pesticides analyzed and detected are given in the text.	

Table 6 – Studies reporting pesticides concentrations in groundwater in Asia.

In Bangladesh, organochlorine pesticides were banned in 1993. Matin *et al.* (1998) analyzed these pesticides in groundwater in 1994 and 1995, and detected heptachlor, p,p'-DDT, p,p'-DDD and its metabolite p,p'-DDE in 7 out of 144 samples collected from wells all over the country. However, no information was given on the groundwater and well characteristics. In a more recent study, Hasanuzzaman, Rahman and Salam (2017) also determine DDT, DDE and DDD and the organophosphate malathion, chlorpyrifos, diazinon and carbaryl in tubular wells in the region of Dhamrai upazila. No organochlorine was detected but malathion occurred at high concentrations ($42.58 \mu\text{g L}^{-1}$).

In Thailand, Hudak and Thapinta (2005) analyzed organochlorine in groundwater from 90 wells with depth ranging from 12.2 to 180 m in the central area of the country (**Table 6**). Each pesticide was detected in at least one third of the samples. As expected, there was an inverse correlation of pesticides concentrations and well depth. In Thailand, all but dicofol and endosulfan were banned since 1980s, so the authors supposed that these residues may come from past uses due to their high persistence but could also still be in use illegally.

Other study in Asia that analyzed organochlorine pesticides was carried out in the Philippines by Navarrete *et al.* (2018) in water samples from tube wells, which are used for domestic consumption by the rural communities. Endrin aldehyde, δ -BHC, and β -BHC comprise the bulk of the total organochlorine pesticides in the samples. Endrin aldehyde,

an endrin metabolite, accounted for 45 to 68% of total organochlorine but endrin was not detected in any sample, suggesting a past intense usage of endrin.

Also, in Philippines, Bouman, Castañeda e Bhuiyan (2002) determined 17 pesticides (**Table 6**) in shallow wells in areas of rice plantations. Shallow tubular wells with variable depths (6 to 21 m), were described as having concrete casing for contamination prevention and operated with manual pumps. Samples were taken from 1989 to 2000 in different times in three regions of the Philippines. In a few samples, concentrations reached values above $0.1 \mu\text{g L}^{-1}$, with maximum values up to $1.14 - 4.17 \mu\text{g L}^{-1}$. According to the authors, pesticides leaching potential under wetland rice may be high caused by the constantly percolating water, so the low concentrations were attributed to particular transformation processes taking place under tropical, anaerobic conditions.

In Indonesia, one study evaluated chlorpyrifos concentrations in shallow coastal groundwater (ROCHADDI; SABDONO; SAINURI, 2019), whose aquifer are alluvium deposits composed of fine to coarse-sized clastic sediments resulting from river deposition processes, implying that the flow system in the area is an inter-grain flow system. The farther the distance from pollutant sources there was a decrease in chlorpyrifos pesticide concentration and the region with the higher agricultural areas showed also higher concentrations of this insecticide.

Glyphosate and its metabolite AMPA (aminomethylphosphonic acid) were analyzed in Sri Lanka in agricultural areas in nine samples collected from shallow wells and glyphosate was detected in all samples at concentrations from 1 to $4 \mu\text{g L}^{-1}$ and AMPA in 4% of samples (GUNARATHNA *et al.*, 2018) despite the low potential risk of groundwater contamination due to leaching through soil strata.

The climate in India varies greatly within its regions, ranging from tropical in the south to temperate and alpine in the Himalayan north, where elevated regions receive sustained winter snowfall (ATTRI; TYAGI, 2010). Rainfall varies widely at different locations so this cannot be considered a typical tropical country despite its localization within the tropics. However, India is a great user of pesticides and has a significant part of its country with tropical characteristics.

The Asian country that by far published more studies on the occurrence of pesticides in groundwater is India. Sackaria and Elango (2020) published a review of articles reporting pesticides residues in groundwater from 1995 to 2019. In the tables compiled by Sackaria and Elango (2020), 31 pesticides (16 classified as organochlorine, 11 as organophosphate and 4 as pyrethroids) were referred as detected in this period, reported in 38 research papers. The organochlorine pesticides were the most studied, with at least one analyzed in each article, followed by organophosphates (9 publications) and pyrethroids (3 publications). The occurrence of endosulfan was reported in 25 research papers and was detected at a maximum concentration of $166 \mu\text{g L}^{-1}$, an extremely high concentration when compared to concentrations reported in other countries in the tropical region. According to the authors,

this pesticide is still in use in India although it has been banned in most countries after its inclusion in the Stockholm Convention (2011). The second most studied pesticide was DDT, reported in 23 papers with the maximum concentration of $6,700 \mu\text{g L}^{-1}$ also extremely high when compared to other countries. Among the organophosphate pesticides, the insecticides parathion-methyl, malathion and chlorpyrifos were the most studied ones, with malathion as the one detected at higher concentrations reaching $44,200 \mu\text{g L}^{-1}$. The other class studied in groundwater in this country was the pyrethroids cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate. It is noteworthy the persistence of pesticides in groundwater even after the ban bringing out the importance of wider research due to the use of these substances in India.

4 | FINAL CONSIDERATIONS

In summary, this review showed 48 studies reporting the occurrence of pesticides in groundwater, either shallow or deep water plus another 38 cited by a review paper in India. Although it was not intended as a thorough review, we tried to include as many as we found. Many papers do not bring information on groundwater depth, geological formation, soil, or type of aquifer making it difficult to discuss the processes that may lead to contamination.

The most studied chemical class of pesticides was the persistent organochlorine followed by organophosphates, triazines and pyrethroids. There is a lack of information on many current used pesticides in tropical countries.

Most studies analyzed shallow waters probably due to its higher vulnerability to contamination. Moreover, a great number of papers report analysis of groundwater used for human consumption. It could be observed that some of the drinking water from groundwater sources have concentrations that may cause impacts to human health depending on persistence of the pesticide and water consumed without treatment. A large proportion of rural population in developing countries from the tropical region rely on untreated water from shallow groundwater as source of drinking water which is susceptible to contamination by pesticides as could be seen in a high number of published papers highlighting the need for more studies.

Another aspect that calls attention is the fact the many pesticides classified as non-leachers are detected in groundwater, attributed by the researchers mainly to preferential flow, transport associated to soluble organic matter or bad well construction. In some cases, this contaminant transport may move greater quantities of hydrophobic contaminants than does dissolved-phase transport. Further study on transportation processes is necessary. In addition, the evaluation of temporal variations is also flawed since many of the described studies have very few sampling campaigns.

REFERENCES

- AFFUM, A. O. *et al.* Distribution and risk assessment of banned and other current-use pesticides in surface and groundwaters consumed in an agricultural catchment dominated by cocoa crops in the Ankobra Basin, Ghana. **Science of the Total Environment**, v. 633, p. 630-640, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.129
- ALMEIDA, M. B. *et al.* Pesticide determination in water samples from a rural area by multi-target method applying liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, p. 1657-1666, 2019. DOI: 10.21577/0103-5053.20190066
- AMANAMBU, A. C. *et al.* Groundwater system and climate change: Present status and future considerations. **Journal of Hydrology**, v. 589, p. 125163, 2020. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.125163
- ARRAES, A. A.; BARRETO, F. M. S.; DE ARAÚJO, J. C. Use of atrazine and groundwater availability in Brazil. *In: World Water Congress, 13, 2008, Montpellier. Proceedings [...].* Johannesburg: International Water Resources Association, 2008. v. 1, p. 1234-1238. Available at: http://www.iwra.org/congress/2008/resource/authors/abs204_article.pdf. Accessed on: 6 Apr. 2023.
- ATTRI, S. D.; TYAGI, A. **Climate Profile of India**. Met Monograph No.
- Environment Meteorology-01/2010. New Delhi: Environment Monitoring and Research Centre, India Meteorological Department. 2010. 130 p. Available at: http://uchai.net/pdf/knowledge_resources/Publications/Reports/Climate%20Profile%20India_IMD.pdf. Accessed on: 02 Dec. 2020.
- BESERRA, L. **Agrotóxicos, vulnerabilidades socioambientais e saúde: uma avaliação participativa em municípios da bacia do rio Juruena, Mato Grosso**. 2017. 140 p. Master dissertation: Post graduation course on Public Health of the Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, 2017. Available at: https://www1.ufmt.br/ppgsc/arquivos/7482ec1ed28ff2985ffdceea860bf123.pdf?fbclid=IwAR1Azjnal37K0xy2CzPm_oT8snE5Tx44m3lxijKxvmyhb6w1u9-o56O7Us. Accessed on: 17 Jun. 2020.
- BORTOLUZZI, E. C. *et al.* Investigation of the occurrence of pesticide residues in rural wells and surface water following application to tobacco. **Química Nova**, v. 30, p. 1872-1876, 2007. Available at: http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol30No8_1872_13-AR06410.pdf. Accessed on: 6 Apr. 2023.
- BOUMAN, B. A. M.; CASTAÑEDA, A. R.; BHUIYAN, S. I. Nitrate and pesticide contamination of groundwater under rice-based cropping systems: past and current evidence from the Philippines. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 92, p. 185-199, 2002. DOI: 10.1016/S0167-8809(01)00297-3.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS n. 2914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União: Brasília**, DF, 14 dez. 2011. Available at: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Accessed on: 20 Dec. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação n. 5, de 28 de setembro de 2017. **Diário Oficial da União: Brasília**, DF, 29 Mar. 2018, updated on 30 Ago. 2021. Available at: http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Accessed on: 6 Apr. 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 396, de 03 de abril de 2008. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Environmental National Council). **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, n. 66, p. 66-68, 07 abr. 2008. Available at: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Accessed on: 6 Apr. 2023.

CALDAS, S. S. *et al.* Pesticide residue determination in groundwater using solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography with diode array detector and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 21, p. 642-650, 2010. DOI: 10.1590/S0103-50532010000400009.

CARBO, L. *et al.* Determination of pesticides multiresidues in shallow groundwater in a cotton-growing region of Mato Grosso, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 19, p. 1111-1117, 2008. DOI: 10.1590/S0103-50532008000600009.

CASARA, K. P. *et al.* Environmental dynamics of pesticides in the drainage area of São Lourenço River headwaters, Mato Grosso, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 23, p. 1719-1731, 2012. DOI: 10.1590/S0103-50532012005000037.

CHARLIER, J-B. *et al.* Transport of a Nematicide in Surface and Groundwaters in a Tropical Volcanic Catchment, **Journal of Environmental Quality**, v. 38, p. 1031-1041, 2009. DOI: 10.2134/jeq2008.0355.

COHEN, A. J. B.; CHERRY, J. A. **Conceptual and visual understanding of hydraulic head and groundwater flow**. Guelph, Ontario, Canada: The Groundwater Project, 2020. E-book. 58 p. (ISBN: 978-1-7770541-6-8). Available at: <https://gw-project.org/books/conceptual-and-visual-understanding-of-hydraulic-head-and-groundwater-flow/>. Accessed on: 6 Apr. 2023.

CORREIA, N. M.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Detection of herbicides in water bodies of the Samambaia River sub-basin in the Federal District and eastern Goiás. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 55, n. 6, p. 574-582, 2020. DOI: 10.1080/03601234.2020.1742000.

De JOODE, B. van W. *et al.* Manganese concentrations in drinking water from villages near banana plantations with aerial mancozeb spraying in Costa Rica: Results from the Infants' Environmental Health Study (ISA). **Environmental Pollution**, v. 215, p. 247-257, 2016. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.04.015.

DORES, E. F. G. C. *et al.* Pesticide Levels in Ground and Surface Waters of Primavera do Leste Region, Mato Grosso, Brazil. **Journal of Chromatographic Science**, v. 46, p. 585-590, 2008. DOI: 10.1093/chromsci/46.7.585.

DRAGONI, W.; SUKHIJA, B. S. **Climate change and groundwater**: a short review. Geological Society, London, Special Publications, 288, 1-12. 2008. DOI: 10.1144/SP288.1.

EDWARDS, Q. A. *et al.* Micropollutants related to human activity in groundwater resources in Barbados, West Indies. **Science of the Total Environment**, v. 671, p. 76-82, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.314.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Current Status of agriculture in the Caribbean and implications for Agriculture Policy and Strategy**. 2030 - Food, Agriculture and Rural Development in Latin America and the Caribbean, n. 14. Santiago de Chile: FAO, 2019. 28 p. Available at: <http://www.fao.org/3/ca5527en/ca5527en.pdf>. Accessed on 6 Apr. 2023

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Pesticides Use**. 2020. Available at <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize>. Accessed on: 21 Nov. 2020.

FILIZOLA, H. F. *et al.* Monitoramento e avaliação de risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002. Available at: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/6387/3444>. Accessed on: 02 Nov. 2020.

FOSTER, S.; SMEDLEY, P.; CANDELA, L. Groundwater quality in the humid tropics: an overview. In: PROCEEDINGS OF THE SECOND INTERNATIONAL COLLOQUIUM, 52., 1999, Panama. Unesco, **International Hydrological Programme - IHP-V Technical Document in Hydrology**, 2002. p. 441–468. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000126658>. Accessed on: 21 Nov. 2020

FOSTER, S. S. D. Groundwater conditions and problems characteristic of the humid tropics. In: **Hydrology of Warm Humid Regions IAHS Publ.**, v. 216, p. 433–449, 1995. (Proc. of the Yokohama Symposium, July 1993).

FOSTER, S. S. D., HIRATA, R. C. A. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988. 86 p.

GEISSEN, V. *et al.* Soil and Water Pollution in a Banana Production Region in Tropical Mexico. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.85, p. 407-413, 2010. DOI: 10.1007/s00128-010-0077-y.

GIÁCOMAN-VALLEJOS, G. *et al.* Presence of DDT and Lindane in a Karstic Groundwater Aquifer in Yucatan, Mexico. **Groundwater Monitoring & Remediation**, v. 38, n. 2, p.: 68-78, 2018. DOI: 10.1111/gwmr.12267.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; LANCHOTTE, V. L. Ocorrência do herbicida tebutiuron na água subterrânea da microbacia do Córrego Espraiado, Ribeirão Preto – SP. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 11, p. 65-76, 2001. DOI: 10.5380/pes.v11i0.3136.

GREEN, T.R. Linking Climate Change and Groundwater. In: JAKEMAN, A. J., BARRETEAU, O.; HUNT, R.J.; RINAUDO, J-D.; ROSS, A. (eds.), **Integrated Groundwater Management - Concepts, Approaches and Challenges**. Spring Open, Springer, Cham, 762 p. 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-23576-9_5.

GUNARATHNA, S. *et al.* Glyphosate and AMPA of agricultural soil, surface water, groundwater and sediments in areas prevalent with chronic kidney disease of unknown etiology, Sri Lanka. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, 53:11, 729-737, 2018. DOI: 10.1080/03601234.2018.1480157.

GURDAK, J. J.; HANSON, R. T.; GREEN, T. R. **Effects of climate variability and change on groundwater resources of the United States**. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Office of Global Change. Fact Sheet 2009-3074, 2009. 4 p.

GWENZI, W.; CHAUKURA, N. Organic contaminants in African aquatic ecosystems: Current knowledge, health risks, and future research directions. **Science of the total environment**, v. 619-620, p. 1493-1514, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.121.

HARDING, R. J. *et al.* The future for global water assessment. **Journal of Hydrology**, v. 518, part B, p. 186-193. 2014. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.05.014

- HASANUZZAMAN, M., RAHMAN, M. A., SALAM, M. A. Identification and quantification of pesticide residues in water samples of Dhamrai Upazila, Bangladesh. **Applied Water Science**, v.7, p. 2681-2688, 2017. DOI: 10.1007/s13201-016-0485-1.
- HOUBEN, G. J. *et al.* The impact of high-intensity no-till agriculture on groundwater quality in the subtropical Capiibary catchment, SE Paraguay. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, p. 479-491, 2015. DOI: 10.1007/s12665-015-4055-x
- HUDAK, P. F., THAPINTA, A. Agricultural Pesticides in Groundwater of Kanchana Buri, Ratcha Buri, and Suphan Buri Provinces, Thailand. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.: 74, p.: 631-636, 2005. DOI: 10.1007/s00128-005-0630-2.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. Censo Agropecuário 2017. [Rio de Janeiro, 2018]. Available at: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Accessed: 8 Jan. 2021.
- IUSS - International Union of Soil Sciences, Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. **World Soil Resources Reports No. 106**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2014, update 2015.
- JUO, A. S.; FRANZLUEBBERS, K. **Topical soils**: properties and management for sustainable agriculture. Oxford: Oxford Univ. Press on Demand, 2003. 304 p.
- KANYIKA-MBEWE, C. *et al.* Monitoring of carbaryl and cypermethrin concentrations in water and soil in Southern Malawi. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, article number 595, 2020. DOI: 10.1007/s10661-020-08557-y.
- KNEE, K. L. *et al.* Caffeine and agricultural pesticide concentrations in surface water and groundwater on the north shore of Kauai (Hawaii, USA). **Marine Pollution Bulletin**, v.: 60, p.: 1376-1382, 2010. DOI: j.marpolbul.2010.04.019.
- LETEY J. *et al.* The Role of Dissolved Organic Matter in Pesticide Transport through Soil, *In*: **ACS Symposium Series** v. 751, Chapter 22: Agrochemical Fate and Movement, p. 347-360. 2000. DOI: 10.1021/bk-2000-0751.ch022
- LEWIS, K.A. *et al.* An international database for pesticide risk assessments and management. **Human and Ecological Risk Assessment**: An International Journal, v. 22, n. 4, p. 1050-1064. 2016. DOI: 10.1080/10807039.2015.1133242.
- LI, Q. X.; HWANG, E.-C.; GUO, F. Occurrence of Herbicides and Their Degradates in Hawaii's Groundwater. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 66, p.: 653-659, 2001. DOI: 10.1007/s00128-001-0058-2.
- LI, R. **Groundwater pollution risk assessment under scenarios of climate and land use change in the Northern Great Plains**. Lincoln, Nebraska: ProQuest LLC. 2012. 156 p.
- MARGAT, J.; GUN, J.V.D. **Groundwater around the world**: A geographic synopsis. 1. ed. London: CRC Press. 2013. DOI: 10.1201/b13977.

MARTÍNÉZ-GARCIA, J.; JARAMILLO-COLORADO, B. E.; FERNÁNDEZ-MAESTRE, R. Water quality of five rural Caribbean towns in Colombia. **Environmental Earth Sciences**, v. 78, article number 575, 2019. DOI: 10.1007/s12665-019-8580-x.

MATIN, M. A. *et al.* Organochlorine insecticide residues in surface and underground water from different regions of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.: 69, p. 11-15, 1988. DOI: 10.1016/S0167-8809(98)00094-2.

MAWUSSI, G. *et al.* Insecticide residues in soil and water in coastal areas of vegetable production in Togo. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, p. 7379-7385, 2014. DOI: 10.1007/s10661-014-3934-z.

MENEZES FILHO, A.; SANTOS, F. N.; PEREIRA, P. A. P. Development, validation and application of a method based on DI-SPME and GC-MS for determination of pesticides of different chemical groups in surface and groundwater samples. **Microchemical Journal**, v. 96, p. 139-145, 2010. DOI: 10.1016/j.microc.2010.02.018.

MENEZES, J. M. *et al.* Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do Rio São Domingos – RJ. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n.4, p. 687-698, 2009. DOI: 10.1590/S0100-69162009000400019.

MONCRIEFF, J. E., BENTLEY, L. R.; PALMA, H. C. Investigating pesticide transport in the León-Chinandega aquifer, Nicaragua. **Hydrogeology Journal**, v. 16, p. 183-197, 2008. DOI: 10.1007/s10040-007-0229-2.

MORAIS, L. S. R. **Desenvolvimento e validação de métodos para a determinação de agrotóxicos em água e solo das áreas de recarga do Aquífero Guarani, na região das nascentes do Rio Araguaia, MT/GO**. 2009. 157 p. PhD thesis (Post graduation course on Analytical Chemistry). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Available at: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/250538/1/Morais_LaisSayuriRibeirode_D.pdf. Accessed on: 25 May 2020.

MOREIRA, J. C. *et al.* Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1557-1568, 2012. DOI: 10.1590/S1413-81232012000600019.

NAVARRETE, I. A. *et al.* Organochlorine pesticide residues in surface water and groundwater along Pampanga River, Philippines. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, article number 289, 2018. DOI: 10.1007/s10661-018-6680-9.

NOGUEIRA, E. N. *et al.* Currently Used Pesticides in Water Matrices in Central-Western Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 23, p. 1476-1487, 2012. DOI: 10.1590/S0103-50532012005000008

OLIVEIRA, M. M.; NOVO, M. E.; FERREIRA, J. P. L. Models to predict the impact of the climate changes on aquifer recharge. In: FERREIRA, J. P. L.; FERREIRA, J. M. P.; VIEIRA (eds), **Water in celtic countries: quantity, quality and climate variability. Proceedings of the Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources**, Guimaraes, Portugal: July 2005. Wallingford: International Association of Hydrological Sciences (IAHS Publication, 310).

OLIVO, V. E. *et al.* Rapid method for determination of glyphosate in groundwater using high performance liquid chromatography and solid-phase extraction after derivatization. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 2, p. 296-297, 2015. DOI: 10.4136/ambiente.1548.

PINHEIRO, A.; SILVA, M. R.; KRAISCH, R. Presença de pesticidas em águas superficiais e subterrâneas na bacia do Itajaí, SC. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 7, n. 2, p. 17-26, 2010. DOI: 10.21168/rega.v7n2.p17-26.

PIRES, N. L. *et al.* Determination of glyphosate, AMPA and glufosinate by high performance liquid chromatography with fluorescence detection in waters of the Santarém Plateau, Brazilian Amazon. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 55, n. 9, p. 794-802, 2020. DOI: 10.1080/03601234.2020.1784668.

POETER, E. *et al.* **Groundwater in our water cycle** – getting to know Earth's most important fresh water source, Guelph, Ontario: The groundwater project. 2020. 136 p. Available at: <https://gw-project.org/books/groundwater-in-our-water-cycle/>. Accessed on: 6 Apr 2023.

POLANCO-RODRÍGUEZ, A. G. *et al.* Organochlorine Pesticides and Potentially Toxic Elements in Groundwater from a Protected Reserve in the Maya Region of Hopelchen, Mexico. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 104, p. 568-574, 2020. DOI: 10.1007/s00128-020-02848-3.

PORTAL, T. P. *et al.* An integrated assessment of water quality in a land reform settlement in northern Rio de Janeiro state, Brazil. **Heliyon**, v. 5, article number e01295, 2019. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01295.

PURI S.; AURELI, A. **Atlas of transboundary aquifers: global maps, regional cooperation and local inventories**. IHP (International Hydrological Programme), ISARM Programme. Paris: UNESCO. 2009. 322 p. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000192145>. Accessed on: 21 Nov. 2020

REICHENBERGER, S. *et al.* Pesticide displacement along preferential flow pathways in a Brazilian Oxisol, **Geoderma**, v. 110, p. 63-86, 2002. DOI: 10.1016/S0016-7061(02)00182-9.

RENDÓN-VON OSTEN, J.; DZUL-CAAMAL, R. Glyphosate Residues in Groundwater, Drinking Water and Urine of Subsistence Farmers from Intensive Agriculture Localities: A Survey in Hopelchén, Campeche, Mexico. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, article number 595, 2017. DOI: 10.3390/ijerph14060595.

ROCHA, A. A. *et al.* Monitoring of Pesticide Residues in Surface and Subsurface Waters, Sediments, and Fish in Center-Pivot Irrigation Areas. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, n. 11, p. 2269-2278, 2015. DOI: 10.5935/0103-5053.20150215.

ROCHADDI, B.; SABDONO, A.; ZAINURI, M. Preliminary study on the contamination of organophosphate pesticide (chlorpyrifos) in shallow coastal groundwater aquifer of Surabaya and Sidoarjo, East Java Indonesia. 4th International Conference on Tropical and Coastal Region Eco Development. **IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science**, v. 246, article number 012079, 2019. DOI: 10.1088/1755-1315/246/1/012079.

RUEPERT, C. *et al.* **Vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por plaguicidas en Costa Rica**. Estudio preliminar. Informe Ejecutivo, Heredia: Universidad Nacional Costa Rica. 62 p. 2005. 62 p. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/308797315>. Accessed on: 16 Nov. 2021.

RUIZ-TOLEDO, J. *et al.* Occurrence of Glyphosate in Water Bodies Derived from Intensive Agriculture in a Tropical Region of Southern Mexico. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 93, p.: 289–293, 2014. DOI: 10.1007/s00128-014-1328-0.

SACKARIA, M., ELANGO, L. Organic micropollutants in groundwater of India – A review. **Journal of the Water Environment Federation**, v. 92, p. 504-523, 2020. DOI: 10.1002/wer.1243.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa. 2018. Available at: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Accessed on: 6 Apr. 2023

SHIKLOMANOV, L. A. World Freshwater Resources. *In*: GLEICK, P.H., Ed., **Water in Crisis: A Guide to World's Freshwater Resources**. New York: Oxford University Press, p. 13 - 24. 1993.

SILVA, D. R. O. *et al.* Ocorrência de agrotóxicos em águas subterrâneas de áreas adjacentes a lavouras de arroz irrigado. **Química Nova**, v. 34, n. 5, p. 748-752, 2011. Available at: http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol34No5_748_03-AR10217.pdf. Accessed on: 28 May 2020.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**, 12th ed. Washington, DC: Natural Resources Conservation Service, US Department of Agriculture, 2014.

SOUZA, V. *et al.* Determinação de pesticidas em água de poços tubulares em áreas de cultura de algodão na microrregião de Primavera do Leste, Mato Grosso. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, Cuiabá. **Anais [...]**. São Paulo: Associação Brasileira de Água Subterrânea. 2004. Available at: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/articulo/download/23431/15516>. Accessed on: 31 Oct 2020.

TAYLOR, R. G. *et al.* Groundwater and climate change. **Nature Clim Change**, v. 3, p. 322–329, 2013. DOI: 10.1038/nclimate1744.

TELUGUNTLA, P. *et al.* Global Cropland Area Database (GCAD) derived from Remote Sensing in Support of Food Security in the Twenty-first Century: Current Achievements and Future Possibilities. *In*: Thenkabail, P. S. (ed.). **Remote Sensing Handbook: Land Resources: Monitoring, Modelling, and Mapping**. V. II, chapter 7, p. 1-45. Boca Raton: Taylor & Francis, 2015.

THENKABAIL, P. S. *et al.* Assessing future risks to agricultural productivity, water resources and food security: how can remote sensing help? **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Special Issue on Global Croplands: Highlight Article, v. 78, n. 8, p. 773-782, 2012.

TORRES, N. H.; FERREIRA, L. F. R.; AMÉRICO, J. H. P. Análise de resíduos de agrotóxicos em água subterrânea proveniente do Aquífero Guarani. **Bioenergia em Revista: diálogos**, v. 5, n. 2, p. 36-49, 2015. Available at <http://fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/articulo/download/176/107>. Accessed on: 28 May 2005.

ZHANG, X. *et al.* Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. **Nature**, v. 448, p. 461-465, 2007. DOI: 10.1038/nature06025.

PANORAMA DA APLICABILIDADE DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS (IQR) NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Data de aceite: 02/06/2023

Tábatha Condessa Fernandes de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/1235374040023789>

Viníciu Fagundes Bárbara

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/3052075493147161>

Rosângela Mendanha da Veiga

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/5068781864373514>

Rosana Gonçalves Barros

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/3009142457782923>

RESUMO: Um grande desafio com que se depara a sociedade, é o gerenciamento adequado de resíduos, sendo que o descarte inadequado dos mesmos contribui para o crescimento dos impactos ambientais. Pensando nisso, em 1997 a CETESB criou um índice para analisar a qualidade dos locais de destinação. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão

bibliográfica de artigos científicos que avaliaram a qualidade da disposição final de rejeitos, em aterros sanitários no Brasil, aplicando o IQR na área de estudo. Para tanto, foi realizada uma busca de trabalhos atuais (2010 - 2021) no Portal de Periódicos da Capes e do Google Acadêmico, utilizando a palavra-chave “Índice de Qualidade de Resíduos”, e posteriormente os operadores booleanos “OR” e “AND”, da seguinte maneira: “Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos” OR “IQR” AND “CETESB”. Ao todo, foram identificados 24 artigos, onde o IQR foi aplicado em 16 estados diferentes. O ano de 2020 foi o que apresentou a maior quantidade de publicações. Do total de artigos analisados, 13 optaram por usar o IQR-Traducional, onde apenas 7 foram classificados como adequados. Observou-se ainda, que a metodologia tradicional é mais difundida, possivelmente pelo *check list* ser mais simples, porém, o IQR-Nova Proposta é mais completo e apresenta uma análise mais apurada dos aterros sanitários. A revisão bibliográfica demonstrou a situação das regiões e estados em relação a esse índice, que é de extrema importância para mensurar a qualidade das áreas de disposição final de RSU.

PALAVRAS-CHAVE: Disposição final,

OVERVIEW OF THE APPLICABILITY OF THE LANDFILL QUALITY INDEX (IQR) IN BRAZIL: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Society has now come across a great challenge that is proper waste management, where the incorrect waste disposal contributes to the increase of environmental impacts. Considering this, in 1997 CETESB created an index to analyze the quality of destination locations. This research aimed to conduct a bibliographic review of scientific articles that have evaluated the final disposal of residual wastes in Brazilian landfills, applying the IQR index in the area of study. In order to achieve this, a search for recent articles was done (2010 - 2021) using “Portal de Periódicos da Capes” (Capes’ Journal Portal) and Google Scholar, operating the key-word “Índice de Qualidade de Resíduos” (“Waste Index Quality”), followed by the boolean operators “OR” and “AND”, in the following order: “Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos” OR “IQR” AND “CETESB”. Overall, 24 articles were found, where the IQR was applied in 16 different states. The largest number of publications was presented in the year 2020. Of all the articles that were analyzed, 13 settled on using the traditional IQR index, whereas only 7 were classified as adequate. It was noted that the traditional methodology is broadly used, possibly because the checklist is simpler, however, the new IQR proposed is more complete and presents a more detailed analysis of landfills. The literature review provided information and the context of the current situation of different regions and states, based on this index, which is extremely important to measure the quality of disposal areas that receive urban solid waste.

KEYWORDS: Final Disposal, CETESB, urban solid waste.

INTRODUÇÃO

Um grande desafio com que se depara a sociedade, nos últimos anos, é o equacionamento da geração de resíduos, provocada pelo crescente consumo de mercadorias, e seu descarte inadequado, o que contribui para o crescimento dos impactos ambientais. Esse desafio aumenta com o crescimento da população, com a ampliação das áreas urbanas, com o excessivo uso de agrotóxicos em lavouras e com a falta de políticas públicas que discutam e apliquem modelos (RIBEIRO e CANTÓIA, 2020).

No Brasil, essa argumentação pode ser fundamentada por meio da interpretação dos dados do Panorama de Resíduos Sólidos da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), a publicação mostra que entre 2010 e 2019 a geração de Resíduo Sólido Urbano (RSU) no Brasil passou de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano. Dos 72,7 milhões de toneladas coletadas, apenas 59,5% seguem para disposição final adequada.

O aterro sanitário é uma forma de disposição final de rejeitos, baseada em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, que possibilita o seu confinamento seguro, impedindo danos ou riscos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais. Comparando com outras soluções sanitárias e ambientais utilizadas para a disposição final,

os aterros sanitários são considerados a forma mais econômica em curto prazo (SANTOS *et al.*, 2012).

O aterro sanitário deve ser projetado por um profissional técnico habilitado e seguindo as normas estabelecidas. Além disso, é necessário avaliar continuamente as condições em que se encontra a área de disposição final, a fim de proceder às medidas preventivas e corretivas, prever possíveis impactos negativos ao ambiente e acompanhar a saúde e a segurança dos trabalhadores e prestadores de serviços envolvidos, mantendo assim, a condição de aterro de resíduo como adequada (MELO, 2020).

Pensando na avaliação das condições ambientais e sanitárias dos locais de disposição final, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) criou um sistema de indicadores que possibilita o monitoramento dessas áreas, a partir de métodos de pontuação, de forma que sejam apontadas as mudanças necessárias para um melhor desempenho ambiental na gestão dos RSU. Neste sentido, foram criados três índices: Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR); Qualidade de Aterros de Resíduos em Valas (IQR-Valas) e Qualidade de Usinas de Compostagem (IQC) (CETESB, 2016).

Segundo Melo (2020), o IQR foi o primeiro índice de qualidade voltado para avaliar e classificar os aterros de resíduos no Estado de São Paulo, inventariando a disposição final dos RSU, como instrumento de apoio à fiscalização, monitoramento e gestão ambiental dessas áreas.

De acordo com a CETESB (2013), as informações são coletadas em inspeções realizadas por técnicos e processadas a partir da aplicação de um questionário padronizado. Este último, é subdividido quanto às características do local, estruturais e operacionais, que são expressas por meio de pontuações, que variam de 0 a 10 e que classificam as instalações de destinação final de resíduos urbanos. São índices, portanto, que levam em consideração a situação encontrada em inspeção técnica, que permite efetuar um balanço confiável das condições ambientais, diminuindo eventuais distorções devido à subjetividade na análise dos dados.

A metodologia tradicional, criada em 1997, utilizava um questionário contendo 41 subitens para serem avaliados. Em função desse índice, obtinha-se uma avaliação traduzida em pontuação, a qual classificava as instalações de disposição final de resíduos sólidos urbanos em três condições: Inadequadas (0,0 até 6,0), Controladas (6,1 até 8,0) ou Adequadas (8,1 até 10,0).

Em 2012, houve uma reformulação na metodologia, ficando conhecida como IQR – Nova Proposta, que passou a agregar novos critérios de pontuação e classificação dos locais de disposição final, incluindo itens importantes como: a adequabilidade do monitoramento geotécnico de aterros, a ocorrência de episódio de queima de resíduos a céu aberto, a análise da vida útil do aterro e as ocorrências de restrições legais ao uso do solo. Além disso, a metodologia de 2012 exclui a condição de “controlado” para aterro, sendo então classificados apenas em duas condições: Inadequadas (0,0 até 7,0) ou Adequadas (7,1 até

10,0) (CETESB, 2015).

Desde a criação do IQR, em 1997, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo, através da CETESB, implantou um programa visando a melhoria da qualidade dos locais utilizados para a disposição final dos RSU, traduzido na forma do Inventário de Resíduos Sólidos Estaduais (HAMADA, 2011).

O monitoramento e a divulgação desses dados contribuíram significativamente para a melhoria da qualidade dos aterros. Em 1997, São Paulo possuía 615 municípios que destinavam seus resíduos sólidos de forma inadequada, já em 2019, com a nova metodologia, esse número caiu para 29 (CETESB, 2020).

Segundo o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS, 2017) existem no Brasil 640 aterros sanitários, mas nem todos funcionam sob rígido controle administrativo, operacional e ambiental (SANTOS *et al.*, 2017). Nas pesquisas realizadas não foram encontrados dados que avaliassem o IQR de todas esses aterros sanitários, apesar disso, existem pesquisas feitas de forma independente, que fazem a análise da aplicabilidade do IQR em municípios ou microrregiões, porém, não a representação de todas as notas em um só documento.

Em decorrência do exposto, este trabalho teve como objetivo a realização de uma revisão de artigos científicos, que aplicaram o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos (IQR) nas áreas de disposição final, no Brasil, no período de 2010 a 2021.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do artigo, adotou-se a metodologia da Revisão de Literatura. Foi feito um levantamento bibliográfico dos artigos científicos sobre Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos, publicados entre 2010 e 2021, seguido de análise. Para estabelecer esse recorte temporal foi levado em consideração os trabalhos publicados após a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2010.

Para isso, foi utilizada a base de dados do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A pesquisa foi desenvolvida na aba “Busca por assuntos” e foram utilizadas as seguintes palavras-chave: “Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos”, “IQR” e “CETESB”. Na primeira busca foi utilizada somente “Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos” entre aspas duplas. Na segunda busca, acrescentou-se os operadores booleanos “OR” e “AND”, ficando assim: “Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos” OR “IQR” AND “CETESB”.

Além do Portal de Periódicos da Capes foi realizado um levantamento na base de dados do Google Acadêmico. Foram utilizadas as mesmas palavras-chave e utilizados os mesmos operadores booleanos na busca. Os artigos obtidos foram analisados de acordo com o título, resumo e palavras-chaves, visando selecionar somente trabalhos que efetivamente abordavam a aplicação do IQR, através da metodologia da CETESB.

É importante salientar que foram desconsideradas dissertações, teses, trabalhos de congressos e trabalhos que apenas citavam as notas de IQR, disponibilizadas no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos, elaborado anualmente pela CETESB. Uma vez selecionados, os trabalhos diretamente associados ao tema foram compilados em tabelas, considerando as seguintes informações principais: cidade, estado, metodologia e nota do aterro, com o intuito de facilitar a identificação, a leitura e a análise.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando as palavras-chaves e os operadores booleanos nos portais propostos, foram encontrados 24 artigos, que abordavam a aplicação do IQR. É importante mencionar que alguns artigos aplicaram a metodologia em mais de uma região, dessa forma, foram analisadas um total de 36 áreas de disposição final de resíduos sólidos. Os trabalhos estão divididos em 13 estados e 34 cidades, conforme mostra a Figura 1, sendo que a maior quantidade de trabalhos foi encontrada na Região Centro Oeste (29,16%) e Sul (29,16%), com destaque para o estado do Paraná (25%).

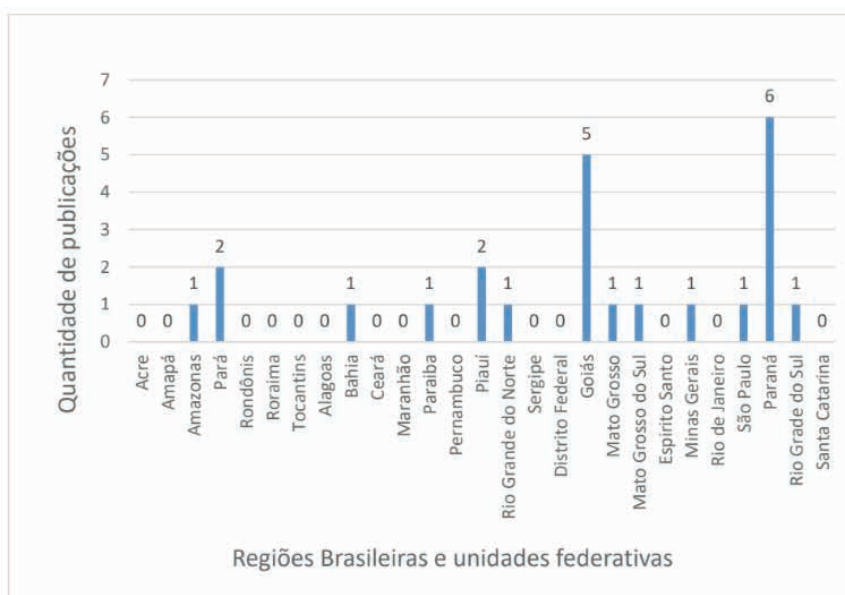


Figura 1. Quantidade de artigos encontrados nas bases de dados pesquisadas, no recorte temporal de 2010 a 2021, divididos por regiões e unidades federativas brasileiras. Fonte: Autoria própria.

Durante o período avaliado, o ano de 2020 foi o que teve o maior número de publicações relacionadas à análise do IQR, um total de 7 artigos, seguido de 2016, com 3 publicações. Os anos de 2013 e 2018 foram os únicos nos quais não houve publicações de artigos (Figura 2).

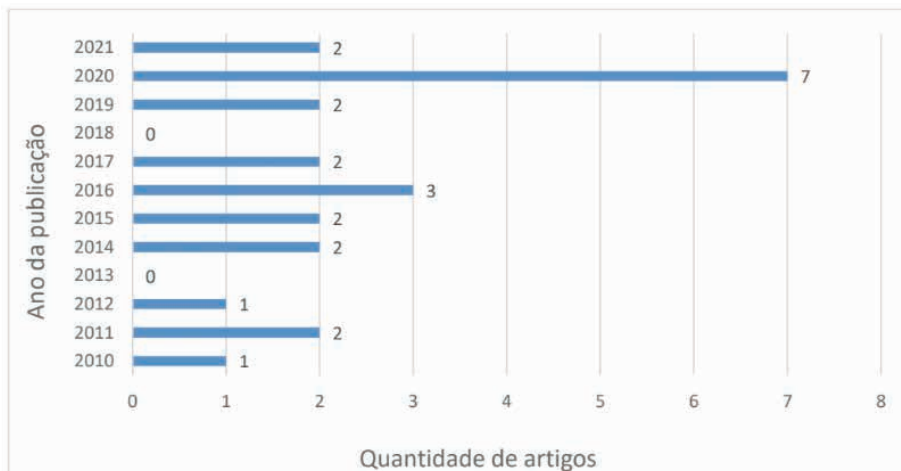


Figura 2. Quantidade de artigos encontrados nas bases de dados pesquisadas, no recorte temporal de 2010 a 2021, divididos por ano de publicação. Fonte: Autoria própria.

Dos 24 trabalhos analisados, 13 utilizaram a metodologia tradicional, publicada em 1997. Como alguns artigos analisaram o IQR em mais de um aterro, no total, a metodologia foi aplicada em 18 aterros. Nota-se que dos artigos que optaram por aplicar o IQR com a antiga metodologia, 69,2% foram publicados após o ano de 2012, ou seja, já poderiam ter utilizado o modelo de IQR mais recente, que de acordo com a CETESB (2012), agrega novos critérios de pontuação, incorporando os conhecimentos e a experiência adquiridos ao longo dos anos.

Do total de trabalhos selecionados, 11 utilizaram a nova metodologia, publicada em 2012, alguns desses artigos aplicaram o IQR em mais de um local, analisando, desta forma, também 18 aterros.

Dentre os 18 aterros que utilizaram a metodologia de 1997, apenas três foram classificados como adequados, sendo todos na Região Sul, mais especificamente, no Estado do Paraná. Apenas quatro foram classificados como aterros controlados, estando estes nas regiões Centro Oeste, Sudeste e Sul. Todas as regiões obtiveram ao menos uma área de disposição final classificada como inadequada, com destaque para a Cidade de Humaitá – AM, que segundo Oliveira (2016) obteve a menor nota, 1,53 (Figura 3).

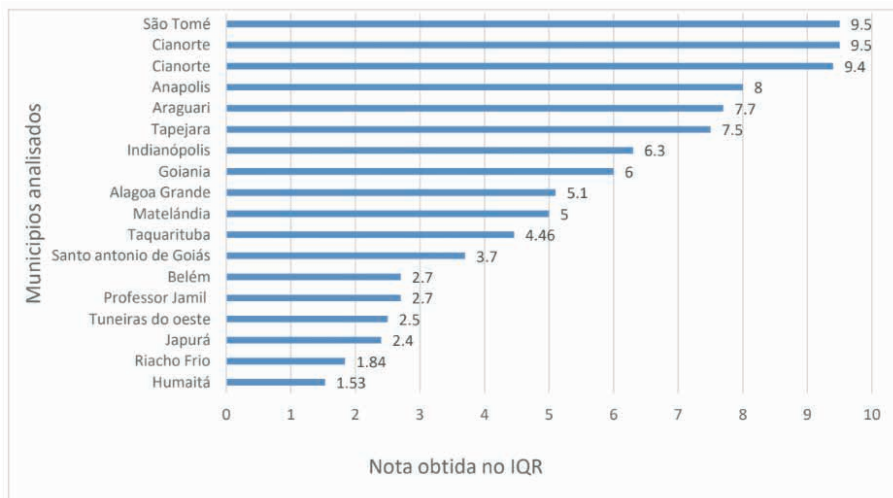


Figura 3. Notas obtidas pelos aterros sanitários dos municípios analisados nos artigos que aplicaram a metodologia tradicional da CETESB (1997). Fonte: Autoria própria.

Dos 18 aterros que utilizaram o IQR – Nova Proposta, apenas quatro obtiveram nota para serem classificados como adequados, sendo três pertencentes à Região Sul e um à Região Centro Oeste, com ênfase na Cidade de Sarandi – PR, que obteve, segundo Albertin, Silva e Viotto (2020) a nota máxima no IQR. Em contrapartida, a Cidade de Porto Seguro – BA obteve a menor nota (0,4), segundo CARVALHO *et al.* (2020) (Figura 4). A área obteve pontuação em apenas um dos subitens de Estrutura de Apoio, sendo estes: portaria, balança e vigilância; e um subitem da Estrutura de proteção ambiental, a saber: profundidade do lençol freático x permeabilidade do solo.

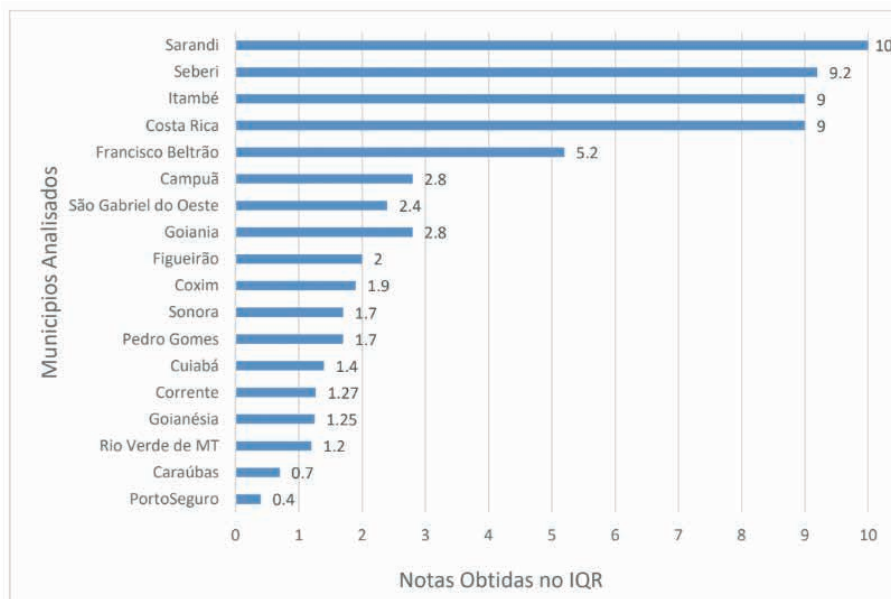


Figura 4. Notas obtidas pelos aterros sanitários dos municípios analisados nos artigos que aplicaram a metodologia nova da CETESB (2012). Fonte: Autoria própria.

Cianorte – PR e Goiânia – GO foram as únicas cidades que apresentaram dois artigos publicados cada (Figura 4), e que aplicaram o IQR em seus aterros sanitários. Ambas as publicações de Cianorte foram realizadas no ano de 2011 e no mesmo aterro sanitário, utilizando a metodologia antiga da CETESB (1997), obtendo assim, a condição de adequado, com as notas, 9,4 e 9,5 respectivamente, segundo Albertini *et al.* (2011).

Em Goiânia – GO, os artigos foram publicados nos anos de 2017, com a utilização da metodologia antiga (1997), e em 2020 utilizando o IQR – Nova Proposta (2012). Os questionários foram aplicados no mesmo aterro sanitário e, em ambos os artigos, o aterro foi classificado como inadequado, com as notas 6,0 (AMARAL *et al.*,2017) e 2,2 (BARROS *et al.*,2020).

Entre os estados que tiveram mais de um aterro analisado, observou-se uma grande variação nas notas, tanto nos aterros que utilizaram o IQR Tradicional (1997), quanto nos que utilizaram a nova proposta (2012), mostrando que os estados possuem tanto áreas que atendem quase que a totalidade dos subitens, quanto áreas que estão classificadas praticamente como lixões, como no caso do Mato Grosso do Sul, onde, segundo Ribeiro e Cantóia (2020), Rio Verde de Mato Grosso obteve índice de 1,2, sem sequer possuir impermeabilização da área, enquanto Costa Rica obteve a nota 9,0, acima do necessário para a classificação como Adequado (Tabela 1).

IQR – Nova Proposta				IQR Tradicional			
Cidade	Estado	Nota	Média	Cidade	Estado	Nota	Média
Porto Seguro	BA	0,4	0,4	Humaitá	AM	1,53	1,53
Goiânia	GO	2,2	2,2	Professor Jamil		2,7	
Cuiabá	MT	1,4	1,4	Santo Antônio de Goiás	GO	3,7	4
Rio Verde de MT		1,2		Goiânia		6	
Pedro Gomes		1,7		Anápolis		8	
Sonora		1,7		Araguari	MG	7,7	7,7
Coxim		1,9		Belém	PA	2,7	2,7
Figueirão	MS	2	2,83	Alagoa Grande	PB	5,1	5,1
São Gabriel do Oeste		2,4		Japurá		2,4	
Campua		2,8		Tuneiras do Oeste		2,5	
Costa Rica		9		Matelândia		5	
Goianésia	PA	1,25	1,25	Indianópolis	PR	6,3	8
Francisco Beltrão		5,2		Tapejara		7,5	
Itambé	PR	9	8,1	Cianorte		9,4	
Sarandi		10		Cianorte		9,5	
Corrente	PI	1,27	1,27	São Tomé		9,5	
Caraúbas	RN	0,7	0,7	Riacho Frio	PI	1,84	1,84
Seberi	RS	9,2	9,2	Taquarituba	SP	4,46	4,46

Tabela 1. Média das notas do IQR, por estado, divididas entre nova proposta (2012) e a antiga metodologia (1997).

Fonte: Autoria própria.

O estado que obteve a melhor média de notas foi o Rio Grande do Sul, com 9,2. A pior média foi do Estado da Bahia, com 0,4. Ambos os trabalhos aplicaram o IQR – Nova Proposta (2012), porém, vale ressaltar que cada um destes estados possui apenas um aterro analisado. Dentre os estados que possuem a análise de mais de um aterro sanitário, a melhor média foi a do Paraná, com 8,1. E a pior foi a do Estado de Mato Grosso do Sul, com 2,83 (Tabela 1).

Marques *et al.* (2015), que analisaram a cidade de Belém-PA, Pinto *et al.* (2016), que fizeram a análise na cidade de Alagoa Grande-PB, e Oliveira (2016), que realizou o diagnóstico da cidade de Humaitá-AM, utilizaram a metodologia tradicional (1997) e obtiveram as notas 2,7, 5,1 e 1,53, respectivamente, porém, utilizaram a sigla IQAR, divergente da apresentada na metodologia da CETESB.

A metodologia do IQR Tradicional, de 1997, apesar de mais antiga e possuir um

check list com maior quantidade de subitens para serem avaliados, é aparentemente mais simples, visto que o questionário é mais fácil de ser preenchido, além do índice oferecer um “meio termo”, rotulando o aterro como controlado. Devido a esta formatação ela pode estar mais difundida entre os autores.

A nova metodologia, de 2012, apesar de apresentar uma quantidade menor de subitens no *check list*, acrescenta pontos importantes a serem analisados, em relação ao IQR Tradicional. Certos subitens do questionário são mais complexos, exigindo mais diligência ao serem respondidos. Além disso, possui uma planilha de informações complementares, demandando mais empenho e conhecimento técnico específico por parte do responsável pelo preenchimento do questionário.

A diferença entre as metodologias abordadas fica mais evidente ao observar Amaral *et al.* (2017), que aplicaram a metodologia tradicional (1997) no aterro sanitário de Goiânia, e obtiveram a nota de 6,0; e BARROS *et al.* (2020), que analisaram o mesmo aterro com o IQR-Nova Proposta, e obtiveram a nota de 2,2. É possível observar como a nova metodologia é mais abrangente, e analisa pontos importantes, que causam significativo impacto na nota final.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A CETESB criou o IQR em 1997, como uma ferramenta para aprimoramento dos mecanismos de Gestão Ambiental, de forma a auxiliar os responsáveis pela gestão dos aterros sanitários a identificarem as irregularidades presentes nas áreas de destinação final, para então, desenvolverem ações corretivas.

O acompanhamento anual dos aterros, como dito anteriormente, obteve grande resultado no Estado de São Paulo. Em 2011, após 13 anos de análise dos aterros e publicação do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, quase todos os municípios do Estado de São Paulo possuíam aterros regulares. Porém, em 2012, após a publicação e aplicação da nova metodologia, o Inventário Estadual mostrou que muitos municípios que se encontravam na faixa limítrofe entre controlado e adequado, apresentaram notas menores e passaram a ser classificados como “irregulares”.

Levando em consideração a escolha dos autores, dos artigos selecionados, e a forma como a CETESB desenvolveu e aplicou esse índice ao longo de 24 anos, desde sua publicação, é possível observar que o mais interessante, para municípios com aterros mais simples, que dispuseram de pouco ou nenhum planejamento em sua execução, que nunca realizaram uma análise de IQR, ou não têm consciência da situação de suas instalações e operações, seria aplicar o IQR Tradicional (1997). Este último é de mais fácil entendimento e, conseqüentemente, aplicação. Ainda, assim como o IQR-Nova Proposta, o IQR Tradicional cumpre seu objetivo de expressar as condições ambientais e sanitárias desses locais, a fim de planejar ações e políticas públicas destinadas a sanar as irregularidades identificadas.

Futuramente, quando o aterro obtiver notas que o classifiquem como regular, ou até mesmo como controlado, o ideal seria, realizar novas análises com o IQR Nova Proposta, que apesar de mais complexo, é mais abrangente e constitui um aperfeiçoamento em relação à avaliação do IQR Tradicional, porque introduz alguns itens importantes, do ponto de vista técnico e ambiental. Isso proporcionará o aumento da qualidade do aterro sanitário e, conseqüentemente, a qualidade de vida da população do município.

Considera-se que o objetivo proposto neste trabalho foi atingido, na medida que possibilitou a construção de um cenário das regiões e estados do Brasil, em relação a situação dos aterros sanitários, de acordo com a aplicação do IQR Tradicional e também do IQR-Nova Proposta. Além disso, mostrou como a metodologia da CETESB, que é um índice de extrema importância para avaliar a qualidade dos aterros sanitários, está difundida na comunidade científica.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, R. M. et al. AVALIAÇÃO DA DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE CIANORTE. **Revista dos depts. de Química, Física, Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias e do Mestrado em Tecnologia Ambiental**, Paraná, v. 53-61, n. 2, p. 9, jul. 2011.

ALBERTIN, R. M.; SILVA, J. C. D.; VIOTTO, H. G. **Estudo E Avaliação da Área de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Sarandi – PR**. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Maringá, v. 12, n. 2, p. 97-116, nov. 2020.

ALBERTINI, R. M. et al. Estudo da Disposição Final de Resíduos. **Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v. 5, n. 1, p. 11-23, abr. 2012.

AMARAL, A. K. N.; COSTA, F. D. R.; RIBEIRO, N. V. Avaliação da área de disposição final de resíduos sólidos no município de Goiânia – GO. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 205-222, ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. ABRELPE. Rio de Janeiro, p. 52. 2020.

BARROS, R. G.; DOURADO, B. R.; BÁRBARA, V. F. Determinação do índice da qualidade do aterro de resíduos do município de Goiânia/GO. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.3, p.155-166, 2020.

BENATTI, C. T.; JUNIOR, R. T.; VALQUES, I. J. B. Aterro Sanitário da Cidade de Itambé - PR: Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros Sanitários. *In*: SILVA, H. C. D. **Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental**. 3. ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2020. *E-book*. Cap. 2, p. 8-19.

BILUCA, J.; RIBEIRO, P. S. D. C. Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos Aplicado ao Aterro de Francisco Beltrão - Pr. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 51-60, jul. 2019.

BORBA, W. F. de., Silva, J. L., Kemerich, P. D. da C., Souza, E. E. B. de., Fernandes, G. D., Guimarães, M. da S. Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR): Estudo em área no sul do Brasil. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.3, n.3, p.86-99, 2021.

CARVALHO, A. L. S. et al. Qualidade de Aterro de Resíduos na Costa do Descobrimento. **Revista de Geografia**, Recife, v. 37, n. 2, p. 427-445, 2020.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares: Relatório de 2012**. CETESB. São Paulo, p. 114. 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos: Relatório de 2014**. CETESB. São Paulo, p. 126. 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos: Relatório de 2015**. CETESB. São Paulo, p. 124. 2016.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos: Relatório de 2020**. CETESB. São Paulo, p. 124. 2021.

FERREIRA, E. D. M.; BATISTA, F. V.; PFEIFFER, S. C. Diagnóstico e proposições para os resíduos sólidos urbanos de Professor Jamil. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 3, p. 27-41, set. 2015.

FERNANDES TERCEIRO, S. et al. Avaliação da Área de Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Caraúbas-RN. In: AGUILERA, J. G.; ZUFFO, A. M. **A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável 2**. 2. ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. *E-book*. Cap. 6, p. 41-51.

FERREIRA, E. D. M.; CRUVINEL, K. A. D. S.; COSTA, E. S. D. Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos: Diagnóstico da Gestão do Município de Santo Antônio De Goiás. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 3, p. 3401-3411, Maio 2014.

GOMES, P. N. et al. Uma Aplicação do Índice de Qualidade do Aterro (IQR) na Área de Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Corrente-PI. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 445-459, Jan. 2020.

GUERRA, F.; SOUZA, J. B.; VIDAL, C. M. D. S. Proposta de melhoria de aterro de resíduos sólidos urbanos para um pequeno município. **Acadêmica Ciência Ambiental**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 191-203, Abr. 2010.

HAMADA, P. **Formulação de um Índice de Qualidade de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos**. Orientador: Sandro Donnini Mancini. 2011. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2011.

LACERDA, M. L. et al. Avaliação do Local de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos de Goianésia-PA com base no Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR). In: SILVA, H. C. D. **Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental**. 3. ed. Ponta Grossa: Atena, 2020. *E-book*. Cap. 4, p. 33-45.

LEITE, A. P.; NOGUEIRA, T. H. L.; EDWIGES, T. Limitações do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em município de pequeno porte. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 9, n. 2, p. 382-396, 2018.

MARQUES, L. C. A. et al. Avaliação do Espaço de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de Belém, Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2874-2883, Jun. 2015.

MELO, D. A. **Aterros de Resíduos**: O uso de ferramentas de avaliação com apoio decisório para reabilitação ambiental - Teoria e prática. Curitiba: Apris, 2020. cap 4, p. 99 -176

OLIVEIRA, B. O. S. D. Impactos ambientais decorrentes do lixão da cidade de Humaitá, Amazonas. **Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.11, n. 4 p. 80-84, Out.-Dez. 2016.

PINTO, R. P. et al. Avaliação dos indicadores do aterro controlado do Município de Alagoa Grande-PB e seus impactos ambientais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, v. 3, n. 4, p. 61-68, JUNHO 2016.

PIRETE, L. D. M.; OLIVEIRA, B. F. F.; VASCONCELOS, M. D. G. Avaliação da Área de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Araguari Utilizando o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos - IQR. **AGROGEOAMBIENTAL**, Pouso Alegre, v. 2, p. 8, 2014.

RIBEIRO, N. L. D.; CANTÓIA, S. F. O Lixão de Cuiabá e a Geração de Impactos Socioambientais. **GEOSABERES**, Fortaleza, v. 11, p. 100-115, janeiro 2020.

SANTOS, A. L. F.; HARAGUCHI, M. T.; LEITÃO, G. C. Índice de qualidade de aterro de resíduos (IQR), como subsídio para avaliar o sistema de disposição final do município de Anápolis-GO. **Scientia Plena**, v. 8, n. 10, p. 12, Out. 2012.

SANTOS, C. O. D.; CARELLI, M. D. N. Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros nos Locais de Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos da Bacia do Alto Taquari. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 21, n. 2, p. 264-281, Fevereiro 2021.

SANTOS, H. A. S.; NOGUEIRA, M. S.; GONÇALVES, A. S.; CARVALHO, P. R.; SANTOS, G. O. Panorama Geral das Condições de Funcionamento dos Aterros Sanitários do Brasil com Base no SNIS (2017). In: FORUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 10, 2019, João Pessoa. **ANAIS[...]**.Porto Alegre: Instituto Venturi, 2018.

SILVA, R. P. G. D. et al. Alicação do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR) em Área de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Riacho Frio – PI. **Cadernos Cajuína**, v. 3, n. 1, p. 36-43, Dezembro 2016.

FRUTÍFERAS ORGÂNICAS NO ESTADO DO PARÁ

Data de submissão: 09/05/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Sabrina Gomes Monteiro

Universidade Federal Rural da Amazônia
Engenharia Agrônômica
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/7841390892741906>

Nayara Ferreira Barros da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia
Engenharia Agrônoma
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/3186122725353831>

Danielle Santana Rito

Universidade Federal Rural da Amazônia
Engenharia Agrônoma
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/7948220025946675>

Harleson Sidney Almeida Monteiro

Universidade Estadual Paulista 'Júlio de
Mesquita Filho'
Departamento de Produção Vegetal
Mestrando em Agronomia (Horticultura)
Botucatu-São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/2967586299102545>

Sinara de Nazaré Santana Brito

Universidade Estadual Paulista 'Júlio de
Mesquita Filho'
Departamento de Produção Vegetal
Mestranda em Agronomia (Horticultura)
Botucatu-São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/7167428610788027>

Valdeci Junior Fonseca Pinheiro

Universidade Federal Rural da Amazonia
Mestrando em Agronomia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/7367676438197639>

Jessica Carolina Barbosa da Silva

Universidade Federal Rural da Amazonia
Engenharia Agrônômica
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/7538625407713123>

Ewerton Delgado Sena

Universidade Federal Rural da Amazônia
Engenharia Agrônômica
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/2488687304356880>

Caio Xavier dos Santos

Universidade Federal Rural da Amazônia
Engenharia Agrônômica
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/4004452714061428>

George Pimentel Palha

Universidade Federal Rural da Amazônia
Engenharia Agrônômica
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/9164645472968726>

Paulo Gabriel dos Santos Pires

Universidade Federal Rural da Amazônia
Engenharia Agrônômica
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/0066069375724337>

Antonia Benedita da Silva Bronze

Universidade Federal Rural da Amazonia
Instituto de Ciências Agrárias
Doutora em Ciências Agrárias
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/2194653905029618>

RESUMO: A produção de frutas orgânicas é uma prática de extrema relevância em âmbito social, ecológico e econômico, pois a demanda dos consumidores por alimentos de sistema de cultivo livres de produtos químicos, tem aumentado e exigido cada vez mais, que os produtores atendam às exigências com a segurança alimentar com produtos de qualidade. Sendo assim, aliado a este crescimento é possível visualizar que a evolução da legislação que rege a certificação deste segmento é uma alternativa de maior oferta além de retorno financeiro para produtores agrícolas. Diante dessa perspectiva, analisou-se a produção orgânica de frutíferas com registro de certificação no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), visando o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva de frutas no Estado do Pará. Para isso, a partir dos dados do Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO) do ano 2022, foram adquiridas informações e realizadas estatísticas descritivas da quantidade de espécies frutíferas, municípios, quantidade de produtores, sistema de produção utilizado, frutas cultivadas e unidades certificadoras de produção orgânica de frutíferas no Estado do Pará. A partir das análises dos dados, percebe-se uma vasta diversificação quanto às espécies frutíferas em produção, entretanto com o baixo número de produtores ativos. As frutas como o açaí chamam atenção pelo número de registro de produtores orgânicos no estado do Pará. Logo, este fato pode ser explicado devido à grande extensão em áreas de várzea presente nos municípios paraenses, associada ao valor econômico e propriedades nutricionais, além da atratividade pelo valor agregado das frutas nativas da Amazonian. Com base nesse panorama, conclui-se que o presente estudo permitiu observar que a produção orgânica de frutas no estado do Pará se revela expressiva e com potencial de crescimento com diversidade de espécies.

PALAVRAS-CHAVE: Certificação, Fruticultura, Produção orgânica.

ORGANIC FRUITS IN THE STATE OF PARÁ

ABSTRACT: The production of organic fruits is a practice of extreme relevance in the social, ecological and economic spheres, since the consumer demand for food from a chemical-free cultivation system has increased and increasingly demanded that producers meet the requirements with food safety with quality products. Therefore, together with this growth, it is possible to visualize that the evolution of the legislation that governs the certification of

this segment is an alternative of greater supply in addition to financial return for agricultural producers. In view of this perspective, the organic production of fruit trees with certification registration at the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) was analyzed, aiming at the sustainable development of the fruit production chain in the State of Pará. For this, based on data from the National Register of Organic Producers (CNPO) for the year 2022, information was acquired and descriptive statistics were carried out on the number of fruit species, municipalities, number of producers, production system used, cultivated fruits and certification units of organic production of fruit trees in the State of Pará. From the analysis of the data, a vast diversification can be seen in terms of fruit species in production, however with a low number of active producers. Fruits such as açai draw attention due to the number of registered organic producers in the state of Pará. Therefore, this fact can be explained due to the large extension in floodplain areas present in the municipalities of Pará, associated with the economic value and nutritional properties, in addition to the attractiveness due to the added value of the native fruits of the Amazon. Based on this panorama, it is concluded that the present study allowed observing that the organic production of fruits in the state of Pará is expressive and with potential for growth with diversity of species.

KEYWORDS: Certification, Fruit growing, Organic production.

1 | INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo orgânico no Brasil teve início no final da década de setenta, em pequena escala sem objetivos comerciais, e com a criação do Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural (IBD) em 1990, o manejo orgânico começou a se expandir em termos comerciais, entre 1994 a 2000, as vendas de produtos orgânicos cresceram 16 vezes, com grandes perspectivas para o século XXI, contando com a transformação da agricultura familiar convencional para a orgânica no Brasil, expandindo-se em vários segmentos agropecuários, como frutas, café, frango e outros produtos, garantindo um crescimento desse mercado (COELHO, 2001).

A produção de alimentos orgânicos não se limita somente na agricultura que não faz uso de produtos como inseticidas, herbicidas e fungicidas, mas sim a que procura produzir alimentos de alta qualidade para os seres humanos (MARQUES, 2019).

Visto que, as classes de insetos, fungos e bactérias são agentes onde suas funções dentro de um sistema de cultivo é degradar e reciclar os elementos que encontram-se em desequilíbrio. Portanto, para que este objetivo seja alcançado são necessárias produções em respeito ao solo, animais, e meio ambiente ambos na tentativa de alinhar harmonicamente as leis e processos oriundos da natureza (DO CARMO SANTOS et al., 2017).

O crescimento populacional e a proporcionalidade de avanços demográficos, além das preocupações por parte dos consumidores a respeito da qualidade sanitária na produção dos frutos ofertados aos mercados e pontos específicos de produtos naturais, são aspectos relevantes que contribuem para o aumento de cotações. De acordo com Marini et

al. (2016), a produção de alimentos advindos da agricultura orgânica e da agroecologia são nichos de mercado que crescem de 15 a 20% por ano, enquanto setores como a indústria crescem de 4 a 5%.

A agricultura orgânica surge como uma alternativa que pode minimizar os impactos ambientais e sociais devido a modernização da agricultura. Há relatos na literatura acerca da produção de frutas orgânicas na região do vale do São Francisco com a produção de manga, onde segundo a região apresenta características ambientais aptas além de técnicas de sistemas de irrigação tornando possível o desenvolvimento rápido e expressivo além de agregações econômicas (FREIRES et al., 2011).

O processo de certificação para padronização de registro e selos de qualidade, assim como origem e seleção quanto aos tipos de produção dos alimentos é de extrema importância, pois o acesso a diversos nichos de mercados mostram-se dispostos a prezar pela procedência instaurada no produto ofertado, propiciando assim maior agregação de valor (GARGALHO *et al.*, 2018).

Dessa forma, o destaque de produções orgânicas frente aos de origem convencionais tem por necessidade atender padrões estimados as normas de produções instauradas por entidades reguladoras, garantindo dessa forma a qualidade e conseqüentemente a certificação. Atualmente, para a validação da produção orgânica, os produtores devem estar inscritos no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO), ainda que estes estejam cadastrados de acordo com a nova Lei dos Orgânicos exige-se que siga um dos três mecanismos: Avaliação da Conformidade por meio de Sistemas Participativos de Garantia; Certificação por Auditoria e Controle Social na Venda (NIEDERLE et al., 2020).

Nas unidades de produção agrícola que compõe a Associação Pará Orgânico acompanhadas por Marques (2019), dos municípios pertencente à mesorregião nordeste e metropolitana do estado do Pará, o autor frisa as limitadas dimensões econômicas sustentáveis presente nas propriedades analisadas, onde a inserção de cultivos anuais é um problema devido principalmente ausência de assistência técnica rural, assim como dificuldades de circulação, mão de obra, baixa disponibilidade financeira, dependência energética e beneficiamento das produções instauradas são fatores que corroboram para baixa produtividade de cultivos orgânicos no contexto amazônico e sustentável da região.

Diante do exposto, levanta-se o seguinte questionamento: qual a quantidade de produção orgânica de fruteiras no estado do Pará? A hipótese formulada é que se há uma grande produção de frutíferas orgânicas certificadas, logo a quantidade de abastecimento no estado do Pará será maior. A partir do que foi supracitado, o estudo teve como objetivo analisar a produção orgânica de frutíferas com registro de certificação no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) visando o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva de frutas no Estado do Pará.

2 | METODOLOGIA

O estudo em questão consistiu-se em uma pesquisa de natureza exploratória com ênfase na metodologia de análise de dados qualitativos (GASQUE, 2007) além da realização de consultas bibliográficas (MARCONI, 2003), a partir de livros e artigos cujos autores enfatizam a certificação de frutíferas orgânicas.

Nesse sentido, os dados foram avaliados a partir de produtores registrados e certificados como prescritos no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e com acesso ao Cadastro nacional de produtos orgânicos (CNPO) sobre a produção do ano de 2022, das unidades de produção orgânica no Estado do Pará foram analisados quantitativos referentes às formas de cultivo e localização quanto aos sistemas de certificação.

Após coleta dos resultados os mesmos foram organizados em banco de dados através de planilhas do programa Microsoft Office Excel 2010, e submetidos a filtros de frutíferas com certificação orgânica registradas no estado do Pará, para representação dos resultados aplicou-se estatística descritiva e construção de tabelas e figuras em constando dados em percentual e valor unitário.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, são apresentadas as quantidades de produtores e as frutas com registro de produção orgânica no estado do Pará. Visto isso, percebe-se uma vasta diversificação quanto às espécies frutíferas em produção, entretanto com o baixo número de produtores ativos.

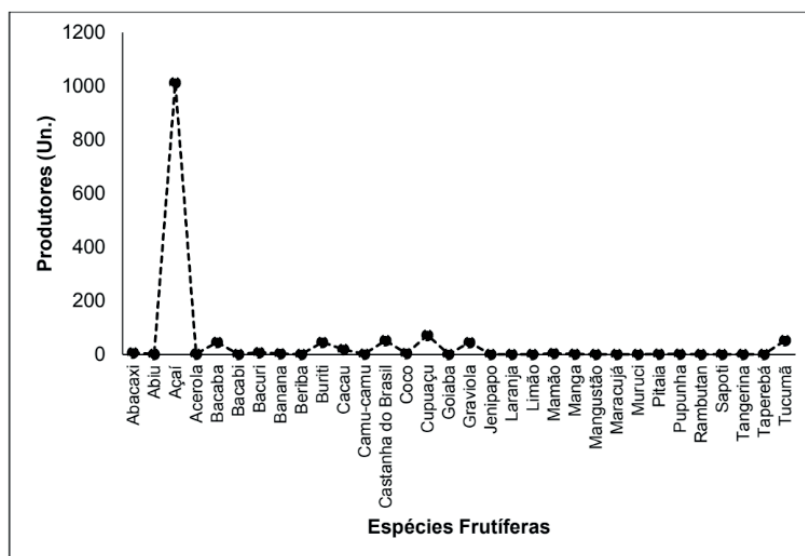


Figura 1 – Quantidade de espécies frutíferas em sistema orgânico no Estado do Pará.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base no CNPO (MAPA, 2022).

As frutas como o açaí chamam atenção pelo número de registro de produtores orgânicos no estado do Pará. Logo, este fato pode ser explicado devido à grande extensão em áreas de várzea presente nos municípios paraenses, associada ao valor econômico e propriedades nutricionais, além da atratividade pelo valor agregado das frutas nativas da Amazônia.

Uma grande problemática atrelada a baixa produção, de frutíferas em sistema orgânico, está inteiramente relacionada a ausências de conhecimento por parte dos produtores, a falta de gerenciamento correto dos recursos presente em suas propriedades, além da baixa escolaridade, acompanhamento técnico, acessibilidade, demanda, procura nos mercados e pontos de venda assim como, escoamento dos produtos advindos a partir desse sistema de produção.

Portanto, um dos grandes desafios são os aperfeiçoamentos dos mecanismos de controle da produção, comercialização e consumo de frutas orgânicas, além da conscientização em relação ao público consumidor tendo em vista todos os benefícios proporcionados no ecossistema (ALMEIDA et al., 2021).

Quanto a participação dos municípios paraense na produção de frutas orgânicas, a Tabela 1, mostra um total de 1.320 produtores, distribuídos em 46 municípios paraenses, localizados nas mesorregiões do Estado do Pará, com maior participação em oferta de frutos com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo: Cametá (19,62%), Breves (13,41%), Mocajuba (8,48%), Abaetetuba (7,35%), Afuá (6,97%), Oriximiná (6,52%) e Igarapé-Miri (6,14%).

Municípios	Quantidade de Produtores/Município	
	Un.	%
Abaetetuba	97	7,35
Acará	17	1,29
Afuá	92	6,97
Altamira	1	0,08
Anajás	45	3,41
Ananindeua	3	0,23
Augusto Corrêa	2	0,15
Aveiro	1	0,08
Barcarena	7	0,53
Belém	11	0,83
Benevides	13	0,98
Bragança	7	0,53
Breves	177	13,41
Cametá	259	19,62
Capitão Poço	1	0,08

Castanhal	15	1,14
Colares	10	0,76
Curralinho	33	2,50
Curuá	1	0,08
São Félix do Xingu	15	1,14
Floresta do Araguaia	7	0,53
Igarapé-Miri	81	6,14
Igarapé-Açu	7	0,53
Inhangapi	5	0,38
Irituia	25	1,89
Magalhães Barata	1	0,08
Maracanã	2	0,15
Marituba	12	0,91
Marudá	1	0,08
Mocajuba	112	8,48
Mojuí dos Campos	6	0,45
Muaná	54	4,09
Óbidos	12	0,91
Oriximiná	86	6,52
Santa Bárbara do Pará	8	0,61
Santa Isabel do Pará	3	0,23
Santa Luzia do Pará	6	0,45
Santa Maria do Pará	1	0,08
Santarém	28	2,12
Santo Antonio do Tauá	5	0,38
São Francisco do Pará	2	0,15
São João de Pirabas	1	0,08
São Sebastião da Boa Vista	33	2,50
Tailândia	3	0,23
Tomé-Açu	11	0,83
Vitoria do Xingu	1	0,08
Total	1.320	100

Tabela 1 – Municípios paraenses e quantidade de produtores de frutíferas orgânicas no Estado do Pará.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base no CNPO (MAPA, 2022).

Ressaltamos, que essa participação dos municípios está diretamente ligada com a cultura do açaí de várzea, exceção para o município de Oriximiná, que é voltado para o extrativismo da castanha-do-Brasil.

Para Sobrinho (2005), o desenvolvimento da fruticultura orgânica nos municípios

do baixo Tocantins evoluiu a partir da valorização dos frutos de açaí no mercado nacional como um produto agroecológico de origem orgânica, uma vez que sua produção é feita sem o uso do fogo ou de qualquer insumo químico e o avanço dos produtores da região na organização da produção com abertura de oportunidades para o desenvolvimento da produção familiar, além da abertura do mercado de exportação de açaí para os Estados Unidos.

Esse processo é fortemente marcado pela presença da Cooperativa dos Fruticultores de Abaetetuba (COFRUTA), a Cooperativa Agrícola de Resistência de Cametá (CART), a Cooperativa dos Produtores de Barcarena (COOPEBAB), a Associação Mutirão de Igarapé Miri, uma empresa internacional (Sambazon Inc.), duas fábricas de processamento de frutas no Pará (Camta e Fly) e outra no Ceará (Dafruta). O processo de certificação do açaí nesses municípios foi por volta de 2003 através da agência Guaranteed Organic Certification Agency (Goca), possibilitando um grande diferencial no processo de comercialização.

Para Lima et al. (2015), o crescimento do consumo de alimentos orgânicos está diretamente relacionado com os diversos significados que este alimento traz para os seus consumidores e a internalização de uma cultura que busca a sustentabilidade ambiental e o resgate de valores. Ressalta ainda, que o interesse em investigar o consumo de alimentos orgânicos na Amazônia vai além da preocupação com a saúde, implica em identificar se esta atividade pode ser inserida em um cenário futuro próximo como uma alternativa de produção sustentável tanto em relação à questão ambiental, quanto econômica para a região.

No que se refere a caracterização do sistema de produção das frutíferas orgânicas no estado do Pará com registro no MAPA, as frutas são de origem de dois sistemas caracterizado pelo extrativismo com nove espécies e produção vegetal com 29 espécies frutíferas, respectivamente (Figura 2).

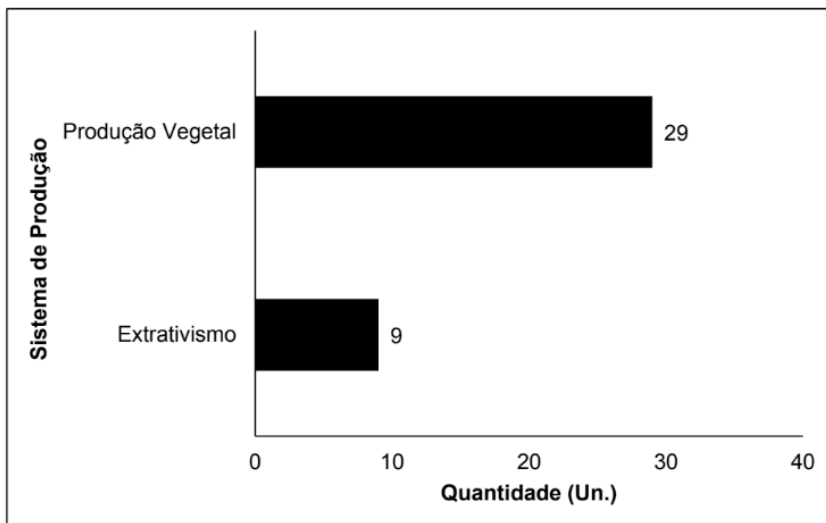


Figura 2 – Sistema de produção de frutíferas orgânica no Estado do Pará.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em CNPO (MAPA, 2022).

Na Tabela 2, podemos avaliar que o açaí é o fruto que possui o maior número de produtores com registro oriundos do extrativismo, mas com maior registro também, para o sistema de cultivo em terra firme, pela produção vegetal (Figura 3).

Frutíferas	Quantidade		Sistema de Produção
	Un.	%	
Abacaxi	7	0,50	Produção Vegetal
Abiu	1	0,07	Produção Vegetal
Açaí	940	67,38	Extrativismo
Açaí	73	5,23	Produção Vegetal
Acerola	2	0,14	Produção Vegetal
Bacaba	45	3,23	Extrativismo
Bacaba	1	0,07	Produção Vegetal
Bacabi	1	0,07	Produção Vegetal
Bacuri	7	0,50	Extrativismo
Bacuri	1	0,07	Produção Vegetal
Banana	3	0,22	Produção Vegetal
Beriba	1	0,07	Produção Vegetal
Buriti	45	3,23	Extrativismo
Buriti	1	0,07	Produção Vegetal
Cacau	19	1,36	Produção Vegetal

Camu-camu	1	0,07	Extrativismo
Camu-camu	1	0,07	Produção Vegetal
Castanho do Brasil	52	3,73	Extrativismo
Coco	4	0,29	Produção Vegetal
Cupuaçu	51	3,66	Extrativismo
Cupuaçu	21	1,51	Produção Vegetal
Goiaba	1	0,07	Produção Vegetal
Graviola	45	3,23	Extrativismo
Laranja	2	0,14	Produção Vegetal
Limão	1	0,07	Produção Vegetal
Mamão	4	0,29	Produção Vegetal
Manga	2	0,14	Produção Vegetal
Mangustão	1	0,07	Produção Vegetal
Maracujá	1	0,07	Produção Vegetal
Muruci	1	0,07	Produção Vegetal
Pitaia	2	0,14	Produção Vegetal
Pupunha	2	0,14	Produção Vegetal
Rambutan	1	0,07	Produção Vegetal
Sapoti	1	0,07	Produção Vegetal
Tangerina	1	0,07	Produção Vegetal
Taperebá	1	0,07	Produção Vegetal
Tucumã	52	3,73	Extrativismo
Total	1.395	100	-

Tabela 2 – Frutíferas cultivadas em sistema de produção orgânica no Estado do Pará.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em CNPO (MAPA, 2022).

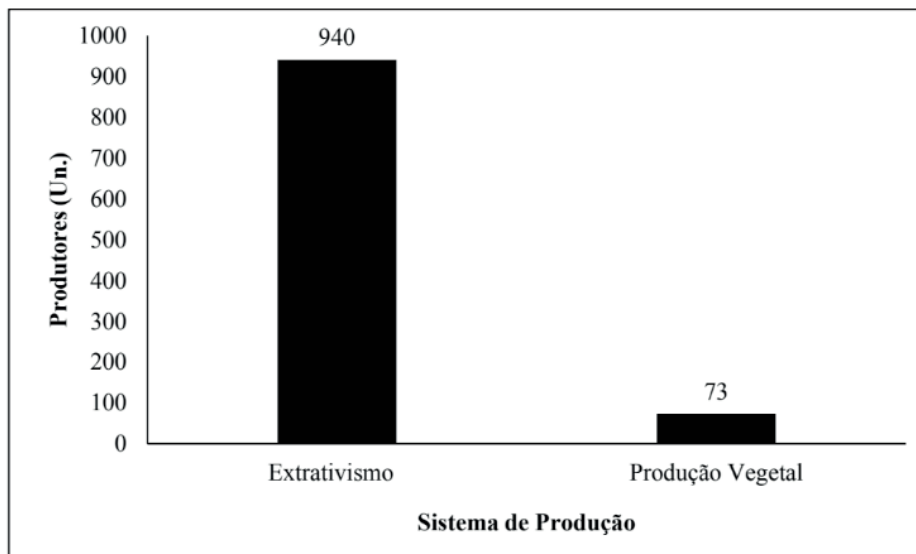


Figura 3 – Caracterização do sistema de produção orgânica do açaí (*E. oleraceae*) no Estado do Pará.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em CNPO (MAPA, 2022).

Esse fato, está relacionado com a crescente demanda e valorização internacional pelo fruto do açaí. A castanha do Brasil também merece destaque pelo seu alto valor agregado, mas verificamos que não há registro de cultivo pela produção vegetal e, somente oriunda do extrativismo.

O Estado do Pará é caracterizado pela grande ocorrência de frutas nativas da Amazônia, muitas com potencial econômico, mas ainda não domesticadas e sendo exploradas somente pelo extrativismo, entre elas, a castanha-do-Brasil, a bacaba, o bacabi e o tucumã.

Quanto a Castanha-do-Brasil, Homma (2014), destaca que Bolívia é o maior produtor mundial de castanha-do-pará, e a capacidade da oferta extrativa do Brasil, da Bolívia e do Peru apresenta limitações, havendo necessidade de ampliar a oferta mediante plantios. Relata que os estoques de castanheiras no Sudeste Paraense foram substituídos por pastagens, projetos de assentamento, extração madeireira, mineração, expansão urbana, etc.

Para exportação de açaí, o mercado importador é muito exigente no processo de certificação orgânica e rastreabilidade da cadeia produtiva. Essa disparidade nos registros de produtores orgânicos extrativista e produção vegetal pode estar configurada na ocorrência natural e número de municípios com vasta área de várzea, além do marketing da sustentabilidade das comunidades locais ribeirinhas que trabalham com a cultura do açaí.

A produção de açaí em terra firme tem crescido nos últimos anos, mas o sistema de

produção convencional é recente e para o cultivo orgânico muitos gargalos precisam ser resolvidos, entre eles, o manejo nutricional.

Tavares et al. (2020), o espaço geográfico da produção de açaí extrativista e manejado é regulado pelas agroindústrias nacionais e estrangeiras. A agroindústria de exportação, não absorve o açaí irrigado, devido ao alto custo, sendo este destinado para o consumo interno. Nesse tocante, o açaí orgânico de várzea ganha importância pela qualidade e facilidade de certificação de forma coletiva por associações de pequenos produtores, considerando que os países europeus compradores intensificam a cada ano a preferência pela compra de produtos com essa característica e valor agregado com o selo Amazônia.

Quanto ao processo de certificação das frutas para comercialização como orgânica, a legislação brasileira, através do Ministério da Agricultura (MAPA) estabelece três instrumentos de certificação para que os produtores possam ser reconhecidos como produtores orgânicos: certificação por auditoria (CA), organização participativa de avaliação da conformidade orgânica (OPAC) e organização de controle social (OCS) (BRASIL, 2017).

Na tabela 3, duas certificadoras estão fortemente atuantes na certificação de frutas no estado do Pará, a Ecocert Brasil Certificadora com participação de 71,42% nas certificações registradas no MAPA, seguida da IBD Certificações LTDA com 17,20%.

CERTIFICADORA	Quantidade de Produtores/Frutíferas	
	Un.	%
Amiga	9	0,62
Coopaben	7	0,48
Cultivar	4	0,27
Curuá - Una	3	0,21
D´Irituia	25	1,71
Ecocert Brasil Certificadora	1.042	71,42
Eixo Forte	4	0,27
Frutos da Terra	3	0,21
IBD Certificações LTDA	251	17,20
Imo Control do Brasil LTDA	36	2,47
Instituto Certifica	1	0,07
Kiwa BCS Brasil	9	0,62
Lavras Povoado	5	0,34
Mojú dos campos	10	0,69
Pará Orgânico	21	1,44
Paraíso	4	0,27
Pauxiuara	11	0,75
Renascer	9	0,62

Santa Cruz	5	0,34
Total	1.459	100

Tabela 3 – Certificadoras de produção orgânica que atuam na certificação de frutas no Estado do Pará.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em CNPO (MAPA, 2022).

A certificação orgânica tem como compromisso garantir ao consumidor a oferta de um alimento produzido de acordo com as premissas da produção orgânica, a partir de práticas agroecológicas, com menor impacto ambiental e de acordo com as normas e os regulamentos da legislação vigente (CUNHA et al., 2021).

Neste contexto, enfatiza-se a importância da certificação orgânica dos produtores onde a mesma interliga-se principalmente ao cumprimento dos padrões e medidas utilizadas durante as práticas no processo de produção das culturas até os pontos de distribuição ao consumidor final.

Ressaltamos que, há obstáculos que limitam as regularizações previstas na legislação brasileira para certificação de produtos orgânicos. Portanto, dentre estes fatores evidenciam-se os elevados custos financeiros, documentações exigidas além da localização e percepção dos consumidores locais visto que os fatos descritos influenciam na tomada de decisão do produtor acerca da certificação (PEREIRA et al., 2019).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu observar que a produção orgânica de frutas no estado do Pará se revela expressiva e com potencial de crescimento com diversidade de espécies.

Dos registros de cadastro de produtores de frutas orgânicas, o açaí é a fruta de maior registro de produtores orgânicos, tanto no sistema extrativista quanto no sistema cultivado.

Mediante o exposto verifica-se a necessidade de maior divulgação e fomento de ampliações acerca do conhecimento sobre a produção orgânica no estado do Pará.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. G. de B. et al. Alimentos orgânicos: aspectos gerais de produção e consumo. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2022. Produtos Orgânicos. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao-organicos>

COELHO, C. N. A expansão e o potencial do mercado mundial de produtos orgânicos. **Revista de Política Agrícola**. v 10, n. 2, p. 9-26, 2001.

CUNHA, E. G.; DALBOM, F. L.; MELO, C. A.; ALVES, A. F.; MORAIS, F. M.; OLIVEIRA, G. M. **Garantia da qualidade orgânica: Certificação Orgânica e Controle Social**. Vitória, ES: Incaper, 2021. 24 p.

DA CRUZ LIMA, P. de F.. et al. O consumo de alimentos orgânicos na cidade de Manaus, AM: o comércio de produtos e a sustentabilidade do setor. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 19, 2015.

DE MORAES, M. D.; DE OLIVEIRA, N. A. M. Produção orgânica e agricultura familiar: obstáculos e oportunidades. **Desenvolvimento Socioeconômico em Debate**. v. 3, n. 1, p. 19-37, 2017.

DO CARMO SANTOS, D. S. et al. Desempenho de agricultores familiares na comercialização de produtos orgânicos e agroecológicos no estado do Pará. **Acta Biológica Catarinense**. v. 4, n. 2, p. 16-29, 2017.

FREIRES, M.; GAUDENCIO, F. Caracterização e análise da cadeia produtiva da manga orgânica na região do vale do São Francisco. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial Belo Horizonte, MG, Brasil, v. 4, 2011.

GASQUE, K. C. G. D. **Teoria fundamentada: nova perspectiva à pesquisa exploratória**. 2007.

GALHARDO, L. R.; DA SILVA, L. F. S.; LIMA, Â. S. F. Produtores orgânicos no Brasil e seus organismos certificadores. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**. v. 8, n. 1, p. 37-45, 2018.

GURGEL, F. de L. et al. **Implantação de SAF com espécies frutíferas nativas em área de agricultura familiar**. 2015.

HOMMA, A. K. O., “Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação.” 2014.

KATO, O. R., et al. “Desenvolvimento da produção de frutas em sistemas agroflorestais no estado do Pará.” *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22. 2012, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: SBF, 2012.

MARCONI, Mariana de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo, SP: Atlas S.A., 2003. 311 p.

MARQUES, D. L. et al. **Avaliação da sustentabilidade agrícola de unidades de produção orgânica do estado do Pará**. 2019.

MARINI, F. S., XAVIER, L. H., SILVA, D. V., BARROS, J. R. L., BARBOSA, G. J., SILVA, F. J. A., SILVA, V. Panorama da certificação de produtos orgânicos no Brasil e dos instrumentos nacionais de garantia da conformidade: uma análise a partir do Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos. **Gaia Scientia**, vol. 10, no. 4, p. 574-588. 2016.

PEREIRA DE SOUZA, R.; PEREIRA BATISTA, A. da S.; César, A. As tendências da Certificação de Orgânicos no Brasil. **Estudos Sociedade e Agricultura [en línea]**. v. 27, n. 1, p. 95-117, 2019.

TAVARES, G. dos S. et al. **Análise da produção e comercialização de açaí no estado do Pará, Brasil**. 2022

DESENVOLVIMENTO DE COSMÉTICOS ARTESANAIS, NATURAIS E ECOLÓGICOS À BASE DE MEL E GEOPRÓPOLIS DE ABELHAS SEM FERRÃO

Data de aceite: 02/06/2023

Maria Celeste da Silva Sauthier

Docente de Química do IF Baiano, campus Governador Mangabeira. Doutora em Química Analítica pela UFBA e membro do grupo de pesquisa GEMAS/IF Baiano
<http://lattes.cnpq.br/2889802413220982>

Marília Dantas e Silva

Docente de Biologia do IF Baiano, campus Governador Mangabeira. Doutora em Ecologia pela UFBA e membro do grupo de pesquisa GEMAS/IF Baiano
<http://lattes.cnpq.br/1163368552232979>

Nathalie Araújo Sousa

Técnica em Informática pelo IF Baiano, campus Governador Mangabeira e membro do grupo de pesquisa GEMAS/IF Baiano
<http://lattes.cnpq.br/7556907671317051>

Rodrigo de Souza Silva dos Santos

Graduando da Licenciatura em Biologia – UFRB. Bolsista FAPESB/EMBRAPA Cruz das Almas e membro do grupo de pesquisa GEMAS/IF Baiano
<http://lattes.cnpq.br/9427755716681666>

elaborados artesanalmente, de maneira ecológica à base de mel e geopropolis de abelhas sem ferrão, os meliponíneos. Na primeira fase, foi pesquisado o que já foi publicado em termos de cosméticos à base de mel de abelha sem ferrão, para fundamentar a elaboração de um produto seguro e inovador. Essa pesquisa contemplou também o saber tradicional de comunidades ancestrais, que utilizam o mel, além das pequenas propriedades que vivem da agricultura familiar e empregam a agroecologia também na produção do mel. Na segunda fase, foram definidas as metodologias de elaboração dos cosméticos, que foi realizada em domicílio e eventualmente em laboratórios do IF Baiano, Campus Governador Mangabeira. As práticas foram registradas e a equipe executora realizou reuniões virtuais sempre que necessário. Na terceira fase, foi elaborada uma cartilha, além da conta no Instagram, onde foi realizada a sensibilização sobre a preservação das abelhas sem ferrão, assim como a valorização dos saberes tradicionais e ecológicos na produção artesanal e na bioeconomia, que pode substituir com muitas vantagens o consumo desenfreado de substâncias sintéticas, como os

RESUMO: Este trabalho teve como principal objetivo, a produção de cosméticos naturais

derivados de petróleo, muito usados em cosméticos.

PALAVRAS-CHAVE: Higiene; Meliponíneos; Sustentabilidade.

DEVELOPMENT OF HANDMADE, NATURAL AND ECOLOGICAL COSMETICS BASED ON HONEY AND GEOPROPOLIS FROM STINGLESS BEES

ABSTRACT: This work had as main objective, the production of natural cosmetics elaborated by hand, in an ecological way, based on honey and geopropolis of stingless bees, the meliponines. In the first phase, what has already been published in terms of cosmetics based on stingless bee honey was researched, in order to base the elaboration of a safe and innovative product. This research also included the traditional knowledge of ancestral communities, which use honey, in addition to small properties that live from family farming and employ agroecology in honey production as well. In the second phase, the methodologies for the preparation of cosmetics were defined, which was carried out at home and eventually in laboratories at the IF Baiano, Governador Mangabeira Campus. Practices were recorded and the executing team held virtual meetings whenever necessary. In the third phase, a booklet was prepared, in addition to the Instagram account, where awareness was raised about the preservation of stingless bees, as well as the appreciation of traditional and ecological knowledge in artisanal production and bioeconomy, which can replace with many advantages the unrestrained consumption of synthetic substances, such as petroleum derivatives, widely used in cosmetics.

KEYWORDS: Higiene; Meliponines; Sustainability.

INTRODUÇÃO

Um grupo importante para manutenção e conservação dos ecossistemas são as abelhas (MICHENER, 2000). Em ambientes naturais tropicais, se destacam as abelhas melíferas nativas, que agrupam numerosas espécies de organismos sociais, com comportamentos complexos (NOGUEIRA-NETO, 1997). São conhecidas como abelhas sem ferrão ou meliponíneos (Apidae, Meliponini) e sua ecologia desperta enorme interesse também porque se destacam entre os insetos visitantes de flores nos ecossistemas tropicais (ROUBIK 1989, MICHENER 2000), como a Mata Atlântica (RAMALHO, 2004; SILVA et al., 2013).

Dos produtos fornecidos pelas abelhas, o mel é o mais conhecido. Foi um dos primeiros alimentos do homem, e praticamente todas as civilizações antigas utilizavam-no como alimento e recurso medicinal (ABREU, 2003; MOREIRA & MARIA, 2001). Isso é demonstrado pelo uso do mel e pólen das abelhas, nos períodos pré- hispânicos, e o papel que desempenharam na dieta das comunidades indígenas americanas. Até o século XIX, o mel e a cera eram utilizados na alimentação pelos índios e brancos, e a confecção de velas pelos jesuítas eram provenientes das abelhas sem ferrão (NOGUEIRA-NETO, 1997; CORTOPASSI-LAURINO, 2002). O mel é proveniente das abelhas e algumas vespas, porém

devido a sua domesticação antiga, e por ser originária dos principais países consumidores, a abelha *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) é considerada como principal produtora, apesar da grande diversidade de espécies de abelhas existentes e que produzem mel de boa qualidade, como as abelhas sem ferrão (CARVALHO et al. 2005). Embora produzam mel em menor quantidade, os meliponíneos são importantes por fornecer um produto que se diferencia do mel de *A. mellifera*, principalmente na doçura inigualável, sabor diferenciado mais aromático e propriedades medicinais diferenciadas, o que proporciona alcançar altos preços no mercado (NOGUEIRA-NETO, 1997; CARVALHO et al., 2005).

Com a pandemia do COVID-19, houve um maior destaque para a importância da alimentação saudável e da utilização correta de produtos de limpeza e higiene pessoal na prevenção de doenças. É reconhecido que uma das principais medidas de prevenção ao novo coronavírus, indicada pela Organização Mundial da Saúde, é lavar as mãos com água e sabão. O sabão, por ser uma substância que quebra a gordura, consegue destruir o envelope viral (parte externa do vírus, composta justamente por gordura), matando esses organismos. O álcool em gel a 70% tem sido vendido como uma solução para o combate contra o novo coronavírus, mas o uso excessivo pode gerar outros problemas. Especialistas explicam que o álcool resseca as mãos e reduz a proteção natural do corpo, o que pode ocasionar alergias, deixar a região suscetível a queimaduras e gerar uma porta de entrada para infecções.

O produto é, sim, a melhor alternativa para higienização desde que não seja possível usar água e sabão (FUNDEP, 2020). Um sabão tem a fórmula geral RCO-ONa, onde R é usualmente uma cadeia carbônica contendo de 12 a 18 átomos de carbono. A água, por si só, não remove certos tipos de sujeira, como, por exemplo, restos de gordura. Isso acontece porque as moléculas de água são polares e as de gordura, apolares. O sabão exerce um papel importante na limpeza porque a molécula possui as duas naturezas, no que diz respeito à polaridade: apresenta uma extremidade carregada (que é atraída pela água) e a outra não se solubiliza na água, e dissolve as gorduras por ser apolar. Atualmente, o sabão é obtido de gorduras (de boi, de porco, de carneiro, ou de óleos (de algodão, de vários tipos de palmeiras). A hidrólise alcalina de glicérides é denominada, genericamente, de reação de saponificação porque, numa reação desse tipo, quando é utilizado um éster proveniente de um ácido graxo, o sal formado recebe o nome de sabão (BARBOSA et al, 1995).

Nas comunidades tradicionais, em especial, as rurais, a prática da produção artesanal do sabão ainda é realizada, prioritariamente, por mulheres, utilizando óleos vegetais e gorduras animais, misturadas a soda cáustica e ervas aromáticas. Como os sabões, os detergentes contêm uma parte orgânica com um grupo com carga na extremidade da cadeia. Quando os detergentes têm cadeias com carga positiva, são denominados catiônicos; quando a carga é negativa, são aniônicos; quando não têm carga são não-iônicos, e quando possuem uma carga negativa e outra positiva são chamados detergentes anfóteros. Os xampus são materiais utilizados na limpeza dos cabelos e contêm em suas

formulações um ou mais tipos de detergentes sintéticos (além de outras substâncias, tais como perfumes, conservantes, espessantes) que têm como função, remover a gordura do cabelo.

Os detergentes sintéticos catiônicos são usados como condicionadores capilares e tem como função reduzir a fricção entre os fios e, conseqüentemente, a eletrização estática, deixando os cabelos mais macios e fáceis de pentear (BARBOSA et al,1995). Os detergentes sintéticos e os sabões envolvem em sua fabricação uma base forte (hidróxido de sódio ou de potássio), e isso faz com que suas formulações apresentem um pH (medida da acidez e basicidade de um material) acima de 7 (alcalino). Além disso, os sabões podem reagir com a água, fazendo com que também o meio se torne alcalino. A maior parte dos xampus modernos, denominados xampus ácidos balanceados, contêm em suas formulações ingredientes ácidos cuja função é manter o pH do cabelo lavado próximo de seu pH natural. Este efeito é obtido, por exemplo, adicionando-se à formulação do xampu o ácido cítrico, cuja função é neutralizar os efeitos temporários de xampus alcalinos.

Os condicionadores têm pH baixo (em torno de 3) para neutralizar os efeitos agressivos do shampoo sobre o couro cabeludo (DRAELOS, Z. K., 1991). O uso constante desses materiais pode causar problemas de alergia na pele e danificar os cabelos (BARBOSA et al,1995), além de provocarem desequilíbrios ecológicos e poluição dos mananciais já que ao serem enxaguados vão para a rede de esgotos, que nem sempre executam o tratamento adequado desses resíduos. As embalagens plásticas que também causam grande impacto negativo aos ecossistemas, quando descartadas de forma inadequada, (MARQUES, 2018) podem ser evitadas ao se utilizar o shampoo e condicionador sólido, uma tendência que tem sido seguida por consumidores preocupados com a preservação do planeta Terra, seguindo os princípios da bioeconomia e economia circular (LUZ, 2020).

Assim, é importante a produção de agentes tensoativos (sabões e detergentes) que sejam menos poluentes e agressivos para o corpo humano e a natureza. O sabão natural, elaborado de forma artesanal empregando óleos vegetais com propriedades antioxidantes como os azeite de oliva e dendê e o óleo de coco, pode substituir com vantagens os sabonetes, shampoos e condicionadores comuns vendidos comercialmente em grande escala. A essa formulação básica serão adicionados, de acordo com a finalidade adequada, extratos e óleos essenciais de ervas medicinais como babosa, alecrim, manjeriço, erva-doce, além do extrato do mel de abelhas sem ferrão e geoprópolis. Em substituição aos corantes sintéticos, propõe-se a adição de derivados de plantas, com alto teor de flavonoides que são antioxidantes naturais já reconhecidos na prevenção de várias doenças por combater radicais livres (SAUTHIER et al., 2019) como as antocianinas, pigmentos vermelhos existentes no hibisco e pitanga, por exemplo. Além destes, pode-se empregar também a bixina, extraída do urucum, já utilizada pelos indígenas como pintura e protetor solar e a cúrcuma do açafrão, rico em flavonóis. Como conservante natural, podem ser adicionados componentes do alecrim, como o ácido carnósico e outros antioxidantes como a Vitamina

E o ácido cítrico. O sabão, fabricado de forma artesanal, tem também a vantagem de manter a glicerina que é produzida juntamente com o sabão, incorporada à fórmula. As indústrias, geralmente, retiram essa glicerina pelo seu alto valor comercial. A glicerina é empregada em indústrias tão diversas como cosméticos, alimentos, colchões e explosivos. Tem grande poder como agente umectante, podendo reter a água, sendo assim hidratante tanto para a pele, como para os cabelos. O objetivo do presente trabalho, foi desenvolver uma linha de cosméticos e materiais de higiene como sabonetes, desodorantes e cremes à base de mel e geoprópolis de abelhas sem ferrão (Apidae; Meliponini) além de sensibilizar a comunidade, interna e externa do Campus do IF Baiano Governador Mangabeira, sobre a necessidade da prevenção e cuidados com a saúde, com valorização dos materiais de higiene e das práticas artesanais.

MATERIAL E MÉTODOS

Na primeira fase do projeto, foi avaliado o que já foi publicado em termos de cosméticos à base de mel para fundamentar a elaboração de um produto seguro e que seja inovador. Essa pesquisa contemplou também o saber tradicional de comunidades ancestrais como indígenas e quilombolas, que conhecem e utilizam o mel, além das pequenas propriedades que vivem da agricultura familiar e empregam a agroecologia também na produção do mel de abelhas sem ferrão.

Na segunda fase, foram definidas as metodologias de elaboração dos cosméticos que foram adaptadas à realidade da pandemia que exigiu distanciamento e cuidados extras, não só com o uso dos equipamentos de proteção individual (EPI) comuns nos laboratórios, mas também com aqueles necessários à prevenção do COVID-19, como máscaras e álcool gel. Esta produção foi realizada na residência de cada um dos participantes e eventualmente em laboratórios do IFBAIANO Governador Mangabeira, ou de instituições parceiras como a UFBA e UNEB. As práticas foram registradas e a equipe executora executou reuniões virtuais, sempre que foi necessário.

Para a elaboração dos cosméticos foi realizada a coleta de amostras do mel de espécies de abelhas sem ferrão, como a *Melipona scutellaris*, conhecida popularmente como uruçú, no meliponário do campus do IFBaiano de Governador Mangabeira e em outros pontos previamente selecionados. Os méis foram coletados diretamente dos potes de alimento presentes no interior das colônias, por meio de seringas, para que não ocorressem prejuízos às abelhas e aos próprios potes de alimento. As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro esterilizados e mantidas sob refrigeração para a posterior utilização.

A próxima etapa envolveu o processo de extração dos princípios ativos do mel e de outros constituintes que foram adicionados como ervas medicinais e sementes. A extração será realizada com solventes considerados mais seguros como álcool de cereais e óleos naturais. Em seguida, houve a formulação e elaboração de: extratos diversos; sabonete

líquido e sólido; e desodorantes. A embalagem seguiu os princípios ecológicos evitando ao máximo a utilização de materiais que possam causar danos à natureza. A rotulagem está dentro dos critérios estabelecidos pelos órgãos reguladores.

Na terceira fase, foi criada uma cartilha informativa, além da conta presente no Instagram (GEMAS_IFBAIANO). Nessas mídias foi possível destacar a importância da preservação das abelhas sem ferrão, assim como a valorização dos saberes tradicionais e ecológicos na produção artesanal e bioeconomia, que pode substituir com muitas vantagens o consumo desenfreado de substâncias sintéticas, como os derivados de petróleo, muito usados em cosméticos. Mantém-se as metas futuras, caso o produto seja testado e aprovado, seguindo as leis e regras já existentes, poderemos pensar na solicitação de patentes, além da participação em feiras e congressos e publicações em revistas científicas. Foram testadas receitas para a elaboração de shampoos e condicionadores, mas para estes são necessários recursos como mixer e medidores de pH. Dadas às limitações da verba do projeto, agravadas pela Pandemia, estes produtos não puderam ser finalizados e também podem ser incluídos em um possível desdobramento do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção dos cosméticos foi implantada com uma fase de teste, iniciada em maio de 2021 com a produção de extratos. Foram utilizadas porções secas de frações de várias plantas: erva-doce; alecrim; hortelã; barbatimão; camomila; calêndula, entre outras e álcool de cereais a 98%(v/v), como solvente. Pesou-se em torno de 20 g de material seco e triturado e completou-se a 200g com álcool de cereais. A mistura foi armazenada em frasco escuro de vidro por cerca de 10 dias, fazendo-se a agitação do frasco várias vezes durante esses dias. A mistura foi filtrada em funil de plástico comum tendo como meio filtrante o filtro de papel. O filtrado foi guardado em frasco escuro e rotulado como extrato alcoólico a 10% (m/m).

Também foram preparados extratos alcoólicos de mel e própolis de abelha sem ferrão utilizando-se o mesmo procedimento. Extratos de urucum com óleo de coco e camomila com óleo de babosa também foram produzidos, substituindo-se o álcool de cereais pelos respectivos óleos. No final do mês de maio até novembro de 2021, início-se a produção dos shampoos sólidos. No primeiro teste dos shampoos sólidos utilizou-se como ingredientes principais a babosa e mel. Triturou-se no liquidificador a polpa de babosa, o óleo de babosa e o mel. Aqueceu-se em banho maria ou microondas a base, e acrescentou-se a babosa, já fora do aquecimento. Então foram adicionados os óleos essenciais.

Nessa primeira fase de testes os produtos ficaram muito oleosos e uma parte não solidificou de forma eficiente. O material que não ficou sólido foi novamente aquecido com 100g de sabão de coco ralado e colocada nos moldes. Dessa vez, o produto ficou melhor, solidificou, mas a textura dos produzidos com a base glicerina ficou mais firme.

O cheiro foi considerado agradável. Esses shampoos devem ser recomendados para cabelos secos. Em novembro de 2021, foi instaurada a produção dos sabonetes líquidos e sólidos. Foram realizadas 4 diferentes receitas, todas com a base comum para sabonetes líquidos, diferenciando apenas nos tipos de extratos e óleos essenciais. A 100 mL da base acrescentou-se 80 mL de água filtrada. Adicionou-se 5 mL de extratos vegetais; 5 mL de extrato de própolis; 5 mL de mel de abelhas sem ferrão e 5 mL de óleos essenciais. Os materiais resultantes foram agitados vigorosamente e armazenados em frascos plásticos. Foram testadas várias combinações de extratos e óleos. Observou-se que a adição da própolis deixa o sabão líquido mais leitoso, há perda de transparência, mas as outras propriedades são mantidas. Também foram testadas receitas com a base líquida livre de laurilsulfato de sódio, o resultado foi semelhante sendo que o produto final pode ser considerado mais natural, já que a base não utiliza derivados de petróleo e sim fontes renováveis, como óleos vegetais.

Para a produção dos sabonetes sólidos (Fig.1), empregou-se a base comum glicerizada: transparente, perolada e branca. Também, testou-se a base elaborada apenas com fontes vegetais, que embora mais cara, tenha a vantagem de ser mais natural. Estas bases foram aquecidas em banho-maria e microondas, e adicionou-se: extratos vegetais preparados anteriormente, incluindo os de mel e própolis; óleos essenciais e vitamina E como conservante. Foram testadas diferentes combinações de acordo com as propriedades terapêuticas já estudadas nas diferentes plantas medicinais e óleos essenciais.



Fig. 1: Sabonetes sólidos produzidos com própolis, mel e óleos essenciais.

A seguir, foram realizados os testes para a preparação dos desodorantes naturais

(Fig. 2), de novembro de 2021 e janeiro de 2022. O processo é iniciado com a adição da cera de abelha ralada e o óleo selecionado, que são levados ao fogo, em banho maria, até a fusão total da mistura. Os outros ingredientes são acrescentados misturando-se até resultar um material homogêneo. Por último adiciona-se os óleos essenciais e mistura-se bem (fora do aquecimento). Coloca-se em potes, de preferência de vidro. Foi aprovado por várias pessoas que fizeram uso do desodorante produzido nos testes. A utilização do mixer faz com que o produto final seja mais uniforme. Houve registro de clareamento dos pelos das axilas durante o uso do desodorante. O desodorante produzido com óleo de babosa tem a cor final mais escura que quando se emprega óleo de coco, embora as outras propriedades se mantenham semelhantes.



Fig. 2: Desodorantes naturais produzidos com cera de abelha e o óleo essencial.

Após a elaboração dos cosméticos, confeccionou-se os rótulos que foram impressos e adicionados às embalagens. Com este material, além de toda pesquisa bibliográfica realizada, foi escrito, editorado e publicado uma cartilha (Fig. 3) sobre os cosméticos naturais e ecológicos, assim como previa um dos objetivos do projeto. Nesta cartilha pode-se constatar imagens dos diferentes produtos e receitas com maiores detalhes. Link da Cartilha: <https://drive.google.com/file/d/1-3dfwYmp00eW0CkitjbAZB3wNFRrEzNm/view>.



Fig.3. Capa da cartilha sobre os cosméticos naturais e ecológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os meliponíneos têm importância ambiental amplamente reconhecida, principalmente, pelo serviço indispensável que prestam com a polinização, na manutenção dos ecossistemas naturais e agrícolas, e conseqüentemente, na produção de alimentos. Apesar disso, vem sendo dizimados pelo emprego de agrotóxicos nas monoculturas e destruição dos seus habitats naturais, entre outros fatores. O projeto propôs o desenvolvimento de cosméticos naturais produzidos manualmente à base de mel e geopropolis de abelhas sem ferrão, e outros materiais conhecidos pelas comunidades tradicionais como ervas, sementes e óleos naturais, desenvolvendo materiais de higiene como sabonetes, desodorantes e cremes. A proposta é que esses materiais possam ser desenvolvidos com segurança e com poucos recursos, empregando como matéria prima o mel de abelhas de ferrão e outros insumos já conhecidos pelas comunidades tradicionais como ervas, sementes e óleos naturais, tendo o cuidado de seguir os princípios da Química verde e dando preferência a materiais ecologicamente adequados em todas as etapas da fabricação.

REFERÊNCIAS

ABREU, B. X. Avaliação físico-químico e microbiológica de méis não inspecionados comercializados no Estado do Rio de Janeiro. 56f. 2003. Monografia. Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, 2003.

BARBOSA A. B et al. Xampus; Química nova na escola. N° 2, novembro, 1995.

CARVALHO, C. A. L.; SOUZA B. .; SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L.C.; ALVES, R. M. O. 2005. Mel de abelhas sem ferrão: contribuição para a caracterização físico-química - Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI-BA. Série Meliponicultura. 32 p.

CORTOPASSI-LAURINO, M. Abelhas em agronegócios. In: VI Seminário Nordestino de Pecuária - Apicultura, Fortaleza-CE, 2002, Fortaleza-CE, 2002. p. 5-11.

DRAELOS, Z. K. Cosméticos em dermatologia. Tradução por Valquiria M. F. Settineri. Porto Alegre: Editora Artes Médicas, 1991. p. 76-87.

FLEXQUEST. UFRPE. Origem histórico científica do sabão. Disponível em: Acesso em: 21/09/2020, às 15h.

FUNDEP. Coronavírus: Saiba o que torna o sabão eficiente contra vírus. Disponível em: Acesso em: 21/09/2020, às 15h.

LUZ, L.L. Direito á emancipação sustentável ou obsolescência humana? Salvador, Editora PG, 2020. p.50-51

MARQUES, L. Capitalismo e Colapso Ambiental. Campinas: Editora da UNICAMP, 2018. p.210-211.

MICHENER, C.D. 2000. The Bees of the World. Baltimore, Johns Hopkins university. 913p.

MOREIRA, R. F. A.; MARIA, C. A. B. Glicídios no mel. Quim. Nova, v. 24, n. 4, p. 516-525, 2001.

NOGUEIRA-NETO, P. Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão. São Paulo: Nogueirapis. 1997. 446 p.

RAMALHO, M. 2004. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. Acta bot. bras. 18: 37-47.

ROUBIK, D.W. 1989. Ecology and Natural History of Tropical Bees. [Cambridge]: Cambridge Univ. Press, 514p.

SAUTHIER, M.C.S. et al, Screening of *Mangifera indica* L. functional content using PCA and neural networks (ANN), Food Chemistry 273 (2019) 115–123.

SAUTHIER, MARIA CELESTE DA SILVA Cosméticos naturais e ecológicos à base de mel e geoprópolis / Maria Celeste da Silva Sauthier; Marília Dantas e Silva; Nathalie Araújo Sousa. -- Governador Mangabeira: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Governador Mangabeira, 2022. 20 p. il. ISBN 978-65-00-42247-4.

SILVA, M.D., RAMALHO, M. & MONTEIRO, D. (2013). Diversity and habitat use by stingless bees (Apidae) in the Brazilian Atlantic Forest. Apidologie 44: 699-707.

CAPÍTULO 8

Baculovirus anticarsia: MODO DE AÇÃO, USO, EFICIÊNCIA, MERCADO ATUAL, PRODUTOS REGISTRADOS NO BRASIL E APLICAÇÃO

Data de submissão: 20/03/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Ivy Laura Siqueira Saliba Machado

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<https://orcid.org/0000-0001-6732-4112>

Juliete de Sousa Oliveira

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<https://orcid.org/0000-0002-6876-9823>

Brenda Karina Rodrigues da Silva

Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”,
Agronomia (Entomologia Agrícola)
Jaboticabal – São Paulo
<https://orcid.org/0000-0002-3814-3475>

Diego Lemos Alves

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<https://orcid.org/0000-0002-1442-5531>

Thayná da Cruz Ferreira

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<https://orcid.org/0000-0001-5964-3930>

Josiane Pacheco de Alfaia

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<https://orcid.org/0000-0003-0453-1696>

Helton Bastos Machado

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<https://orcid.org/0000-0002-1948-3108>

Alessandra Jackeline Guedes de Moraes

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<https://orcid.org/0000-0003-0960-3919>

Gledson Luiz Salgado de Castro

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<https://orcid.org/0000-0002-3126-6720>

Telma Fátima Vieira Batista

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<https://orcid.org/0000-0001-6638-4578>

RESUMO: A utilização do manejo de pragas em plantas, por agentes biológicos, vem ganhando maior espaço nas áreas de produção, mundialmente. Os microrganismos são facilmente encontrados na natureza, sendo os vírus da família baculoviridae um dos mais estudados, pois permitem a manutenção da taxa populacional dos insetos abaixo do nível de dano econômico. Além de possuírem diversas vantagens sobre os inseticidas químicos, como alta especificidade ao hospedeiro e não prejudicial aos insetos benéficos, além disso, é produzido no próprio hospedeiro, diminuindo os custos dos reagentes de laboratório. A ação dos baculovírus é lenta levando mais tempo para controlar a praga, contudo tão eficiente quanto os inseticidas químicos. As lagartas infectadas apresentam perda de apetite, geotropismo negativo, clareamento da epiderme, devido ao acúmulo de vírus nas células da epiderme e tecido adiposo, além de mobilidade reduzida e tornam-se escuras devido à desintegração do tecido interno que se rompe extravasando o conteúdo corporal, e atua como fonte de recontaminação. Portanto, a demanda crescente por produtos alternativos controladores de pragas viabiliza a produção de alimentos mais “limpos” para o mercado, favorecendo agricultura sustentável e menor contaminação do meio ambiente. Diante disso, a presente revisão literária tem objetivo de descrever sobre o mecanismo de ação e eficiência em campo de *Baculovirus anticarsia*, bem como mercado atual, produtos registrados no Brasil, modo de aplicação e desafios.

PALAVRAS-CHAVE: microrganismos, baculovírus, controle biológico, *Baculovirus anticarsia*.

Baculovirus anticarsia: MODE OF ACTION, USE, EFFICIENCY, CURRENT MARKET, PRODUCTS REGISTERED IN BRAZIL AND APPLICATION

ABSTRACT: The use of pest management in plants, by biological agents, has been gaining more space in production areas worldwide. Microorganisms are easily found in nature, and the viruses of the baculoviridae family are one of the most studied, as they allow the maintenance of the insect population rate below the level of economic damage. In addition to having several advantages over chemical insecticides, such as high specificity to the host and not harmful to beneficial insects, in addition, it is produced in the host itself, reducing the costs of laboratory reagents. The action of baculoviruses is slow, taking longer to control the pest, yet as efficient as chemical insecticides. Infected caterpillars show loss of appetite, negative geotropism, skin lightening, due to the accumulation of virus in the epidermis cells and adipose tissue, in addition to reduced mobility and become dark due to the disintegration of the internal tissue that ruptures, spilling the body contents., and acts as a source of recontamination. Therefore, the growing demand for alternative pest control products makes it possible to produce “cleaner” food for the market, favoring sustainable agriculture and less contamination of the environment. Therefore, this literature review aims to describe the mechanism of action and efficiency in the field of *Baculovirus anticarsia*, as well as the current market, products registered in Brazil, application method and challenges.

KEYWORDS: microrganismos, baculovirus, biological control, *Baculovirus anticarsia*.

1 | INTRODUÇÃO

Mundialmente a demanda por produtos biológicos para o manejo de pragas vem

crescendo nos últimos anos (BAKER et al., 2020). O interesse por práticas de controle natural e biológico por parte dos agricultores se deve, principalmente, ao aumento dos custos dos produtos químicos, a preocupação com a resistência dos insetos e o ressurgimento de novas pragas, após aplicações não seletivas de inseticidas (GLARE et al., 2012). E, devido ao recente relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), que tratou do direito à alimentação, relatando que o uso de pesticidas na agricultura moderna ameaça os direitos humanos em função de seus impactos na saúde humana, no meio ambiente e na sociedade.

A implementação de métodos de Controle Biológico começou a tomar visibilidade no Brasil na década de 1960, com a implantação dos programas de pós-graduação em estudos em entomologia, mobilizando estudantes e pesquisadores para implementação do MIP (Manejo Integrado de Pragas) (PARRA, 2014). O MIP surgiu como resposta da comunidade científica para solucionar problemas oriundos do uso indiscriminado de pesticidas.

A abordagem MIP é definida como combinação de métodos integrados para o controle de pragas, visando critérios econômicos, ecológicos e sociais (PARRA, 2014). Dentre as novas tecnologias no controle biológico de pragas tem-se a utilização de microrganismos vivos (fungos, bactérias, microsporídios e vírus), animais microscópicos (nematóides) e microrganismos (predadores e parasitóides, insetos e ácaros) ou produtos naturais derivados desses organismos (BETTIOL, 2011). Todos fundamentais e que podem ser aplicados em qualquer cultura, como frutíferas, hortaliças, grãos, sementes, gramíneas e outros.

Os baculovirus são vírus de DNA de fita dupla circular, pertencente à família Baculoviridae. O nome baculovírus é derivado da morfologia dos nucleocapsídeos em forma de bastão (báculo, do latim baculum, significa bastão, haste) (FEDERICI, 1997). Das 73 famílias de vírus conhecidas, os vírus patogênicos de insetos foram descritos em 13 famílias (MURPHY et al., 1995). Entre essas 13 famílias, a família Baculoviridae é a que apresenta maior virulência para muitas ordens de insetos, incluindo Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera, Orthoptera, Isoptera e Neuroptera (KUMARI et al., 2021). Apresentam especificidade a artrópodes (MARTÍNEZ-SOLIS et al., 2019).

Portanto, como são específicos aos seus hospedeiros, o uso de vírus patogênicos no controle de pragas, é classificado como um método de controle não agressivo ao ambiente e nem à biodiversidade, visto que os vírus utilizados apresentam alto grau de especificidade, ou seja, só são capazes de parasitar apenas uma ou algumas espécies de insetos intimamente relacionadas (SANCHES et al., 2021).

O *Baculovirus anticarsia* é um dos exemplos de agente biológico de controle. Trata-se de um vírus capaz de controlar *Anticarsia gemmatallis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida como a lagarta-da-soja, a principal e mais comum praga causadora de desfolha direta da cultura da soja. Na década de 1980, o *B. anticarsia* foi aplicado em mais de dois milhões de hectares para controlar *A. gemmatallis* em soja (BETTIOL, 2011). Atualmente

B. anticarsia apresenta produtos registrados para o controle de *A. gemmatilis* (lagarta-da-soja) e para *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) (Lagarta-do-algodão) (AGROFIT, 2022). O nucleopoliedrovírus (NPV) da lagarta da soja, *A. gemmatilis*, é o pesticida viral mais utilizado e aplicado anualmente em aproximadamente um milhão de hectares de soja no Brasil. O vírus é produzido diretamente nos campos de agricultores, para reduzir os custos de criação (KUMARI et al., 2021)

Diante do exposto, esta revisão objetivou apresentar o uso de *B. anticarsia* no controle biológico atual, modo de ação, principais usos, eficiência de controle, aplicação, produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e o cenário do mercado atual.

2 | MODO DE AÇÃO

Os baculovírus utilizados em programas de controle biológico de pragas, são patogênicos para cerca de 700 spp. de invertebrados incluindo Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Thysanura, Neuroptera, além de Crustacea (NIU, et al., 2018; JAIN, et al., 2020; WAN VALICENTE et al., 2021; KUMARI et al., 2021). Os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios que contém DNA ou RNA encapsulado em uma capa de proteína, chamada capsídeo, que forma os vírions ou nucleocapsídeos, e apresentam capacidade de autorreplicação dentro de células vivas (KUMARI et al., 2021).

Os baculovírus fazem parte da família Baculoviridae e possuem DNA de fita circular (VALICENTE; TUELHER, 2009). Membros da família Baculoviridae são hospedeiros específicos de artrópodes que não possuem homologia com qualquer outro vírus encontrado em organismos como plantas, animais, fungos e bactérias, infectando apenas uma ou algumas espécies de insetos intimamente relacionados. A especificidade está intimamente ligada à patogênese da família do vírus (CASTRO et al., 2020).

Os membros da família Baculoviridae são divididos em dois grupos com base em sua morfologia denominada corpo de oclusão (“occlusion body”; OB): nucleopoliedrovírus (NPV) e granulovírus (GV), os quais atuam no intestino médio dos insetos (VALICENTE; TUELHER, 2009). O NPV tem OV (vírus ocluído) maiores que contém muitas partículas ODV (vírus derivado de oclusão), enquanto a forma OV de GV (chamadas grânulos) é menor e contém uma única partícula ODV (HERNIOU et al., 2003). São agrupados em quatro gêneros conforme a ordem de insetos a que pertencem: Alphabaculovirus (NPVs de lepidópteros), Betabaculovirus (GVs de lepidópteros), Gammabaculovirus (NPVs de himenópteros) e Deltabaculovirus (NPVs de dípteros) (JEHLE et al., 2006). São inofensivos ou incapazes de se replicar em microrganismos, culturas de células não-insetos de invertebrados, cultura de células de vertebrados, plantas não-artrópodes, invertebrados (CASTRO et al., 2020) e meios de cultura.

O processo de infecção viral é caracterizado pela produção de dois fenótipos virais:

ODV (“occlusion derived virus”, vírus derivado de oclusão) e BV (“budded virus”, vírus brotado) (SOSA-GÓMEZ et al., 2020). O ODV é responsável pela infecção primária no intestino médio do inseto, enquanto os BVs são responsáveis pela infecção secundária ou sistêmica, de célula a célula. Os ODVs ficam encapsulados dentro de uma matriz cristalina protéica (OB), que protege os vírus das adversidades ambientais (SANCHES et al., 2019; SOSA-GÓMEZ et al., 2020).

A infecção inicial ocorre quando um inseto hospedeiro (suscetível) ingere os OBs que estão presentes naturalmente no ambiente ou que foram pulverizados na lavoura. A matriz proteica (OBs), diante do pH alcalino do intestino médio do hospedeiro (pH 8,0), se dissolve e liberam os ODVs no intestino médio da lagarta, atravessam a membrana peritrófica por difusão direta e infectam as microvilosidades das células epiteliais, destruindo a membrana interna do intestino de lagartas (infecção primária), posteriormente, ocorre o desrevestimento dos ODVs antes de passar pelos poros nucleares. A infecção ocorre no núcleo das células onde se replica, que passam a produzir os BVs e infectar as células adjacentes (infecção secundária ou sistêmica) (SANCHES et al., 2019; KUMARI et al., 2021).

Os BV ligam-se a muitos tipos celulares diferentes e entram por endocitose, onde a fusão das membranas virais e endossomais resulta na liberação do nucleocapsídeo no citoplasma. O nucleocapsídeo viaja para o núcleo (N) e entrega o material genético viral. O vírus ocluído (OV) acumula-se posteriormente nos núcleos das células infectadas e consiste em ODV envelopados que são incorporados em uma matriz paracristalina. Ao entrar no intestino médio do hospedeiro lepidóptero, a matriz OV se dissolve, liberando ODV que se ligam e entram nas células epiteliais do intestino médio por fusão direta entre as membranas viral e plasmática. No caso de vírus com envelope múltiplo, como AcMNPV, alguns nucleocapsídeos viajam para o núcleo enquanto outros viajam através da célula epitelial e brotam da superfície basal como BV. O BV que é produzido deve então atravessar a lâmina basal para entrar com sucesso no hospedeiro (CLEM, 2005).

A ação sistêmica, se dá com a ruptura da membrana peritrófica, e então a infecção se espalha pela hemolinfa do inseto (sistema circulatório) e/ou sistema respiratório (traquéias) (SOARES; RIBEIRO, 2005). O vírus codifica enzimas que ajudam na degradação dos tecidos do inseto, incluindo uma quitinase e uma protease semelhante à catepsina. A expressão dessas enzimas é necessária para a fusão ou liquefação do cadáver do inseto, o que auxilia na dispersão do OV no ambiente (CLEM, 2005).

As lagartas são mais susceptíveis à infecção viral durante os primeiros estágios larvais (FEDERICI, 1997). Após a morte do inseto, o seu corpo se liquefaz e libera novamente no ambiente os poliedros virais, perpetuando a infecção em novos hospedeiros. Os sintomas mais evidentes apresentados pelas lagartas infectadas por baculovírus, é em relação a cor, inicialmente adquirem cor branca, amarelada ou muito escura e lentidão na movimentação. As lagartas são encontradas penduradas no dossel superior das plantas,

apresentam corpo mole em condição de “murcha de lagarta”. Após a infecção por vírus, a lagarta cessa sua mobilidade/alimentação em até 4 dias após o consumo, levando a morte dentro de 7 dias em condições ambientais favoráveis, e até 3-4 semanas em condições não favoráveis (KUMARI et al., 2021).

3 | USO E EFICIÊNCIA

O manejo de insetos-praga é realizado, comumente, com uso de insumos químicos que, na maioria das vezes, são aplicados de forma abusiva e indiscriminada, desencadeando uma série de problemas, como desequilíbrio biológico com a eliminação de inimigos naturais e surgimento de pragas secundárias ou novas pragas, resistência de pragas, além dos problemas socioambientais (PEDIGO & RICE, 2014). Entretanto, essa realidade vem sendo mudada ao decorrer dos últimos anos, com a utilização de métodos alternativos como o uso do controle biológico, tornando-se crucial para a diminuição das consequências indesejáveis provenientes do uso de inseticidas químicos.

Os baculovírus ocorrem naturalmente no campo e infectam as larvas que se alimentam de folhas contaminadas. Devido a sua alta virulência e especificidade ao inseto-hospedeiro, os baculovírus tornam-se uma ferramenta promissora e em constante avanço no manejo de pragas agrícola, sendo uma alternativa biológica aos inseticidas químicos (MOSCARDI et al., 2011)

Além de possuírem diversas características atrativas, os baculovírus são fáceis de manipular (O'REILLY et al., 1994), capazes de transportar grandes e múltiplas inserções de DNA (CHESHENKO et al., 2001). Podem ser prontamente produzidos e purificados em níveis elevados, além da incapacidade inerente de se replicar em células de mamíferos e a baixa citotoxicidade os tornam candidatos potencialmente seguros para entrega de genes terapêuticos (BIENIOSSEK et al., 2012)

Os tipos de progênes infecciosas que o baculovirus possui são dois: um é responsável pela transmissão de inseto para inseto, sendo uma forma oclusa do inseto e outra, responsável pela transmissão de célula para célula em um mesmo indivíduo, referindo-se a forma não oclusa (VALICENTE; TUELHER, 2009).

Os corpos de oclusão representam uma forma de proteção, permitindo que os vírus desse gênero resistam a condições ambientais fora do hospedeiro. Até ocorrer a dispersão para a superfície das folhas da planta por meio da ação do vento, chuva ou outros artrópodes, podem permanecer em solos ácidos ou neutros por meses ou até anos. Em uma matriz proteica, a oclusão dos vírus garante a proteção de partículas infectantes, que são responsáveis pela transmissão de inseto para inseto, enquanto a forma não ocluída possui a função de transmitir de célula para célula (BISSARD; ROHRMANN, 1990). Os genes responsáveis pela codificação das proteínas de oclusão são bem conservados entre os baculovírus do mesmo gênero.

Algumas proteínas produzidas pelos baculovírus auxiliam no processo infeccioso. Na fase tardia é produzida a quitinase e a cisteína-protease, que atuam na dissolução dos tecidos do inseto, rompendo a cutícula larval e liberando os poliedros (HAWTIN et al., 1997).

A preparação e utilização de baculovirus como agentes de controle de pragas foram facilitadas pelo fato de incorporarem partículas infecciosas em corpos de oclusão proteicos (OBs), que conferem nível de estabilidade ao vírus e podem ser dispersos com os mesmos equipamentos e métodos utilizados para aplicação dos inseticidas químicos (THOMPSON et al., 1981). Os OBs, também conhecidos como poliedros ou grânulos, ocorrem em ambientes onde as larvas do hospedeiro se alimentam. Os OBs de alfabaculovírus e betabaculovírus têm sido utilizados com mais frequência em formulações de biopesticidas para controle de lagartas da ordem Lepidoptera.

Entretanto, o sucesso de multiplicação do Baculovirus depende da quantidade ingerida, temperatura, nutrição, caráter físico e idade das larvas e, a infecção, se dá nos estágios larvais dos insetos, pois o potencial da patogenicidade do Baculovirus depende da idade das larvas (SUKIRNO et al., 2018). De acordo com VALICENTE; CRUZ (1991) a fase larval é a única suscetível à infecção, que uma vez aplicado na cultura hospedeira, infecta as lagartas que se alimentam das folhas contaminadas, iniciam-se a replicação, espalhando-se por todo o corpo do inseto, cessando as atividades em cerca de 4 dias após o consumo, provocando a morte, que geralmente ocorre de seis a oito dias após a ingestão.

O controle biológico baseado em baculovirus têm sido efetivo contra pragas como a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) (SIMONATO et al., 2014), lagarta do algodão (*Helicoverpa zea* e *Helicoverpa armigera*) (SRINIVASA et al., 2008), lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*) (CORRÊA et al., 2012; DINIZ et al., 2018), traça das maçãs (*Cydia pomonella*) (VINCENT et al., 2007), mariposa cigana (*Lymantria dispar*) (COOK et al., 2003), mandarová da mandioca (*Erinyis ello*) (BELLOTTI et al., 1999) e a lagarta do álamo (*Condylorrhiza vestigialis*) (MACHADO, 2006).

De acordo com Murray et al., (1995), a disseminação de baculovírus na população do hospedeiro depende de pelo menos três dias sob temperatura de 25°C, não apresentando interferência na alimentação do inseto. MATRANGOLO (2003) relatou que as lagartas apresentam pequena capacidade de ingestão do vírus por consequência ocorre pouca replicação. Para MOSCARDI (1999), a inibição viral em temperaturas baixas ou elevadas pode estar relacionada ao efeito sobre a taxa de alimentação do inseto e sobre o mecanismo de penetração do vírus. O mesmo autor, observou que para *A. gemmatalis*, em regiões de baixa temperatura ocorreu prolongamento do período de incubação de *B. anticarsia*, além de menor mortalidade das lagartas.

Os sintomas mais evidentes apresentados pelas lagartas infectadas por baculovirus são perda de apetite, geotropismo negativo, clareamento da epiderme devido ao acúmulo de vírus nos núcleos das células da epiderme e tecido adiposo (RIBEIRO; SOUZA, 1998).

As lagartas infectadas apresentam mobilidade reduzida e por fim tornam-se escuras, devido à desintegração do tecido interno, que se rompe ao menor contato quando ocorre o extravasamento do conteúdo corporal (CRUZ, 1998), atuando como fonte de recontaminação.

Após o rompimento do corpo do inseto, grande quantidade do vírus recai sobre as folhas, fazendo com que, muitas vezes, uma só aplicação do vírus seja suficiente para exercer controle durante toda a safra (VALICENTE, 2019; KUMARI et al., 2021). Apesar de apenas uma aplicação ser suficiente para uma safra, as lagartas mortas contaminadas pelo vírus também podem ser coletadas e utilizadas para nova aplicação (SOUSA et al., 2018).

4 | PRODUTOS REGISTRADOS NO BRASIL

Os bioinsumos são produtos à base de microrganismos, podendo ser fungos, bactérias ou vírus, utilizados na prevenção ou controle de insetos-praga e/ou fitopatógenos, estes produtos são desenvolvidos visando a eficácia, viabilidade e segurança para o manejo em variados sistemas de cultivo (IWANICKI et al., 2022). Os produtos à base de vírus apresentam alta seletividade, especificidade e longevidade de ação no controle de lagartas (SANCHES et al., 2021).

Os bioinsumos à base de vírus destinados a aplicação na cultura da soja, visam o controle de lagartas desfolhadoras, pertencem à família Baculoviridae, suas nomenclaturas estão de acordo com o hospedeiro em que foram isolados, e possuem maior número de representantes com potencial para uso no desenvolvimento de bioinseticidas (QUINTANA; SALVADOR, 2020). Na cultura da soja atuam sobre lagartas desfolhadoras, como a lagarta-da-soja (*A. gemmatalis*) e o baculovírus isolado recebe o nome de nucleopoliedrovírus *Anticarsia gemmatalis* (AgMNPV) (IWANICKI et al., 2022).

Os baculovírus possuem elevado potencial para serem utilizados como agente de controle biológico em larga escala, com alta patogenicidade e virulência contra insetos-praga e alta segurança ao meio ambiente e seres humanos (CABALLERO; WILLIAMS, 2008; RUIZ et al., 2021). Segundo QUINTANA; SALVADOR (2020), os vírus entomopatogênicos representam alternativa segura e eficaz ao uso de inseticidas químicos convencionais de amplo espectro e mínimo impacto ambiental.

A produção de produtos microbianos consiste na seleção de isolados em laboratório a partir de testes para comprovar a eficácia e rendimento em campo, devendo mostrar-se satisfatório. Diversos parâmetros são exigidos para o controle de qualidade de produtos à base de microrganismos, como identidade do microrganismo, concentração de unidades infectivas por kg ou L da preparação ou formulação, virulência das unidades infectivas, natureza e teor de contaminantes, vida de prateleira em temperatura representativa e características físico-químicas associadas ao produto (JENKINS et al., 1998; JENKINS; GRYWACZ, 2000; RAVENSBERG, 2011; FARIA et al., 2022).

Os parâmetros de produção e os protocolos devem ser seguidos rigorosamente, a fim de garantir a eficiência da produção por meio de um controle de qualidade, garantindo a reprodutibilidade do processo, padronização do produto, segurança ao ambiente e ao ser humano, a eliminação ou redução de contaminantes a níveis aceitáveis e a eficácia em campo (IWANICKI et al., 2022).

No Brasil, a regulamentação da fabricação, registro ou o uso de pesticidas se tornou mais rigorosa devido aos impactos negativos ao meio ambiente e à saúde, visando reduzir a utilização de produtos químicos em detrimento ao uso de produtos biológicos (HAASE et al., 2015).

A avaliação de produtos biológicos é realizada pela mesma regulamentação utilizada para o registro de pesticidas químicos, produtos à base de baculovírus se enquadram no grupo (3) Microbiológicos: pesticidas com agentes microbianos (fungos, bactérias, vírus). Existem apenas quatro produtos fitossanitários à base de baculovírus registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), no Brasil, e estão disponíveis para o controle da lagarta-da-soja (Quadro 1).

Os produtos biológicos são regulamentados pela Lei de agrotóxicos (Lei 7.802/89) e por decretos e especificações de referências para essa classe de defensivos, além disso, três agências governamentais controlam a avaliação e o registro dos produtos destinados ao controle biológico, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) (MAPA, 2021).

É importante destacar que o nucleopoliedrovírus *Anticarsia gemmatalis* (AgMNPV) recebe destaque mundial por sua eficiência comprovada desde a década de 1980, mantendo o sucesso devido aos seu alto nível de controle (MOSCARDI, 1999; DEL-ANGEL et al., 2018; MACIEL et al., 2022).

Produto	Ingrediente ativo (grupo químico)	Titular de registro	Formulação	Classificação	
				Toxicológica	Ambiental
Baculovirus AEE	<i>Baculovirus anticarsia</i> (Prod. Microbiológico)	Associação dos Empregados da Embrapa – AEE/CNPSoja	WP – Pó molhável	IV	IV
Baculovirus Soja WP	<i>Baculovirus anticarsia</i> (Prod. Microbiológico)	Bosquioli e Santos Ltda.	WP – Pó molhável	IV	IV
Grap Baculovirus	<i>Baculovirus anticarsia</i> (Prod. Microbiológico)	Agrocete Industria de Fertilizantes Ltda.	WP – Pó molhável	IV	IV
Verpavex	<i>Baculovirus anticarsia</i> (Prod. Microbiológico)	Andermatt do Brasil Soluções Biológicas Ltda. -ME	SC – Suspensão concentrada	Não	IV

Quadro 1. Produtos fitossanitários registrados no Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA a base de *Anticarsia gemmatalis*

Fonte: AGROFIT, 2022a. Classificação Toxicológica IV – pouco tóxico; Classificação Ambiental IV – produto pouco perigoso ao meio ambiente.

5 | MODO DE APLICAÇÃO

Com o aumento expressivo do consumo dos produtos biológicos em grande escala na agricultura brasileira, existe a necessidade de estudar os sistemas de aplicação para obter um melhor aproveitamento das potencialidades tecnológicas. Contudo, é importante compreender as limitações desses produtos, que são formulados a partir de vírus, fungos, bactérias e seus metabólitos inseridos na agricultura.

A partir disso, é possível observar que a natureza dos produtos biológicos lhes confirma características desejáveis, como a seletividade, menor risco ao consumidor e prolongado efeito residual, no entanto, a natureza biológica também os tornam mais dependentes das condições ambientais para que possa garantir estabilidade e eficiência quando comparados a produtos químicos (KUMAR et al., 2011; BLACK et al 2017). Entretanto, produtos biológicos, como o baculovírus, demandam maior atenção em relação às condições especiais de aplicação em relação à cultura, fatores climáticos e biológicos (CORY; EVANS, 2007).

Os defensivos biológicos à base de baculovirus só apresentam a infecção quando ocorre o processo de ingestão, sendo assim, a eficácia irá depender de como ocorre a deposição e a cobertura nas superfícies vegetais, de tal modo, que haja a permanência por um período satisfatório, para que as lagartas possam consumir o alimento suficiente, visando ter dose letal do inseticida (VALICENTE, 2019).

No geral, para baculovirus as temperaturas excessivas, umidade relativa baixa e radiação solar ultravioleta são os fatores que reduzem a efetividade desses agentes (TAZZO et al, 2008). Condições estas que são observadas principalmente quando as temperaturas estão mais elevadas durante o dia, ocorrendo, sobretudo, no estrato superior do dossel da cultura, locais que são depositados maior volume de gotas e produtos pelos sistemas tradicionais de aplicação (AZEVEDO, 2003; BOLLER et al., 2011)

A produção caseira de baculovírus ocorre a partir da coleta de lagartas mortas na área. As lagartas necessitam passar por processo de assepsia utilizando-se água corrente e armazenadas em congelador a -20 °C, até que ocorra a sua utilização, e estas, terão viabilidade de até um ano e meio, após o descongelamento, entretanto, a utilização deve ocorrer de forma imediata (SOUSA et al., 2018). Para realizar o preparo da aplicação deve ser utilizado o equivalente a 50 a 70 lagartas/ha de tamanhos grandes, que devem ser coletadas entre 7 e 10 dias após a aplicação de baculovírus na lavoura.

Na ocorrência da aplicação, as lagartas congeladas devem ser maceradas e filtradas, posteriormente a diluição do produto em 200 litros de água, volume de calda recomendado para esta aplicação. Se for maior a quantidade de lagartas, pode haver a utilização de liquidificador para triturar os insetos, e se houver necessidade, o líquido deverá ser congelado (GIANI, 2011).

A tecnologia de aplicação, estuda variedades de combinações de pontas de bico, pressão de trabalho, altura da barra, volume de calda, diversas formulações de produtos, as características da água, forma de preparo da água, horário ideal de aplicação, em que estágio se encontra a cultura, condições ambientais e mecanismos auxiliares da barra de pulverização (AZEVEDO; FREIRE, 2006; ANTUNIASSI; BOLLER, 2011). Sendo assim, todos esses fatores resultam em resultados de aplicações, quando se trata de cobertura, distribuição e absorção no dossel, deposição nas partes inferiores e superiores da planta, perdas por evaporação, escorrimento, toxicidade e inconformidades físicas e químicas no tanque de pulverização.

Para potencializar a eficácia do baculovírus, é fundamental conhecer a atuação de cada um dos fatores em busca de proporcionar melhores condições, a fim de aumentar os efeitos dos bioinseticidas ou para diminuir os efeitos ambientais que podem se tornar irreversíveis (CORY; EVANS, 2007; IGNOFFO et al.,1997; 1989). Em meio aos efeitos ambientais, altas temperaturas e a baixa umidade da atmosfera que predominam durante os períodos nos quais são aplicados os baculovírus na cultura da soja.

Segundo Giani (2011), há diversas possibilidades de aplicações a serem feitas com pulverizador, dentre elas, a barra, o canhão e o avião, sendo assim, a quantidade ideal para essa aplicação é de 100 L de calda por hectare. Destaca-se a importância da manutenção regular desses implementos, para que haja melhor eficácia do produto, evitando perdas por entupimento dos bicos.

6 | MERCADO ATUAL

Há demanda crescente por produtos alternativos ditos como promotores de crescimento, controladores de pragas, produtos que viabilizam produção de alimentos mais “limpos” para o mercado, favorecendo assim, a agricultura sustentável para o mundo. Nos últimos anos o aumento de área plantada de algodão, milho de soja teve um crescimento de mais de 87,3%, o que equivale a mais de 227 milhões de toneladas, dando um total de mais de 90% da produção nacional de grãos e esse aumento está diretamente ligada ao emprego de biotecnologia, seleção de sementes geneticamente melhoradas e biopesticidas (SCHUMACHER, 2017; IWANICKI et al., 2022; ARAÚJO, 2022).

A partir de testes realizados com o intuito da comercialização de produtos biológicos à base de *B. anticarsia* durante os anos 90, o uso de AgMNPV como controle biológico da lagarta-da-soja, obteve sucesso na aplicação em aproximadamente 2 milhões de hectares de soja, excitando assim, o uso em países vizinhos, como Uruguai e Paraguai; como consequência do seu sucesso foram viabilizados testes nos EUA, Argentina e Colômbia não somente favorecendo os grandes agricultores, mas também, os pequenos agricultores, pois com a comprovação e formulação no mercado, os mesmos obtiveram acesso produto mais facilmente (SILVA, 1991; BATISTA FILHO et al., 1992; DEL-ANGEL et al., 2018).

Nos últimos 25 anos foram realizadas pesquisas técnicas de MIP buscando diretrizes baseadas na sustentabilidade chegando ao ano de 2020 com a crescente adoção do controle biológico pelos agricultores, movimentando assim o mercado mundial de produtos biológicos o qual movimentou mais de 5 bilhões de dólares, com uma crescente de 14,4% ao ano. A perspectiva até 2026 é que o mercado de biodefensivos chegue a movimentar pelo menos 18,5 bilhões de dólares, crescimento de 74%, segundo relatórios recentes publicados pela empresa de pesquisa de mercado Research and Markets. Atualmente agricultores da União Europeia e dos Estados Unidos são os que mais empregam produtos biológicos para o controle de pragas e doenças (BATISTA FILHO, 1997; ARAÚJO, 2022).

Na América Latina, o Brasil é líder na adoção de produtos biológicos, no ciclo 2020/2021 movimentou cerca de R\$1,7 bilhão, um aumento de 33% na comparação com 2019/20 (CROPLIFE BRASIL, 2021). Apresentando crescimento superior a 30% em relação à média global (14,4%). No Brasil, especula-se faturamento de R \$3,69 bilhões até 2030 no mercado de biológicos, crescimento acima de 107% em vendas (CROPLIFE BRASIL, 2021).

Segundo NEPOMUCENO (2022), o Brasil é o maior produtor de bioinsumos da soja do mundo, fato esse acometido por inúmeras pesquisas destinadas ao combate a pragas, fomentado pelo investimento industrial, adoção da tecnologia por produtores e técnicos, havendo um marco na produção de *Bacillus thuringiensis* e bioinseticidas nos anos de 2013/2014, em decorrência da ineficiência dos defensivos químicos, possivelmente ocasionada pela seleção de indivíduos resistentes. A utilização de defensivos agrícolas

biológicos, permaneceu marginalizado devido a ampla utilização de produtos agroquímicos relativamente de baixo custo, porém, houve aumento na procura por produtos biopesticidas, haja vista, o aumento de custo de produtos químicos e ineficiência em campo (CURIOLETTI, 2021; POLANCZYK et al., 2022).

71 CONCLUSÃO

O otimismo é grande quanto ao crescimento do mercado de biopesticidas no mundo, e o uso do baculovírus como agente de controle, é uma estratégia importante para o manejo integrado de pragas, pois além da eficiência, preserva o meio ambiente, sem causar danos socioambientais, visto que são vírus específicos de insetos, especialmente larvas de lepidópteros.

Apesar do vírus apresentar maior tempo para causar a mortalidade de lagartas, em comparação aos produtos químicos, seu uso deve ser ampliado pelos produtores se utilizado de maneira correta. Cabe incentivar a busca de estratégias de manejo e tecnologias que aumentem a eficiência do vírus, como aplicações preventivas nos estágios iniciais da cultura, seleção de isolados mais virulentos e formulações protetoras.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Consulta de Ingrediente Ativo**. Brasil - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2022. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 28 agos. 2022a.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Brasil - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2022. Disponível em: <<http://www.agrofit.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 20 agos. 2022.

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 88 p., 2011.

ARAÚJO, R. M. de. Análise da Conjuntura atual, Desafios e Oportunidades do Uso do Controle Biológico no Manejo de Resistência de Pragas às Plantas Geneticamente Modificadas de Algodão, Milho e Soja com Tecnologia Bt no Brasil. 112 f. Dissertação (**Mestrado profissional MPAGRO**) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Economia de São Paulo. 2022.

AZEVEDO F. R.; FREIRE, F. C. O. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006.

AZEVEDO, L. A. S. **Fundamentos para o uso racional**. In: **Qualidade da aplicação de fungicidas protetores**. Campinas: Emopi, p. 121-132, 2003.

BAKER, B.P.; GREENB, T.A.; LOKERB, A.J. Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. **Biological Control**, v. 140, p. 2-9, 2020.

BATISTA FILHO, A. Desenvolvimento de Formulações de *Baculovirus anticarsia*. 86 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.

BATISTA FILHO, A.; ALVES, L. F.; AUGUSTO, N. T.; LEITE, L. G.; ALVES, S. E. Avaliação de persistência de duas formulações de *Baculovirus anticarsia* a campo e laboratório. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 21, n. 3, p. 453-62, 1992.

BELLOTTI, A. C., SMITH, L., LAPOINTE, S. L. Recent advances in cassava pest management. **Annual Review of Entomology**, p. 343-370, 1999.

BETTIOL, W. Biopesticide use and research in Brazil. **Outlooks on Pest Management**, v. 22, n. 6, p. 280-283, 2011.

BIENIOSSEK, C.; IMASAKI, T.; TAKAGI, Y.; BERGER, I. MultiBac: expanding the research toolbox for multiprotein complexes. **Trends in biochemical sciences**, v. 37, n. 2, p. 49-57, 2012.

BLACK, J. L. Horizontal Transmission of Helicoverpa armígera Nucleopolyhedrovirus (HearNPV) in soybean Fields infested with Helicoverpa zea (Boddie). Theses and Dissertations (**Master of Science in Entomology**) – University of Arkansas, Fayetteville, AR, 2017.

BOLLER, W.; FERREIRA, C. M.; COSTA, I. D. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja. **Revista plantio direto**. Passo Fundo, n. 121, p. 23, 2011.

CABALLERO, P.; WILLIAMS, T. Virus entomopatógenos. In: DE JACAS, J. A.; URBANEJA, A. **Control Biológico de plagas agrícolas**. Phytoma S. A., Valencia, España, p. 121-135, 2008.

CASTRO, M.E.B. de; RIBEIRO, B.M.; CRAVEIRO, S.R.; INGLIS, P.W.; VALICENTE, F.H. Controle de artrópodes-praga com vírus entomopatogênicos. In: FONTES, E.M.G.; VALADARES-INGLIS, M.C. (Ed.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF, Embrapa, cap. 8, p. 237-273, 2020.

CHESHENKO, N.; KROUGLIAK, N.; EISENSMITH, R. C.; KROUGLIAK, V. A novel system for the production of fully deleted adenovirus vectors that does not require helper adenovirus. **Gene therapy**, v. 8, n. 11, p. 846-854, 2001.

CLEM, R. J. The role of apoptosis in defense against baculovirus infection in insects. **Current Topics in Microbiology and Immunology**, v. 289, p. 113-130, 2005.

COOK, S. P., WEBB, R. E., PODGWAITE, J. D., REARDON, R. C. Increased mortality of gypsy moth *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) exposed to gypsy moth nuclear polyhedrosis virus in combination with the phenolic glycoside salicin. **Journal of Economic Entomology** v. 96(6), p. 1662-1667, 2003.

CORRÊA, M. B.; OLIVEIRA, N. C.; VALICENTE, F. H. Manejo da lagarta-do-cartucho na cultura do milho: Aplicação de *Baculovirus spodoptera* isolado e associado com inseticida. Campo Digital: **Revista de Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v.7, n.1, p. 59-67, 2012.

CORY, J. S.; EVANS, H. F. Viruses. In: **Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology**. Springer, Dordrecht, p. 149-174, 2007.

CROPLIFE BRASIL. **Cresce a adoção de produtos biológicos pelos agricultores brasileiros**. Disponível em:<<https://croplifebrasil.org/noticias/cresce-a-adoacao-de-produtos-biologicos-pelos-agricultores-brasileiros/>>. Acesso em: 28 agos. 2022.

CRUZ, I. A lagarta do cartucho: em frente o principal inimigo do milho. **Revista Cultivar**, v. 21, p. 16-19, 1999.

CURIOLETTI, L.E. Integração de inseticidas biológicos e químicos e tecnologia de aplicação no controle de lagartas da soja. **Tese de doutorado**, Universidade Federal de Santa Maria, 2021.

DEL-ANGEL, C.; LASA, R.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L. A.; MERCADO, G.; BEPERET, I.; CABALLERO, P.; WILLIAMS, T. *Anticarsia gemmatalis* nucleopolyhedrovirus from soybean crops in Tamaulipas, Mexico: diversity and insecticidal characteristics of individual variants and their co-occluded mixtures. **Florida Entomologist**, p. 404-410, 2018.

DINIZ, N. F.; LUSKI, P. G. G.; QUEIROZ, A. P.; SILVA, N. R. A.; BUENO, A. de F.; NEVES, P. M. O. J.; OLIVEIRA, M. C. N. Efficiency of *Baculovirus spodoptera* associated with herbicides in the control of *Spodoptera frugiperda*. **Documentos-Embrapa Soja**, n. 401, p. 27-37, 2018.

FARIA, M.; MASCARIN, G. M.; SOUZA, D. A.; LOPES, R. B. Controle de qualidade de produtos comerciais à base de fungos para o manejo de invertebrados (insetos, ácaros, nematoides). Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, **Documentos**, n. 377, 48 p., 2022.

FEDERICI, B. A. Baculovirus pathogenesis. In: LOIS, M. **The baculoviruses**. New York, Plenum Press, p. 33-59, 1997.

GIANI, V. **Aprenda a produzir em casa o inseticida com baculovírus**. Canal Rural, 14 jan. 2011. Disponível em:< <http://www.canalrural.com.br/especial/rs/lavouras-do-brasil/19,0,3175672,Aprenda-a-produzir-em-casa-o-inseticida-com-baculovirus.html>>. Acesso em: 26 agos. 2022.

GLARE, T.; CARADUS, J.; GELERNTER, G.; JACKSON, J.; KEYHANI, N.; KOHL, J.; STEWART, A. Have biopesticides come of age? **Trends in Biotechnology**, v. 30, n. 5, p. 250-258, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2012.01.003>.

HAASE, S.; SCIOCCO-CAP, A.; ROMANOWSKI, V. Baculovirus inseticides in Latin America: historical overview, current status na future perspectives. **Viruses**, n. 7, p. 2230-2267, 2015.

HAWTIN, R. E.; ZARKOWSKA, T.; AMOLD, K.; THOMAS, C. J.; GOODAY, G. W.; KING, L. A.; POSSEE, R. D. Liquefaction of *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus-infected insects is dependent on the integrity of virus-encoded chitinase and cathepsin genes. **Virology**, v 238, p. 243-253, 1997.

HERNIOU, E.; OLSZEWSKI, J.; CORY, J.; REILLY, D. R. The genome sequence and evolution of baculoviruses. **Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 211-234, 2003.

IGNOFFO, C. M.; GARCIA, C.; SAATHOFF, S. G. Sunlight stability and rain-fastness of formulations of *Baculovirus heliothis*. **Environmental Entomology**, v. 26, n. 6, p. 1470-1474, 1997.

IGNOFFO, C. M.; RICE, W. C.; MCINTOSH, A. H. Inactivation of nonoccluded and occluded baculoviruses and baculovirus-dna exposed to simulated sunlight. **Environmental Entomology**, v. 18, n. 1, p. 177-183, 1989.

IWANICKI, N.; DELALIBERA JÚNIOR, I.; de FARIA, M. R.; LOPES, R.; SANCHES, M.; de SOUZA, M. L.; SÓSA-GOMEZ, D. R. Controle de Qualidade de Produtos Microbiológicos. In: MEYER, M. C.; DE FREITAS BUENO, A. MAZARO, S. M.; DA SILVA, J. C. **Bioinsumos na Cultura da Soja**. EMBRAPA, 550 p., 2022.

- JAIN, R. G.; ROBINSON, K.; ASGARI, S.; MITTER, N. Current scenario of RNAi-based hemipteran control. **Peste Management Science**, v. 77, p. 2188-2196, 2020. <https://doi.org/10.1002/ps.6153>.
- JENKINS, N. E.; GRZYWACZ, D. Quality control of fungal and viral biocontrol agents: assurance of product performance. **Biocontrol Science and Technology**, v. 10, p. 753–777, 2000.
- JENKINS, N. E.; HEVIEFO, G.; LANGEWALD, J.; CHERRY, A. J.; LOMER, C. J. Development of mass production technology for aerial conidia for use as mycopesticides. **Biocontrol News and Information**, v. 19, p. 21N-31N, 1998.
- KUMAR, C. S.; RAO, G. V. R.; SIREESHA, K.; KUMAR, P. L. Isolation and Characterization of Baculovirus from Three Major Lepidopteran Pests in the Semi-Arid Tropics of India. **Indian Journal of Virology**, v. 22, n. 1, p. 29-36, 2011.
- KUMARI, S.; DHANDA, S.; DUMRA, N. Insect pathogenic virus: identification, classification, mode of action and their use in pest management. In: GHONEIM, K. **Advances in Agricultural Entomology**, AkiNik Publications, v. 13, p. 69-82, 2021.
- MACHADO, E. B. Controle de *Condylorrhiza vestigialis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae), a mariposa do álamo, com o uso de *C. vestigialis* multiplenucleopolyhedrovirus em condições de laboratório e campo. Departamento de Ciências Agrárias, UFPR, Paraná. pp.124, 2006.
- MACIEL, R. M. A.; AMARO, J. T.; COLOMBO, F. C.; NEVES, P. M. O.; BUENO, A. F. Mixture compatibility of *Anticarsia gemmatalis* nucleopolyhedrovirus (AgMNPV) with pesticides used in soybean. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 52, n. 2, p. 1-8, 2022.
- MAPA (2021). **Filas de registro de agrotóxicos**. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/filas-de-registro-deagrotoxicos>. Acesso em 29 ago.2022.
- MARTÍNEZ-SOLÍS, M.; HERRERO, S.; TARGOVNIK, A. M. Engineering of the baculovirus expression system for optimized protein production. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 103, p. 113–123, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9474-7>
- MATRANGOLO, W. J. R. Interação de agentes naturais no controle de populacional de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2003. **Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais**, 120f, 2003.
- MOSCARDI, F. Utilização de vírus entomopatogênicos em campo. **Controle microbiano de insetos**, v. 2, p. 509-539, 1998.
- MOSCARDI, F. Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v.44, n.1, p.257–289, 1999.
- MOSCARDI, F.; SOUZA, M. L. D.; CASTRO, M. E. B. D.; MOSCARDI, M. L.; SZEWCZYK, B. Baculovirus pesticides: present state and future perspectives. In: **Microbes and microbial technology**. Springer, p. 415-445. 2011.
- MURPHY, F. A.; FAUQUET, C. M.; BISHOP, D. H. L.; GHABRIAL, S. A.; JARVIS, A. W.; MARTELLI, G. P.; Mayo, M. A. *Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Virus*. Springer, Berlin, 421 p., 1995.

MURRAY, D. A. H.; MONSOUR, C. J.; TEAKLE, R. E.; RYNNE, K. P.; BEAN, J. A. Interactions between nuclear polyhedrosis virus and three larval parasitoids of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Australian Journal of Entomology**, v. 34, n. 4, p. 319-322, 1995.

NEPOMUCENO, A.L. **Bioinsumos na cultura da soja**. DF: EMBRAPA, 550 p., 2022.

NIU, J.; TANING, C. N. T.; CHRISTIAENS, O.; SMAGGHE, G.; WANG, J. J. Rethink RNAi in insect pest control: challenges and perspectives. Cp 1. **Advances in Insect Physiology**, Academic Press, v. 55, p. 1-17, 2018.

O'REILLY, D. R.; MILLER L. K.; LUCKOW, V. A. **Luckov baculovirus expression vectors: a laboratory manual**. Oxford University Press, 347 p., 1994.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 345-355, 2014.

PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. **Entomology and Pest Management**. Long Grove. 2014.

POLANCZYK, R. A.; DO NASCIMENTO, J.; DE FREITAS, M. M.; DO NASCIMENTO, D. D. Manejo de pragas com bactérias entomopatogênicas. c. 21. p. 361. In: MEYER, M.C; DE FREITAS BUENO, A. MAZARO, S. M; DA SILVA, J.C. **Bioinsumos na cultura da soja**. EMBRAPA, 550 p., 2022.

QUINTANA, G.; SALVADOR, R. Virus entomopatogênicos. In: POLAK, L. A.; LECUONA, R. E.; LOPEZ, S. N. **Control biológico de plagas en horticultura: experiencias argentinas de las últimas tres décadas**. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA, Cap. 9, p. 226-248, 2020.

RAVENSBERG, W. J. **A roadmap to the successful development and commercialization of microbial pest control products for control of Arthropods**. Dordrecht: Springer, 386 p., 2011.

RIBEIRO, B.M.; SOUZA, M.L. Taxonomia, caracterização molecular e bioquímica de vírus de insetos. In: ALVES, S. B. (Ed.). **Controle Microbiano de Insetos**, p. 481-507, 1998.

RUIZ, M. L. H.; NAVARRO, N. G. V.; ALVARADO, J. H.; ARELLANO, D. A.; GARCÍA, L. F. G.; CASTRO, M. C. R. Estudio de agentes de control biológicos virales y bacterianos hacia plagas agrícolas. **Jóvenes en la Ciencia**, XXVI Verano de la ciencia, v. 10, p. 1-8, 2021.

SANCHES, M. M.; GUIMARÃES, G. C.; SIHLER, W.; SOUZA, M. L. Successful co-infection of two different baculovirus species in the same cell line reveals a potential strategy for large in vitro production. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 52, p. 1835–1843, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00622-z>

SANCHES, M. M.; SIHLER, W.; SILVA, C. E. P.; GUIMARÃES, G. C.; BENITO, N. P.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; SOUZA, M. L. de. Characterization of a *Chrysodeixis includens* nucleopolyhedrovirus isolate from Brazilian cerrado and assessment of its co-infection with *Anticarsia gemmatalis* multiple nucleopolyhedrovirus. **Agriculture, Agribusiness and Biotechnology**, v. 62, p. 1-17, 2019.

SCHUMACHER, S. de O.R. Visão geral do patenteamento por tipos de defensivos agrícolas e perfil dos principais defensivos importados no Brasil. **Dissertação**, Programas de Pós-Graduação e Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, M. T. B. D. Evaluation of formulated Baculovirus anticarsia. **Ciência Rural**, 21(1), 1-11. 1991. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84781991000100001>

SIMONATO, J., GRIGOLLI, J. F. J., DE OLIVEIRA, H. N. Controle biológico de insetos-praga na soja. Embrapa Agropecuária Oeste-Capítulo em livro científico (**ALICE**), 2014.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; Morgado, F. S.; Corrêa, R. F. T.; Silva, L. A.; Ardisson-Araújo, D. M. P.; Rodrigues, B. M. P.; Oliveira, E. E.; Aguiar, R. W. S.; Ribeiro, B. M. Entomopathogenic viruses in the neotropics: current status and recently discovered species. **Neotropical entomology**, v. 49, p. 315–331, 2020.

SOUSA, W. B.; SILVA, K. S.; FREITAS, M. S.; OKURA, M. H.; VALICENTE, F. H. Comportamento do *Baculovirus spodoptera* submetido a diferentes soluções de pH. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 3, n. 1, p. 48-52, 2018. <https://doi.org/10.18554/rbcti.v3i1.1117>

SRINIVASA, M.; JAGADEESH BABU, C.; ANITHA, C.; GIRISH, G. Laboratory evaluation of available commercial formulations of HaNPV Against *Helicoverpa armigera* (Hub.). **Journal of Biopesticides**, v. 1(2), p. 138-139, 2008.

SUKIRNO, S.; TUFAIL, M.; RASOOL, K. G. E. L.; SALAMOUNY, S.; SUTANTO, K. D.; ALDAWOOD, A. S. The efficacy and persistence of *Spodoptera littoralis* nucleopolyhedrovirus (SpliMNPV) applied in uv protectants against the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) under saudi field conditions. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 50, n. 5, p. 1895-1902, 2018. <https://doi.org/2018.0030-9923/2018/0005-1895>

TAZZO, I. F.; HELDWEIN, A. B.; STRECK, L.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L.; MAASS, G. F.; MALDANER, I. C. Variação vertical da temperatura do ar no dossel de plantas de batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 12, n. 5, p. 486-492, 2008.

THOMPSON, C. G.; SCOTT, D. W.; WICKMAN, B. E. Long-term persistence of the nuclear polyhedrosis virus of the Douglas-fir tussock moth, *Orgyia pseudotsugata* (Lepidoptera: Lymantriidae). **Forest soil. Environ. Entomol.**, v. 10, p. 254–255, 1981.

VALICENTE, F. H.; CRUZ, I. Controle biológico da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com o baculovírus. **Circular Técnica**, n. 15, 1991.

VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. de S.; BARROS, E. C. de. Processo de produção comercial de baculovirus em grande escala. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, **Circular técnica**, 157, p. 5, 2010.

VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. S. Controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com o *Baculovirus spodoptera*. 14.p. **Circular técnica**, n.114 (Embrapa/Cnpms) - Sete Lagoas, MG. 2009.

VALICENTE, F.H. Entomopathogenic Viruses. In: SOUZA, B., VÁZQUEZ, L., MARUCCI, R. (EDS). **Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems**. Springer, Chapter 12, p. 137-150, 2019.

VINCENT, C.; ANDERMATT, M.; VALÉRO, J. Madex and VirosoftCP4, viral biopesticides for codling moth control. **Biological control: a global perspective**. p. 336-343, 2007.

WAN, J.; HUANG, C.; LI, C.; ZHOU, H.; REN, Y.; LI, Z.; XING, L.; ZHANG, B.; QIAO, X.; LIU, B.; LIU, C.; XI, Y.; LIU, W.; WANG, W.; QIAN, W.; MCKIRDY, S.; WAN, F. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 646-663, 2021.

A IMPORTÂNCIA DA EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA NO CONTEXTO DO MONITORAMENTO DE ARBOVIRUS: POSSIBILIDADES E DESAFIOS

Data de aceite: 02/06/2023

João Carlos De Oliveira

Dr em Geografia, Prof. da Área Ambiental da Escola Técnica de Saúde e do Mestrado Profissional em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador do Programa de Pós-graduação em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG
<http://lattes.cnpq.br/8306771766190744>
<https://orcid.org/0000-0003-0570-128X>

Arcênio Meneses Da Silva

Dr em Geografia, Prof de Geografia no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM – Campus Uberlândia), Uberlândia – MG
<http://lattes.cnpq.br/6479657002235947>

Paulo Irineu Barreto Fernandes

Dr em Geografia, Prof de Filosofia no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM – Campus Uberlândia), Uberlândia – MG
<http://lattes.cnpq.br/6961435056874338>

João Batista Ferreira Dos Passos

Coordenador da Associação de Recicladores e Catadores Autônomos (ARCA).

Eunir Augusto Reis Gonzaga

Dr em Geografia e Técnico Administrativo da Diretoria de Sustentabilidade (DIRSU/UFU)
<http://lattes.cnpq.br/8999486450017521>

Marcos André Martins

Graduado em Geografia, Estudante Bolsista de Iniciação Científica (PROPP/UFU), Curso Técnico em Controle Ambiental, Escola Técnica de Saúde
<http://lattes.cnpq.br/0781948637256217>

RESUMO: Este trabalho é realizado em parcerias entre a Escola Técnica de Saúde (ESTES), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), o Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM, Campus Uberlândia), a Associação de Recicladores e Catadores Autônomos (ARCA) e Diretoria de Sustentabilidade (DIRSU/UFU). Dentre os principais arbovirus (vetores) temos os *Aedes* e *Culex*, espécies sinantrópicas e antropofílicas, transmissoras da Dengue, Chikungunya e Zika. Não se pode imputar, apenas, ao clima e nem aos arbovirus a causa das arbovirose (doenças), como aparecem nos meios de comunicação e formas de “combate” ao utilizar o

“Fumacê”, que tem procedimentos efêmeros, não atinge os ovos e as larvas, continuidade dos ciclos (modelo biomédico). Há necessidade doutro modelo de vigilância, pensando nos Determinantes Sociais de Saúde. Desta forma desejamos discutir a importância da extensão universitária no monitoramento de vetores dentro dos Princípios da “Educação Popular em Saúde”. Em campo, a partir de 2013, as ovitrapas foram e continuam sendo monitoradas, semanalmente. Em laboratório, com da estereomicroscopia, os ovos foram quantificados em viáveis, eclodidos e danificados. Os ovos viáveis eram colocados em copos plásticos com água, dentro de um mosquitário, para acompanhamento dos estágios dos vetores. Paralelamente, ao monitoramento e em outros momentos realizamos atividades de mobilização social com diferentes grupos sociais e comunidades, por meio de desenhos e/ou escritas, relacionadas ao monitoramento, mosquitário, doença (modo de transmissão, quadro clínico e tratamento), os vetores (hábitos e criadouros). A mobilização da comunidade não nasce espontaneamente, é preciso que as pessoas se autorizem, na medida do possível, ao sentimento de pertencimento entre todos/as e se identifiquem com o que está sendo proposto, caso contrário a mobilização social não se constitui e constrói como uma efetiva extensão universitária.

PALAVRAS-CHAVE: Extensão Universitária; Mobilização Social; Vetores.

ABSTRACT: This work is carried out in partnerships between the Technical School of Health (ESTES), of the Federal University of Uberlândia (UFU), the Federal Institute of the Triângulo Mineiro (IFTM, Campus Uberlândia), the Association of Autonomous Recyclers and Collectors (ARCA) and the of Sustainability (DIRSU/UFU). Among the main arboviruses (vectors) we have Aedes and Culex, synanthropic and anthropophilic species, transmitters of Dengue, Chikungunya and Zika. The cause of arboviruses (diseases) cannot be attributed solely to the climate or arboviruses, as they appear in the media and forms of “combat” when using “Fumacê”, which has ephemeral procedures, does not reach the eggs and larvae, continuity of cycles (biomedical model). There is a need for another surveillance model, thinking about the Social Determinants of Health. In this way, we wish to discuss the importance of university extension in the monitoring of vectors, within the Principles of “Andragogy” and “Popular Health Education”. In the field, starting in 2013, the ovitraps were and continue to be monitored weekly. In the laboratory, with stereomicroscopy, the eggs were quantified as viable, hatched and damaged. The viable eggs were placed in plastic cups with water, inside a mosquito net, to monitor the stages of the vectors. In parallel with monitoring and at other times, we carry out social mobilization activities with different social groups and communities, through drawings and/or writings, related to monitoring, mosquito nets, disease (mode of transmission, clinical picture and treatment), vectors (habits and breeding grounds). Community mobilization does not arise spontaneously, people need to authorize themselves, as far as possible, to the feeling of belonging among all and identify with what is being proposed, otherwise social mobilization will not be constituted and built as an effective university extension.

KEYWORDS: University Extension; Social Mobilization; Vectors.

INTRODUÇÃO

Esta modalidade de trabalho possui histórias, desenvolvido desde 2013, a partir

de estudos e pesquisas de Oliveira (2006, 2012), em parcerias entre os Cursos Técnicos Controle Ambiental e Meio Ambiente da Escola Técnica de Saúde (ESTES), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), o Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM, Campus Uberlândia), a Associação de Recicladores e Catadores Autônomos (ARCA) e Diretoria de Sustentabilidade (DIRSU/UFU), Uberlândia – MG (Figura 1).

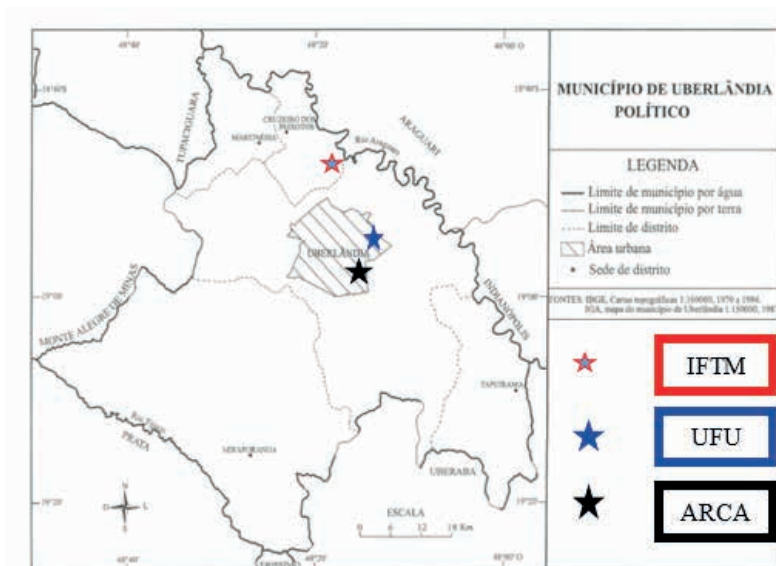


Figura 1 - Município de Uberlândia, os Distritos Rurais e a Localização das áreas de estudos e pesquisas.

Fonte: Brito; Lima (2011, p. 25).

Adaptação: OLIVEIRA, J. C. de, 2013.

De acordo com FORPROEX (2006), agentes da educação buscam transcender os muros de isolamento erguidos no entorno de suas instituições. Para tanto, redefinem as práticas de ensino, pesquisa e extensão, ampliando o público envolvido. Passa-se a questionar mais as ações propostas pelas universidades. Constatam a importância de haver um processo que articula o ensino e a pesquisa, que organiza e assessora os movimentos emergentes ávidos por transformações sociais.

Ao se pensar a Extensão Universitária como processos dialógicos entre e com a sociedade e esta com o meio acadêmico, de forma contextualizada e horizontal, enquanto saberes e fazeres coletivos, trazemos o que disse Rieder (2011).

Para Rieder (2011), citando Mota et al (2008), diz que

Tanto o ensino como a pesquisa deveriam estar sintonizados com as questões da sociedade geral, e não apenas academicamente. As metodologias deveriam primar pela inclusão social a favor do desenvolvimento integral e sustentado da sociedade e, assim, livrar-se dos procedimentos excludentes

vigentes no meio acadêmico. Esta deveria ser a nova concepção de extensão, que ultrapassasse os limites de práticas de disseminação de conhecimentos (cursos, conferências, seminários), de prestação de serviços (assistências, assessorias e consultorias) e de difusão cultural (realização de eventos ou produtos artísticos e culturais). Essa nova postura beneficiaria mais a sociedade e transformaria para melhor a universidade, inclusive oxigenando-a academicamente, em face do estreitamento e dinamização da relação com a população. Nas universidades haveria então, a partir da pesquisa e pelo ensino-aprendizagem, mais que produção de conhecimento, e sim construção de saberes em face das interações acadêmicas e populares, socializando e democratizando-os e vislumbrando verdades de realidades e realidades de verdades (RIEDER, 2011, p. 60).

De forma geral as Universidades entendem a Extensão Universitária como uma via de mão dupla, com possibilidades de assegurar à comunidade acadêmica, que encontrará, na sociedade, a oportunidade de elaboração de uma práxis de um conhecimento acadêmico. No retorno à Universidade, os/as servidores/as trarão um conjunto de vivências, em alguns momentos aprendizados que, ao ser submetido à diversas reflexões, será acrescido àquelas informações iniciais e ampliado noutros contextos de ensino aprendizagens.

Esses fluxos, na medida do possível, estabelecem trocas de saberes e fazeres sistematizados, de um lado, o acadêmico e, do outro, o popular, com conexões diversificadas: a produção do conhecimento resultante do confronto com as realidades de cada território, a democratização dos conhecimentos acadêmicos e as participações efetivas das comunidades nas possíveis atuações da Universidade.

Diante destes contextos, historicamente, alguns profissionais das Universidades passaram a desenvolver estudos e pesquisas como entendimento das condições de saúde da população. Ao mesmo tempo, estes estudos e pesquisas têm proporcionados melhorias de forma contínua e sistemática para as pessoas, mas não para todas, graças aos resultados dos próprios estudos e das pesquisas, por meio de um conjunto de condições socioambientais, associados aos avanços técnicos e tecnológicos da área da saúde pública, das infraestruturas das engenharias e da medicina.

O que permitiu uma maior visibilidade do que se faz, de forma mais dialogada entre Universidade/Sociedade/Universidade, potencializando, na medida do possível, as relações entre a Extensão Universitária e o que denominamos de Saúde Ambiental, que de acordo com Radicchi; Lemos (2013, p. 27), caracteriza o campo da Saúde Ambiental sob duas dimensões: promoção da saúde e avaliação de risco voltada para as adversidades ambientais que interferem na saúde humana.

Ainda para Radicchi; Lemos (2013), a expressão “Saúde Ambiental” é definida pelo Ministério da Saúde como sendo a

Área da saúde pública afeta ao conhecimento científico e à formulação de políticas públicas relacionadas à interação entre a saúde humana e os fatores do meio ambiente natural e antrópico que a determinam, condicionam e influenciam, com vistas a melhorar a qualidade de vida do ser humano, sob o

Outro aspecto importante a ser abordado, de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 1972), é que

O homem é ao mesmo tempo criatura e criador do meio ambiente, que lhe dá sustento físico e lhe oferece a oportunidade de desenvolver-se intelectual, moral, social e espiritualmente. A longa e difícil evolução da raça humana no planeta levou-a a um estágio em que, com o rápido progresso da Ciência e da Tecnologia, conquistou o poder de transformar de inúmeras maneiras e em escala sem precedentes o meio ambiente. Natural ou criado pelo homem o meio ambiente é essencial para o bem-estar e para o gozo dos direitos humanos fundamentais, até mesmo o direito à própria vida (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1972).

Por isso, é de fundamental importância pensar a Extensão Universitária nos contextos dos movimentos de ação-reflexão-ação, o que denominamos de “práxis”, num processo contínuo de sua/nossa formação pessoal e/ou profissional, que de acordo com Carvalho; Pio (2017), citando Freire (2013, p. 100), dizem que “A educação problematizadora implica um constante empenho na desmitificação e no ato de desvelamento da realidade. Ela se faz num esforço permanente através do qual os homens vão percebendo, criticamente, como estão sendo no mundo com que, e em que se acham”.

O caráter inovador nestas abordagens da Extensão Universitária, tem reflexo no paradigma - Promoção da Saúde, que de acordo com Buss (2000),

Sigerist (1946, *apud* Rosen, 1979) foi um dos primeiros autores a referir o termo, quando definiu as quatro tarefas essenciais da medicina: a promoção da saúde, a prevenção das doenças, a recuperação dos enfermos e a reabilitação, e afirmou que *a saúde se promove proporcionando condições de vida decentes, boas condições de trabalho, educação, cultura física e formas de lazer e descanso*, para o que pediu o esforço coordenado de políticos, setores sindicais e empresariais, educadores e médicos. A estes, como especialistas em saúde, caberia definir normas e fixar padrões. Leavell; Clark (1976) utilizam o conceito de promoção da saúde ao desenvolverem o modelo da história natural da doença, que comportaria três *níveis de prevenção*. Dentro dessas três fases de prevenção existiriam pelo menos cinco níveis distintos, nos quais poderiam aplicar medidas preventivas, dependendo do grau de conhecimento da história natural de cada doença (BUSS, 2000, p. 166).

Dentro deste contexto acredita-se que a Promoção da Saúde e a mobilização social possibilitaria, na medida do possível, a construção das cidades saudáveis¹, exatamente porque se ampliam as possibilidades, oportunidades e olhares sobre os lugares e as pessoas, dentro doutra perspectiva, que de acordo com a *Organização Pan-Americana da Saúde* (OPAS, 2005),

Uma experiência de município e comunidade saudável começa com o

¹ Para maiores informações sobre “Cidades Saudáveis”, consulte: www.bra.ops-oms.org/sistema/arquivos/Mun_SAUD.pdf. Acesso: março 2009.

desenvolvimento e/ou o fortalecimento de uma parceria entre autoridades locais, líderes da comunidade e representantes dos vários setores públicos e privados, no sentido de posicionar a saúde e a melhoria da qualidade da vida na agenda política e como uma parte central do planejamento do desenvolvimento municipal (OPAS, 2005, p. 2).

Nesta possibilidade de estabelecer “(...) uma parceria entre as autoridades locais, líderes da comunidade e representantes dos vários setores públicos e privados (...)” foi e continua sendo o nosso grande propósito com as parcerias como forma de sensibilização e mobilização social permanente das pessoas no controle dos arbovirus (vetores) e prevenção das arboviroses (doenças), dentre elas a dengue, por meio das contribuições das ovitrampas (Figuras 2 a 4), enquanto estratégias de mobilização social nos contextos da Promoção da Saúde.

De acordo com BRASIL (2001), as ovitrampas:

São depósitos de plástico preto com capacidade de 500 ml, com água e uma palheta de eucatex, onde serão depositados os ovos do mosquito. A inspeção das ovitrampas é semanal, quando então as palhetas serão encaminhadas para exames em laboratório e substituídas por outras. As ovitrampas constituem método sensível e econômico na detecção da presença de *Aedes aegypti*, principalmente quando a infestação é baixa e quando os levantamentos de índices larvários são pouco produtivos. São especialmente úteis na detecção precoce de novas infestações em áreas onde o mosquito foi eliminado ou em áreas que ainda pouco se conhece a presença dos vetores (BRASIL, 2001, p. 49).



Figuras 2 a 4: Modelos de ovitrampas instaladas no IFTM.

Fonte/Fotos: OLIVEIRA, J. C. de, 2013.

Consideramos importante destacar que a Promoção da Saúde, neste contexto, possui uma relação direta com a Atenção Primária à Saúde (APS²), que apareceu pela primeira vez na Declaração de Alma-Ata³ (Capítulo VI), originado na Conferência de Saúde Mundial de Alma-Ata (1978) e incorporado nas políticas oficiais de saúde dos países desenvolvidos e em desenvolvimento para alcançar “saúde para todos no ano 2000”.

2 Para maiores informações: www.opas.org.br/sistema/arquivos/apa.pdf. Acesso: março 2009.

3 Para maiores informações: <http://www.opas.org.br/promocao/uploadArq/Alma-Ata.pdf>. Acesso: março 2009.

De acordo com a OPAS (1999) a APS foi conceituada da seguinte forma:

A atenção primária da saúde é a assistência sanitária essencial. Baseia-se em métodos práticos e na tecnologia, tem fundamentos científicos e sociais, é acessível a todos os indivíduos e famílias da comunidade e tem sua participação completa. A comunidade e o país podem pagar seu custo em todas e em cada uma das fases do desenvolvimento com um espírito de auto-responsabilidade e autodeterminação. A atenção primária é parte integrante do sistema de saúde nacional, do qual é a função central e principal núcleo, assim como do desenvolvimento social e econômico da comunidade. Representa o primeiro nível de contato dos indivíduos, da família e da comunidade com o sistema nacional de saúde e leva, na medida do possível, a atenção da saúde aos lugares onde as pessoas vivem e trabalham (OPAS, 1999, p. 21-22).

Por isso que, nestes últimos anos, ampliaram-se as discussões sobre a Promoção da Saúde. As estratégias evoluíram da prática, monocausal - médica-curativa, para concepções de saúde multicausal, em que na *Carta de Ottawa*⁴ - Conferência Internacional sobre Promoção da Saúde (Canadá, 1986), definiu a Promoção da Saúde como sendo um processo de capacitação das pessoas e maior participação e defesa das ações comunitárias.

Neste universo de preocupações sobre “Extensão e Promoção da Saúde”, considera-se que algumas doenças, denominadas de negligenciadas, dentre elas a dengue, como sendo uma das principais arboviroses de impactos significativos nas saúdes das pessoas em regiões tropicais e subtropicais, em função das determinações sociais.

Segundo Biddle (1998)

A palavra 'arbovírus' tem sua origem na expressão inglesa '*arthropodborne virus*' ('vírus transportados por artrópodes'), que significa vírus que se propagam dentro de insetos e outros artrópodes e que nos infectam quando somos picados. Existem mais de 520 tipos conhecidos de arbovírus, dos quais cerca de cem provocam sintoma aparente. Mas a encefalite, a febre amarela, a febre da dengue e uma verdadeira coleção de exóticas febres tropicais (...) conferem a estes micróbios uma má reputação merecida. (...). As pessoas geralmente são hospedeiros 'sem saída' para os arbovírus. (...). Os pássaros são hospedeiros muito importantes do que nós para os arbovírus. As grandes exceções são a febre amarela, a dengue, e a febre chikungunya, para as quais servimos como elo vital em seu ciclo de vida (BIDDLE, 1998, p. 41).

Quanto às doenças negligenciadas, para Morel (2006) a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a organização Médicos Sem Fronteiras propuseram recentemente as denominações “doenças negligenciadas”, referindo-se àquelas enfermidades, geralmente transmissíveis, que apresentam maior ocorrência nos países em desenvolvimento, e “mais

4 É considerada a Primeira Conferência Internacional sobre Promoção da Saúde, realizada em Ottawa, Canadá (Nov/1986), que apresentou uma Carta de Intenções como forma de oferecer “Saúde para Todos no Ano 2000” e anos subsequentes. Esta Conferência foi, antes de tudo, uma resposta às crescentes expectativas por um novo modelo de saúde pública. As discussões foram baseadas nos progressos alcançados a partir da Declaração de Alma-Ata. Para maiores informações sobre: “Carta de Ottawa” acesse: <http://www.opas.org.br/promocao/upload/Arq/Ottawa.pdf>. Acesso: março 2009.

negligenciadas”, exclusivas dos países em desenvolvimento. Essas denominações superam o determinismo geográfico relacionado ao termo “doenças tropicais”, pois contemplam as dimensões de desenvolvimento social, político e econômico.

Para BRASIL (2010), doenças negligenciadas

São doenças que não só prevalecem em condições de pobreza, mas também contribuem para a manutenção do quadro de desigualdade, já que representam forte entrave ao desenvolvimento dos países. Como exemplos de doenças negligenciadas, podemos citar: dengue, doença de Chagas, esquistossomose, hanseníase, leishmaniose, malária, tuberculose, entre outras (BRASIL, 2010, p. 200).

Já em relação às determinações sociais de acordo com Rocha; David (2015, p. 130) “O conceito de Determinação Social da Saúde teve notória importância na formação da epidemiologia social latino-americana e na história do movimento sanitário brasileiro.”

Diante destes apontamentos para Urbinatti; Natal (2009)

Nas áreas urbanas, ressalta-se a importância da espécie introduzida, o *Aedes aegypti*. Além de seu potencial na veiculação do vírus da febre amarela no ambiente urbano, essa espécie, a partir dos anos 80 do último século, passou a veicular os vírus da dengue no Brasil. É sem dúvida o mosquito mais combatido no país e aquele no qual se disponibiliza maiores recursos. Entretanto, a dengue tornou-se endêmica, fato que demonstra o fracasso no combate (URBINATTI; NATAL, 2009, p. 280).

Mas, nestes últimos anos as pesquisas têm demonstrado que o *Aedes albopictus*, que ainda não é tão presente em áreas mais urbanizadas, tanto quanto o *Aedes aegypti*, mas representa um sinal de alerta, frente aos intensos impactos socioambientais.

Estas preocupações se devem pelo fato de que o *Aedes albopictus*, para Teixeira; Barreto (1999),

Prefere os ocios de árvores para depositar seus ovos e tem hábitos antropofílicos e zoofílicos diurnos e fora dos domicílios. Sua competência vetorial vem sendo objeto de investigação, vez que tais hábitos podem estabelecer um elo entre o ciclo dos vírus do dengue nos macacos e no homem, além de haver referência quanto à sua responsabilidade pela transmissão de surtos epidêmicos de dengue clássico e hemorrágico. Em 1997, registram, pela primeira vez nas Américas, a infecção natural do *Aedes albopictus* pelos vírus do dengue, em espécimes coletadas durante um surto que ocorreu na cidade de Reynosa no México. Chama-se a atenção para o fato de que os sorotipos 2 e 3 foram detectados em um “pool” de dez mosquitos machos, o que indica haver transmissão transovariana nesta espécie, como acontece com o *Aedes aegypti*. Este novo achado é de grande importância epidemiológica pelo potencial de transmissão dos vírus do dengue para outras áreas geográficas livres do *Aedes aegypti*, mas que estão infestadas pelo *Aedes albopictus*, a exemplo do sul da Europa e dos Estados Unidos (TEIXEIRA; BARRETO, 1999, p. 4).

Outra preocupação vem de Urbinatti (2004), destacando que o *Aedes albopictus*,

Pode ser encontrado das florestas às áreas urbanas e seus microhábitats

naturais são: oco de árvore, internódio de bambu, bromélias e gama diversificada de recipientes artificiais. Vários estudos evidenciam a importância epidemiológica de certas espécies de mosquitos envolvidos na manutenção e transmissão de arboviroses. Nesse sentido, *Ae. albopictus*, representa um problema de Saúde Pública, não apenas para o vírus da dengue, mas diante das comprovações laboratoriais sobre sua competência vetora para mais de 24 tipos de arbovírus, alguns deles de grande importância epidemiológica. Nas Ilhas Seychelles, situadas ao norte de Madagascar no Oceano Índico, *Ae. albopictus* foi considerado o vetor da dengue, na qual *Aedes aegypti* esteve ausente. Durante a epidemia de dengue no México, em 1985, foram detectadas infecções em machos de *Ae. albopictus*. Nessa mesma espécie, na Malásia, foram encontradas larvas com vírus da dengue, em condições naturais. Esses achados sugeriram transmissão transovariana do vírus⁵ (URBINATTI, 2004, p. 3).

Também merece atenção, o fato de que o *Aedes albopictus* pode ter uma correlação com o Vírus do Nilo Ocidental (VNO), que acomete as pessoas com riscos de encefalite, pela facilidade que algumas aves migratórias, consideradas reservatórias desse arbovírus, podem visitar o nosso país, onde várias espécies de mosquitos revelaram potenciais vetores deste arbovírus, figurando mais uma vez o *Aedes albopictus* e o *Culex quinquefasciatus*, que de acordo com Natal; Menezes; Mucci (2005, p. 75) “Mosquitos dessa espécie em áreas urbanas podem transmitir filariose e tornarem-se incômodo, devido à atividade hematofágica.”

Em boa parte das áreas urbanas a presença de vetores é significativa, em que determinadas épocas os/as moradores/as reclamam dos incômodos pelas atividades hematofágica dos arbovirus.

Por isso, Urbinatti; Natal (2009) nos dizem que...

Na atualidade, o controle químico, só deve ser recorrido em última instância, como no controle de uma epidemia. Há, entretanto meios para se evitar que essa situação se concretize. A visão de manejo integrado deve ser valorizada e implementada na prática. Essa consta de ações articuladas, nas esferas de ordenamento ambiental, de emprego de métodos biológicos e de tecnologias químicas amigáveis ao ambiente. Todas essas ações devem estar integradas com o comportamento educativo, promovendo-se estímulos para a participação da população (URBINATTI; NATAL, 2009, p. 280).

Nesta direção, Oliveira (2006; 2012), realizou um conjunto de atividades de mobilização social de monitoramento de vetores, tendo as ovitrampas uma tecnologia social muito representativa, enquanto baixo custo, eficiência e eficácia, onde algumas ações foram realizadas de formas integradas, onde as proposições estiveram sendo direcionadas nas dinâmicas dos comportamentos pessoas, sendo este do ponto de vista mais educativo, promovendo-se estímulos para a participação da população.

Na verdade, há necessidade de uma linguagem mais comunicativa, que seja mais adequada ao cotidiano da população, como forma de ampliação de determinadas

5 A transmissão da dengue é feita através da picada de mosquitos infectados do gênero *Aedes*, sendo as principais espécies o *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Aedes scutellaris* e *Aedes africanus* e o *Aedes luteocephalus* (Borges, 2001).

informações básicas e necessárias para melhor compreensão, interação e integração com as pessoas, sobre os saberes e os fazeres nos cuidados com o ambiente, que muitas vezes não depende das pessoas, em si, pois os cuidados ambientais são multifatoriais e multicausais.

Normalmente, uma das formas imediatas como “mudanças das atitudes” das pessoas são as campanhas que, normalmente, ocorrem em situações de surtos e epidemias, preferencialmente no verão, sendo complementada com a aplicação e controle químico - Ultrabaixo Volume (UBV), o famoso “fumacê”, que é a nebulização utilizando inseticida, aspergido por uma bomba colocada sobre um veículo (normalmente caminhonete) que circula pelas ruas dos bairros de maior infestação do vetor ou de maior notificação de casos da doença. Esta prática tem efeito efêmero, pois mata, na maioria das vezes apenas, o alado, mas não atinge e não mata os ovos (que duram mais de um ano) e nem as larvas que estão nos criadouros dentro de casas e/ou nos peridomicílios. Sem esquecer que há riscos de contaminação das pessoas que estão em espaços abertos, em especial daquelas que são alérgicas, como também a eliminação indiscriminada de insetos e outros animais.

PERCURSOS E CONTRIBUIÇÕES DAS ATIVIDADES EXTENSIONISTAS

A princípio comungamos com o que disse Minayo (1994, p. 18) de que “Toda investigação se inicia por um problema, com uma questão, com uma dúvida ou com uma pergunta, articuladas a conhecimentos anteriores, mas que também podemos buscar novos referenciais”.

Ainda, para Minayo (1994) “A realidade social é o próprio dinamismo da vida individual e coletiva com toda riqueza de significados dela transbordante. Essa mesma realidade é mais rica que qualquer teoria, qualquer pensamento e qualquer discurso que possamos elaborar sobre ela” (MINAYO, 1994, p. 15).

Uma das primeiras investigações foram as reuniões com os parceiros e moradores para se pensar as diferentes e diversas realidades e estratégias na instalação e monitoramento de ovitrampas e realização de atividades educativas.

As ovitrampas (Figuras 2 a 4) sempre foram monitoradas semanalmente desde 2013, na medida do possível no período da tarde, levando em consideração alguns procedimentos: uso de planilhas contendo cabeçalho identificando as instituições envolvidas, datas correspondentes aos dias das verificações das ovitrampas, número das ovitrampas e palhetas, identificação do local de instalação, retirada e reinstalação das palhetas, condições de cada ovitrampa (água em 200ml, presença de larvas, pupas, sujeira), condições atmosféricas – (%) de nuvens, temperaturas máximas e mínimas, umidades relativas (%) de termômetros digitais e analógicos, local de instalação (debaixo de tanques das residências, áreas sombrias, troncos de árvores, proximidades de plantas em quintais, maior circulação de pessoas). Em seguida as ovitrampas são lavadas e colocadas no

mesmo lugar. As palhetas são coletadas e armazenadas numa caixa de papelão fechada para proteção dos ovos.

Na parte rugosa das palhetas (Figura 5) onde as fêmeas realizam a oviposição, com o auxílio de lupa estereomicroscópica (Figura 6), possibilita a identificação e quantificação dos ovos - viáveis, eclodidos e danificados (Figuras 5 e 7), bem como ter uma ideia de espacialidade e sazonalidade do vetor.



Figuras 5 a 7: Palheta com ovos viáveis e lupa estereomicroscópica para identificação dos ovos.

Fonte/Fotos: OLIVEIRA, J. C. de, 2018.

As palhetas com ovos viáveis (Figura 5) foram e são colocadas, num copo (Figura 8) com água (70ml), em mosquitário (Figura 9) para acompanhamento dos ciclos evolutivos dos arbovírus em larvas, pupas e alados, registrando numa planilha (temperaturas máximas e mínimas, umidades relativas (%)) de termômetros digitais e analógicos, quantidade de ovos, larvas, mosquitos). As palhetas com ovos danificados são higienizadas em água corrente em torneiras, colocadas para secar e utilizadas noutras semanas.



Figuras 8 e 9: Palhetas com ovos viáveis em copos plásticos e nos Mosquitários.

Fonte/Fotos: OLIVEIRA, J. C. de, 2018.

A ovitrapa tem sido uma tecnologia de informação eficiente e eficaz ao estimar a densidade de fêmeas presentes no ambiente, a partir da contagem, semanal, dos

ovos coletados, bem como ser uma possibilidade de relações e diálogos com diferentes segmentos da sociedade, como visibilidade da presença de vetores.

Paralelamente, como complemento da mobilização social, sempre realizamos um conjunto de atividades extensionistas, baseadas em município e comunidade saudável e na Educação Popular em Saúde, com as escolas e a comunidade em geral, por meio de desenhos e/ou escritas (Figuras 10 e 11) e demonstrações práticas em lupas e protótipos (Figura 12) de ovos, larvas, pupas e alados atendendo os aspectos da doença (modo de transmissão, quadro clínico e tratamento), o vetor (hábitos e criadouros) e educação em saúde.



Figuras 10 a 12: Desenhos e/ou escritas e Protótipos dos ciclos do vetor.

Fonte/Fotos: OLIVEIRA, J. C. de, 2018.

Em relação à Educação Popular em Saúde, de acordo com BRASIL (2013), ao instituir a Política Nacional de Educação Popular em Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (PNEPS-SUS), propõe quatro eixos estratégicos: Participação, controle social e gestão participativa; Formação, comunicação e produção de conhecimento; Cuidado em saúde; Intersetorialidade e diálogos multiculturais.

Com base nos princípios da Educação Popular em Saúde, inicialmente as abordagens são feitas por meio de rodas de conversas dialogadas sobre o que sabem, ou não, sobre o que fazemos, sobre os vetores, as relações das doenças e os cuidados. Onde ficaram sabendo?

Logo em seguida entregamos folhas A4, lápis coloridos e canetas para desenhos e/ou escritas sobre as conversas iniciais. Depois de, aproximadamente, 10 minutos, passamos para outras conversas e reflexões sobre o que desenharam e/ou escreveram. Normalmente apresentam respostas e resultados coerentes, mas com dúvidas e desencontros em relação aos diferentes vetores, quase tudo são mosquitos, seus hábitos, um pouco de desconhecimento muito mais em relação aos ovos e pupas; um pouco menos sobre larvas, alados, modo de transmissão, quadro clínico e tratamento.

Posteriormente, passamos para as demonstrações, em estereomicroscopias e dos protótipos de ovos, larvas, pupas e alados (Figuras 3, 9 e 10), que possibilitam a ampliar os

saberes e as possíveis representações, mudanças de entendimentos sobre as propostas de nossos estudos e pesquisas. Neste momento, são realizados/as novas escritas e/ou novos desenhos, como outras possibilidades e importância de mudanças de atitudes em relação aos cuidados na eliminação dos criadouros de vetores.

Novamente, ainda em rodas de conversas, mais abordagens comparativas entre as escritas e/ou os desenhos iniciais e as demonstrações. Aqui se percebe outras falas, com outras escritas e/ou outros desenhos, com maior representação social da importância dos cuidados na eliminação dos criadouros, visualização dos estágios evolutivos dos vetores, com mudanças imediatas nas atitudes e comportamentos entre os/as participantes.

As escritas e/ou os desenhos percorrem as representações sociais sobre as questões centralizadas em autorias de pensamentos de sujeitos que revelam resultados de origens categorizadas como naturalistas e antropocêntricas, associadas, principalmente, às influências da mídia, família, escola e religião, o que não podemos “criminalizar” as atitudes destes sujeitos.

Para desmistificar estas ideias Moscovici (2003) citado por Martinho; Talamoni (2007), nos ajudam a entender melhor as “representações propostas”, destacando que a prática pedagógica deva ser criativa e democrática, fundamentada no diálogo que, na teoria freiriana, aparece como condição para o conhecimento, já que o ato de conhecer acontece no processo social, do qual o diálogo é a mediação, que concebem os sujeitos como um ser aberto e essencialmente comunicativo e disposto a construir um pensamento autônomo, que é também pelo diálogo constante entre os indivíduos que as representações são moldadas, geradas e partilhadas, ou seja: a conversação molda e anima as representações, dando-lhes vida própria.

Por isso, consideramos que os desenhos e as escritas representem práticas pedagógicas criativas e democráticas, que de acordo com Iavelberg (2008),

Para não estagnar o desenvolvimento desenhista é necessário que se trabalhe, nos diferentes contextos educativos, de acordo com as investigações da arte e da educação contemporânea. (...). Precisamos conhecer o que se passa na dinâmica invisível desta ação criativa dos sujeitos, pois sempre trabalhou com a ideia do desenho criativo ou desenho cultivado, como objeto simbólico e cultural, expressivo e construtivo, individualizado e influenciado pela cultura, mantendo o epicentro do desenhista, sujeito criador informado, que produz com marca própria (IAVELBERG, 2008, p. 11).

Escrever e desenhar fazem parte de um contexto cultural nas percepções e representações do mundo de cada um, mas que é ampliado na medida em aproximamos de determinadas realidades que explicitam outras estéticas, que segundo Iavelberg (2008),

Hoje sabemos que não se pode generalizar aquilo que se passa nos desenhos infantis em termos de fases. As variáveis culturais geram modos de pensar o desenho, as quais transcendem um único sistema explicativo que dê conta da produção de todas as crianças. Os estudos antropológicos e interculturais apontam diferenças nos desenhos de crianças de países ou

regiões diferentes, seja no modo de usar o papel ou nos símbolos eleitos, denotando influência da cultura visual, educacional e do meio ambiente dos desenhistas. A epistemologia de Piaget, relida contemporaneamente, pode ser um leme neste contexto de variâncias, por colaborar na elucidação das tendências das estruturas cognitivas humanas, aquilo que nos faz iguais e diferentes ao mesmo tempo, pelas marcas culturais. Assim sendo, no plano subjacente das gêneses singulares do desenho, age uma base cognitiva. Esta dupla existência guiou nossa investigação sobre o desenho cultivado da criança até aqui (IAVELBERG, 2008, p. 28).

Afinal escrever e/ou desenhar representam oportunidades de ressignificar saberes e fazeres em nosso cotidiano, em particular nos contextos da extensão universitária, sendo ela libertadora, quando permite olhar novos horizontes nos cuidados com os nossos ambientes, aqui com destaques para aqueles relacionados aos vetores, em especial os vetores e suas doenças.

Estas situações devem ser entendidas pelo fato de que a Escola não está apartada das demais relações socioambientais, que compõem os diferentes territórios dos saberes e dos fazeres, dos sujeitos, bem como das aprendizagens que se deram o tempo todo e em todos os lugares. Por isso entendemos que as atividades de extensão estão abrigadas no que denominamos de “Comunicação e Saúde”, numa concepção defendida pelo lingüista russo Mikhail Bakhtin, que propõe o conceito de “Polifonia”, ou seja, que a comunicação não deveria ser vista apenas como a transmissão de informações e sim considerada como um processo de produção de sentidos sociais, enquanto relações interculturais ambientais.

CONSIDERAÇÕES EM MOVIMENTO

A Extensão Universitária sempre foi uma motivação, enquanto parcerias e estratégias do monitoramento, semanalmente, de vetores por meio de ovitrapas. As ovitrapas sempre deram visibilidade das condições ambientais em relação à presença, ou não, dos vetores, enquanto estratégias da Vigilância em Saúde, ao mesmo tempo motivaram todos/as envolvidos/as a entenderem na importância da Extensão Universitária, enquanto condições de saberes e fazeres com a população sobre a doença, os vetores e a importância da mobilização social.

As atitudes das pessoas representam formas diferentes de se fazer pertencente nos diferentes territórios, em parcerias e em mobilização social, de poder saber e fazer, de forma diferente, onde a comunicação com e das pessoas nas suas individualidades no cuidar do seu/nosso ambiente, é de fundamental importância.

Mas, não se podemos dizer, e muito menos garantir, que há uma efetiva sustentabilidade no ato de cuidar dos nossos ambientes como forma de eliminar os criadouros, pois alguns moradores “acreditam”, ainda, que importantes criadouros não estão dentro das casas, por isso é preciso ampliar os nossos diálogos e olhares sobre o ato de cuidar.

Por isso, é preciso de uma constante e permanente mobilização social, onde a Extensão Universitária tem o seu lugar, sendo esta e este de possível consolidação de uma educação libertadora, desde que os/as envolvidos/as entendam a importância dos diálogos.

AGRADECIMENTOS

Financiamentos (Bolsas de Iniciação Científica e transportes) e Parcerias Universidade Federal de Uberlândia (Escola Técnica de Saúde, Pró Reitorias: de Pesquisa e Pós-graduação, Extensão e Cultura e Graduação); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM, Campus Uberlândia).

REFERÊNCIAS

BIDDLE, W. **Guia de batalha contra os vermes**. Tradução Astrid de Figueiredo. RJ: Record, 1998.

BORGES, Sônia Marta Anjos Alves. A importância epidemiológica do *Aedes albopictus* nas Américas. SP: USP. **Dissertação Mestrado**, Faculdade Saúde Pública (USP), 2001.

BRASIL. **Institui a Política Nacional de Educação Popular em Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (PNEPS-SUS)**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível <<http://portalms.saude.gov.br/participacao-e-controle-social/gestao-participativa-em-saude/educacao-popular-em-saude>> Acesso: fevereiro de 2017.

BRASIL. Departamento de Ciência e Tecnologia, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Ministério da Saúde. Doenças negligenciadas: estratégias do Ministério da Saúde. **Revista de Saúde Pública**, v.44, n.1, p. 200-202, 2010.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Instruções para pessoal de combate ao vetor** - manual de normas técnicas. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

BRASSOLATTI, R. C.; ANDRADE, C. F. Avaliação de uma intervenção educativa na prevenção da dengue. **Ciência e Saúde Coletiva**, 2002, vol.7, N° 2, p.243-251. ISSN 1413-8123.

BRITO, J. L.; LIMA, E. F. de. **Atlas escolar de Uberlândia**. Uberlândia (MG): Editora da Universidade Federal de Uberlândia (EDUFU), 2ª edição, 2011.

BUSS, P. M. Promoção da saúde e qualidade de vida. **Ciência e Saúde Coletiva** [online]. 2000, vol.5, n.1, pp. 163-177. Disponível em: http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S1413-81232000000100014&script=sci_arttext ou <http://www.scielo.org/pdf/csc/v5n1/7087.pdf>. Acesso: junho/2009.

CARVALHO, S. M. G. de; PIO, P. M. A categoria da práxis em Pedagogia do Oprimido: sentidos e implicações para a educação libertadora. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**. 2017. Disponível <<https://www.scielo.br/j/rbeped/a/zpsDMKRZvTM3BwNSZLb8Cqp/?lang=pt>> Acesso: 17/12/2021.

COSTA, A. I. P. da; NATAL, D. Distribuição espacial da dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no Sudeste do Brasil. São Paulo: Superintendência de Controle de Endemias, Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, 1997.

FORPROEX. **O Plano Nacional de Extensão Universitária**. Porto Alegre: UFRGS; Brasília: MEC/SESu, 2006. Disponível <<http://www.renex.org.br/documentos/Colecao-Extensao-Universitaria/01-Plano-Nacional-Extensao/Plano-nacional-de-extensao-universitaria-editado.pdf>>. Acesso em: 16 de novembro de 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 54ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

IABELBERG, R. **O desenho cultivado da criança prática e formação docente**. Porto Alegre: Zouk, 2008.

LEAVELL, H; CLARK, E.G. **Preventive medicine for the doctor in his community**. New York: Mac Graw-Hill, 1965.

MARTINHO, L. R.; TALAMONI, J. L. B. Representações sobre meio ambiente de alunos da quarta série do ensino fundamental. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2007.

MINAYO, M. C. de S. (orga.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. RJ: Petrópolis, 1994.

MOREL, C. Inovação em saúde e doenças negligenciadas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 8, p. 1.522-1.523, 2006.

MOSCOVICI, S. e HEWSTONE, M. **Psicologia Social: pensamiento y vida social, psicologia social y problemas sociales**. Barcelona (Espanha): Paidós Ibérica S/A, 1986.

MOTA, E. A. D.; PRADO, G. do V. T.; PINA, T. A. Buscando possíveis sentidos de saber e conhecimento na docência. **Cadernos de Educação**, Pelotas, n. 30, p. 109-134, jan./jun. 2008.

NATAL, D.; MENEZES, R. M. T. de; MUCCI, J. L. N. Fundamentos de ecologia humana. In: PHILIPPI JR, A. (editor). **Saneamento, Saúde e Meio Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, São Paulo: Manole, 2005, p. 57-86.

OLIVEIRA, João Carlos de. Mobilização comunitária como estratégia da promoção da saúde no controle dos *Aedes (aegypti e albopictus)* e prevenção do dengue no Distrito de Martinésia, Uberlândia (MG). **Tese**. Doutorado em Geografia - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG): Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

OLIVEIRA, J. C. de; LIMA, S. do C. Mobilização comunitária e vigilância em saúde no controle dos *Aedes* e prevenção do dengue no distrito de Martinésia, Uberlândia (MG). **Boletim Campineiro de Geografia**. v. 2, n. 1, 2012.

OLIVEIRA, J. C. de. Manejo integrado para controle do *Aedes* e prevenção contra a dengue no Distrito de Martinésia, Uberlândia (MG). 2006. 96 p. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG): Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano. In: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, 1972. Estocolmo. **Anais**. Disponível <www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-deestocolmo-sobre-o-ambiente-humano.html>. Acesso: julho/2009.

OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. Organização Mundial da Saúde. Desenvolvimento Sustentável e Saúde Ambiental. **Ambientes Saudáveis. Municípios, Cidades e Comunidades Saudáveis: Recomendações sobre Avaliação para Formuladores de Políticas nas Américas**. Washington, D.C: OPAS, 2005. Disponível <http://www.paho.org/Portuguese/AD/SDE/HS/MCS_Recomendacoes.pdf> Acessado: março de 2009.

RADICCHI, A. L. A.; LEMOS, A. F. **Saúde ambiental**. Belo Horizonte: Nescon/UFMG, 2013. Disponível <<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/3854.pdf>> Acesso: março/2013.

RIEDER, A. A extensão universitária através do Projeto Rondon: participação das Universidades públicas de Mato Grosso. **Revista Gestão Universitária na América Latina - GUAL**, vol. 5, núm. 2, agosto 2012, pp. 58-71. Disponível <<https://www.redalyc.org/pdf/3193/319327515005.pdf>> Acesso: agosto de 2016.

ROCHA, P. R. da; DAVID, H. M. S. L. Determinação ou Determinantes? Uma discussão com base na Teoria da Produção Social da Saúde. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, 2015; 49(1):129-135.

SIGERIST, H. **The University at the Crossroad**. New York: Henry Schumann Publisher, 1946.

TEIXEIRA, M. da G.; BARRETO, M. L. Epidemiologia e Medidas de Prevenção do Dengue. **Informe Epidemiológico do SUS**, 1999, 8 (4):5-33. Disponível em: <http://www.cdc.gov/ncidod/dvbid/dengue/map-ae-aegypti-distribution.htm>. Acesso: ago/2007.

URBINATTI, P. R. Observações ecológicas de *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) em áreas de proteção ambiental e urbana da periferia na Grande São Paulo. SP: Faculdade de Saúde Pública (USP). **Tese de Doutorado**, 2004.

URBINATTI, P. R.; NATAL, D. Artrópodes de importância em saúde pública. In: GIATTI, L. (org.). **Fundamentos de saúde ambiental**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2009, p. 257-292.

SMART CITY E SMART GRID NO BRASIL: O PAPEL DO PODER PÚBLICO NA PRODUÇÃO DE CIDADES SUSTENTÁVEIS

Data de submissão: 20/05/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Paula de Castro Brasil

Pós-doutorado em Inovação e tecnologias de materiais para a qualidade do projeto. Professora adjunta na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro (UNILASALLE-RJ) Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/1387556808330533>

Juliana Christiny Mello da Silva

Mestre em Ciências em Arquitetura e Aluna do Curso de Doutorado em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Arquitetura (PROARQ). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Rio de Janeiro — RJ
<http://lattes.cnpq.br/2007045797886151>

Luiz Matheus Defelippe Gouveia

Graduando em Arquitetura e Urbanismo. Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro (UNILASALLE-RJ) Niterói - RJ
<https://lattes.cnpq.br/5815405119226423>

Isabel de Oliveira Nogueira Muzi

Mestre em Ciências em Arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Arquitetura (PROARQ). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Rio de Janeiro — RJ
<http://lattes.cnpq.br/4725715120526421>

Louise Land Bittencourt Lomardo

Pós-doutorado em Tecnologia da Arquitetura. Professora da Universidade Federal Fluminense Niterói, RJ
<http://lattes.cnpq.br/0720820790568965>

Gisele Duarte Caboclo Antolin

Doutorado em Ciência dos Materiais no Instituto Militar de Engenharia. Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/0318467707969652>

Maria Iaponeide Fernandes Macêdo

Pós-doutorado em Nanociência e Nanotecnologias e as possibilidades na pesquisa e no ensino. Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/9231122627977891>

Ana Isabel de Carvalho Santana

Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais,
Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/6191230659599935>

Wilma Clemente de Lima Pinto

Doutorado em Química Inorgânica pela Universidade
Federal do Rio de Janeiro. Professora na
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/4475467554540341>

RESUMO: A Cidade Búzios, no Rio de Janeiro, tornou-se conhecida mundialmente pelas suas belezas naturais e pelo projeto Búzios Cidade Inteligente, com práticas sustentáveis e tentativas de conscientização da população. A presente pesquisa tem como objetivo realizar uma análise do referido projeto sob a ótica dos conceitos *smart grid* e *smart city* no Brasil. Para tal, examinou-se o Projeto Cidade Inteligente Búzios (CIB), através da metodologia qualitativa, utilizando-se o instrumento de análise de avaliação pós-ocupacional *walkthrough*, nos anos 2015, 2017, 2018 e 2020. Os estudos foram desenvolvidos a partir das observações técnicas realizadas nos ambientes urbanos visitados, por meio de análise documental e por informações coletadas nos departamentos públicos do município de Búzios. Foi possível observar a importância do investimento do poder público na produção das cidades sustentáveis. Entretanto, mudanças de governo e as dificuldades de investimentos nem sempre permitem dar continuidade aos projetos anteriores. Diante disso, com o fim do período de implantação do projeto, algumas ações realizadas foram desativadas, como a unidade de demonstração de eficiência energética, e poucas tiveram continuidade como: o Projeto da barca solar, as placas fotovoltaicas na APAE e a casa TOP. Vale destacar que as fases de uso e operação das edificações, assim como das cidades, devem manter as ações planejadas visando a sua permanência para alcançar efetivos resultados de sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Búzios. Cidade Sustentável. *Smart City*. *Smart Grid*.

SMART CITY AND SMART GRID IN BRAZIL: THE ROLE OF PUBLIC AUTHORITIES IN THE PRODUCTION OF SUSTAINABLE CITIES

ABSTRACT: Cidade Búzios, in Rio de Janeiro, became known worldwide for its natural beauties and for the Búzios Cidade Inteligente project, with sustainable practices and attempts to raise awareness among the population. This research aims to carry out an analysis of the referred project from the perspective of the smart grid and smart city concepts in Brazil. To this end, the Smart City Project Búzios (CIB) was examined through qualitative methodology, using the walkthrough post-occupational assessment analysis instrument, in the years 2015, 2017, 2018 and 2020. The studies were developed from from the technical observations carried out in the visited urban environments, through document analysis and information collected in the public departments of the municipality of Búzios. It was possible to observe the importance of

government investment in the production of sustainable cities. However, government changes and investment difficulties do not always allow for the continuation of previous projects. In view of this, with the end of the project implementation period, some actions carried out were deactivated, such as the energy efficiency demonstration unit, and few continued, such as: the solar barge project, the photovoltaic panels at APAE and the TOP house. It is worth noting that the phases of use and operation of buildings, as well as cities, must maintain the planned actions aimed at their permanence to achieve effective sustainability results.

KEYWORDS: Búzios. *Sustainable city. Smart City. Smart Grid.*

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um país urbano, em que a maioria da população vive nas cidades. Segundo Etzkowitz (2002), esta concentração caracteriza um grande desafio, porém traz consigo muitas oportunidades para que governos, iniciativa privada e o meio acadêmico colaborem entre si na busca por soluções inovadoras tendo como objetivo articular dinâmicas de desenvolvimento econômico estruturado na busca e compartilhamento de conhecimentos.

As cidades constantemente passam por processos que transformam suas características. As mudanças climáticas e o adensamento populacional dos centros urbanos representam um cenário apreensivo. Diante do cenário mundial, o presente trabalho justifica-se por conta dos impactos do homem, sobre o ambiente, que ameaçam o equilíbrio dos sistemas ambientais. Assim, torna-se necessário repensar o Projeto das cidades brasileiras de modo a alcançar um planejamento urbano mais sustentável e participativo com a finalidade de buscar a segurança do meio ambiente.

Uma cidade sustentável é caracterizada por assentamentos humanos constituídos por uma sociedade com consciência de seu papel ativo de agente transformador dos espaços. Neste sentido observa-se que relações entre seres humanos e natureza se dá pelas ações que visam a coesão e disseminação entre prudência ecológica, eficiência energética e equidade socioespacial (ROMERO, 2007).

O objetivo deste estudo consiste em analisar a implantação de *smart grids* no Brasil. Para tal, foi analisado o Projeto-piloto Cidade Inteligente Búzios (CIB), com a finalidade de verificar as contribuições do mesmo para a Cidade de Búzios e os reflexos destas contribuições, após o período de implantação do Projeto, e se o mesmo concorda com os princípios dos objetivos sete e onze da Agenda 2030.

Para desenvolver a pesquisa foi empregada a metodologia de análise qualitativa, através do instrumento denominado *Walkthrough*, que visa articular observações de técnicos, como análises de informações e dados coletados de determinado Projeto urbano ou equipamento arquitetônico (RHEINGANTZ et al., 2009). Deste modo, busca-se compreender, ao percorrer o Projeto CIB, quais são os verdadeiros impactos que a implantação de um sistema de *smart grid* pode gerar para uma cidade e a partir destas

constatações verificar a viabilidade de execução de um Projeto deste porte no Brasil.

2 I DESENVOLVIMENTO

A Agenda 2030 da ONU é uma iniciativa em escala global, que busca o desenvolvimento sustentável. A mesma possui dezessete objetivos, dentre os quais são abordados nesta pesquisa o objetivo sete e o objetivo onze.

O Objetivo 7, da Agenda 2030, busca “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos” (ONU, 2021).

De 2000 a 2013, mais de 5% da população mundial obteve acesso à eletricidade (de 79,313% para 84,58%). Para os próximos anos a tendência é aumentar a demanda por energia barata. Contudo, combustíveis fósseis e suas emissões de gases de efeito estufa provocam mudanças drásticas no clima. Atender às necessidades da economia e proteger o meio ambiente é um dos grandes desafios para o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, o ODS 7 reconhece a importância e traça metas focadas na transição energética, de fontes não renováveis e poluidoras, para fontes renováveis limpas, com especial atenção às necessidades das pessoas e países em situação de maior vulnerabilidade (ONU, 2021).

O 11º objetivo, da Agenda 2030, busca: “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (ONU, 2021).

Em 2014, 54% da população mundial vivia em áreas urbanas, com projeção de crescimento para 66% em 2050. Em 2030, são estimadas 41 megalópoles com mais de 10 milhões de habitantes. Considerando que a pobreza extrema muitas vezes se concentra nestes espaços urbanos, as desigualdades sociais acabam sendo mais acentuadas e a violência se torna uma consequência das discrepâncias no acesso pleno à cidade. Transformar significativamente a construção e a gestão dos espaços urbanos é essencial para que o desenvolvimento sustentável seja alcançado (ONU, 2021).

Ao observar as mudanças climáticas e os objetivos apontados anteriormente, é possível verificar a necessidade de tornar as cidades mais seguras, sustentáveis e eficientes. Além destas características a preservação do meio ambiente irá assegurar que gerações futuras também possam vivenciar um planeta saudável.

2.1 *Smart City e Smart Grid*

Nesta pesquisa serão abordados os sistemas de *smart city* e *smart grid* como alternativas para se alcançar as metas, apresentadas anteriormente, dos objetivos 7 e 11 da Agenda 2030.

Segundo a Comissão Europeia (2021), *smart city* é uma cidade onde as redes e serviços tradicionais, a partir do uso de tecnologias digitais e de telecomunicações, se tornam mais eficientes para o benefício dos seus cidadãos e empresas. Uma cidade inteligente utiliza as tecnologias de informação e comunicação (TIC) para melhor uso dos recursos e diminuir as emissões, possui redes de transporte urbano mais inteligentes,

melhor abastecimento de água e instalações de eliminação de resíduos e formas mais eficientes de iluminar e aquecer edifícios. Possui ainda, uma administração municipal interativa e ágil, os espaços públicos são mais seguros e atendem às necessidades da população que envelhece.

Smart City é compreendido como um modelo de cidade com seis objetivos: economia inteligente; pessoas inteligentes; governança inteligente; mobilidade inteligente; ambiente inteligente e; vida inteligente. Tais setores buscam o gerenciamento urbano eficiente com a finalidade de garantir alta performance (GIFFINGER et al., 2007).

Zanella, Bui e Castellani (2014), afirmam que a finalidade da *smart city* é o gerenciamento eficiente do dinheiro público, onde ocorre a melhora dos serviços disponibilizados para os cidadãos enquanto os custos administrativos são reduzidos.

Já a *Smart Grid* é um conceito e um sistema que pode ser inserido em uma *Smart City*. A seguir será possível observar os conceitos deste sistema de gerenciamento de energia e suas formas de atuação.

Segundo o Departamento de Energia dos EUA (DOE) (2003), *Smart Grid* (SG) é o próprio sistema de abastecimento elétrico, desde a geração até o consumo, integrado à TIC para obter melhores operações na rede, serviços ao consumidor e benefícios ambientais. As finalidades de uma SG são: produzir condições apropriadas para a utilização dos recursos, tornando os sistemas operacionais mais eficientes; combinar as opções de geração e armazenamento de energia; disponibilizar energia de qualidade para o abastecimento da economia digital; antecipar e reagir a distúrbios no sistema automaticamente; responder assertivamente aos ataques físicos, cibernéticos e desastres naturais; possibilitar a participação ativa dos consumidores no processo; e credenciar novos produtos e serviços.

Conforme a Comissão Europeia, Directorate-General for Research & Innovation – DGRI, (2006, tradução), as *Smart Grids* ajudarão alcançar a produção sustentável de eletricidade através da utilização de fontes de energia com emissão zero ou baixa de gases de efeito estufa combinadas com a máxima eficiência de conversão. As redes de eletricidade devem ser: [1] Flexível: atendendo às necessidades dos clientes, respondendo às mudanças e desafios futuros; [2] Acessível: permite o acesso de conexão a todos os usuários da rede, principalmente para fontes renováveis de energia e geração local de alta eficiência com zero ou baixa emissão de carbono; [3] Confiável: garantindo e melhorando a segurança e a qualidade do fornecimento, condizente com as demandas da era digital com resiliência a perigos e incertezas; [4] Econômico: fornecer o melhor valor por meio da inovação, gestão eficiente de energia, concorrência e regulamentação “niveladas”.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) (2009), descreve que *Smart Grids/* rede inteligente é uma combinação e integração altamente complexa de várias tecnologias e sistemas digitais e não digitais. Destaca ainda, que os componentes principais de uma rede inteligente são: i) novos e avançados componentes da rede, ii) dispositivos inteligentes e medição inteligente, iii) tecnologias de comunicação

integradas, iv) programas de suporte à decisão e interfaces humanas, v) controle avançado sistemas.

Deste modo, nota-se que cidades inteligentes são caracterizadas por construírem respostas inovadoras e eficientes para diferentes necessidades, incluindo as questões ambientais, a segurança pública, as atividades comerciais, industriais e os serviços básicos. A implementação de *Smart Grids*, sistema de gerenciamento de energia, potencialmente pode ser considerada uma forma de reestruturar o planejamento urbano de uma cidade em busca de um desenvolvimento sustentável. Assim, para compreender na prática os conceitos acima mencionados, foi realizado o estudo de caso do Projeto Cidade Inteligente Búzios, localizado no Estado do Rio de Janeiro.

3 | METODOLOGIA: PESQUISA EXPERIENCIAL

O presente estudo consiste em uma pesquisa qualitativa experiencial empregada para verificar a relação do usuário com o ambiente construído. Segundo Rheingantz et al. (2009), a abordagem experiencial caracteriza a experiência do homem no lugar, ou o modo como a um só tempo cada lugar influencia a ação humana. Analisa ainda, como a presença humana dá sentido e significado a cada lugar. Dessa forma, faz emergir descobertas e significados através da interação dos usuários com os lugares. Dentre os instrumentos inseridos dentro desta abordagem encontra-se a análise *walkthrough*.

A análise *walkthrough* é originária da Psicologia Ambiental, e pode ser definida como um percurso dialogado complementado por fotografias, croquis gerais e gravação de áudio e de vídeo, abrangendo todos os ambientes, no qual os aspectos físicos servem para articular as reações dos participantes em relação ao ambiente. Criado por Kevin Lynch, é um instrumento de grande utilidade tanto na APO quanto na programação arquitetônica, visto que possibilita que os observadores se familiarizem com a edificação em uso, bem como que faça uma identificação descritiva dos aspectos negativos e positivos dos ambientes analisados (RHEIGANTZ et al., 2009, p. 12).

A análise *walkthrough* foi desenvolvida nos anos 2015, 2017, 2018 e 2020 em vários locais da cidade de Búzios que possuíam ou ainda possuem marcas do Projeto Cidade Inteligente Búzios. Em 2015 as informações foram coletadas e os registros iconográficos foram realizados diretamente no Centro de Monitoramento e Pesquisa da Enel, que neste ano funcionava como um lugar de exposição das tecnologias empregadas no CIB. Nos anos 2017, 2018 e 2020 os estudos foram desenvolvidos, pelos autores do presente trabalho, combinando simultaneamente observação, coleta de dados, análise documental e registros fotográficos realizados em vários lugares da cidade que possuíam informações e resquícios do CIB.

4 | ESTUDO DE CASO DO PROJETO CIDADE INTELIGENTE BÚZIOS (CIB): SITUAÇÕES NOS ANOS 2015, 2017, 2018 E 2020, OBSERVADAS DURANTE AS ANÁLISES WALKTHROUGH

Localizada a 176,6 km da capital do Rio de Janeiro, Brasil, Armação de Búzios é um destino turístico importante no Brasil, que recebe muitos turistas estrangeiros. A cidade de Búzios possui cerca de 34 mil habitantes em uma área de 70 mil km² (IBGE, 2020). O município contém a maior rede hoteleira por m² do Estado, oferecendo desde albergues a hotéis boutique luxuosos. No entanto, a cidade sofre com uma série de problemas ligados à infraestrutura básica, sobretudo água, esgoto e fornecimento de energia elétrica (FREITAS, 2014).

Os órgãos e agentes envolvidos neste Projeto foram: A ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica, Ampla e patrocínio em parceria com a Prefeitura de Búzios e com o Governo do Estado do Rio de Janeiro. Segundo Fortes et al., (2015), a concessionária de distribuição de energia elétrica da holding Enel Brasil, Ampla Energia e Serviços S.A., lançou o CIB com a finalidade de tornar o Município um laboratório vivo de cidade inteligente, conforme KPMG, (2012), semelhante aos que existem em Málaga (Espanha) e Masdar (Abu Dhabi).

O período estabelecido para a implantação do CIB foi correspondente a três anos, de novembro de 2011 até novembro de 2014. O Projeto tinha como meta abranger quatro linhas de média tensão (15kV) com 67 km de circuitos; quatrocentos e cinquenta transformadores de média/baixa tensão; dez mil 10.000 clientes com medição de consumo inteligente; 36MVA de Potência Total Instalada e 55GWh/ano de consumo. Segundo o projeto-piloto da ENEL (2013), a estrutura do *Smart Grid* baseia-se em oito frentes de atuação: [1] Gerenciamento inteligente de energia, [2] Veículos inteligentes, [3] Sistemas de armazenamento de energia, [4] Geração inteligente de energia, [5] Iluminação Pública inteligente, [6] Cidadão consciente e informado, [7] Prédios inteligentes e [8] Telecomunicações, controle e internet banda larga. A tecnologia e a aplicação das oito frentes de atuação serão observadas a seguir:

[1] Gerenciamento Inteligente de Energia e Medição Eletrônica Inteligente

Destaca-se que o Medidor Eletrônico Inteligente (figura 1) calcula o consumo energético em períodos temporais de maneira programada, possibilitando que os próprios clientes realizem ofertas comerciais da energia gerada em suas residências. Já o concentrador (figura 2), que fica localizado nos transformadores, calcula e coleta as informações transmitidas na rede elétrica pelos medidores eletrônicos implantados nas residências, nas indústrias e nos escritórios, possibilitando um compartilhamento mais eficaz da energia, em que a mesma só é direcionada para as casas quando necessário, tornando o gerenciamento da rede mais eficiente, controlado e qualificado. As informações coletadas são conduzidas ao Sistema Central que interpreta os dados de todos os concentradores Inteligente, por leituras automáticas, para produzir o faturamento mensal das edificações

e controlar a qualidade do serviço. Assim, possibilita-se a realização de tarifas de energia elétrica direcionadas por faixas de horário.



Figura 1: Medidor Inteligente de Energia. Fonte: Autores, 2015.



Figura 2: Concentrador. Fonte: Autores, 2015.

O consumidor paga pela eletricidade conforme as necessidades e os horários que mais utiliza e as distribuidoras têm a possibilidade de ajustar os preços das tarifas conforme os horários. O cliente, no que lhe concerne, pode optar pelas tarifas mais favoráveis moldando os seus próprios hábitos de consumo ao ter consciência que a utilização de energia elétrica é mais cara nos horários de pico, alcançando uma redução de até 30% em sua tarifa mensal (ENEL, 2013).

Durante esta pesquisa não foi possível encontrar locais onde esta tecnologia teria sido implantada para verificar o seu funcionamento.

[2] Veículos Inteligentes

Originalmente o Projeto conta com quatro carros elétricos (figuras 3 e 4), trinta bicicletas elétricas (figuras 5), quatro pontos de recarga lenta e dois pontos de recarga rápida Inteligente. A utilização de veículos elétricos torna o transporte de pessoas e cargas mais limpo e eficiente. Seu principal benefício é a redução da emissão de CO₂ produzida pelos combustíveis fósseis (ENEL, 2013).



Figura 3: Carro elétrico. Fonte: Autores, 2015.



Figura 4: Carro elétrico. Fonte: Autores, 2015.



Figura 5: Bicicletas Elétricas. Fonte: Autores, 2015.

Em relação às bicicletas elétricas: A partir dos fatos observados in loco e informações coletadas na Guarda Municipal de Búzios, em 2017, verificou-se que as bicicletas elétricas destinadas à guarda foram utilizadas pelos funcionários. Porém, em 2017, como demonstra a figura 6, as bicicletas encontravam-se no pátio do posto da guarda sem uso por falta de manutenção. O pátio mencionado fica localizado em frente à praça Santos Dumont, Búzios-RJ.

A população recebeu, de forma positiva, a proposta das bicicletas elétricas, visto que este novo meio de locomoção poderia contribuir para a cidade de Búzios, pois o trânsito na cidade em época de alta temporada é intenso e substituir parte da frota de carros por bicicletas seria uma solução. Contudo, durante a pesquisa foi possível observar que não houve investimento, na cidade, no que se refere a ciclovias. Conforme representado pela figura 7 e 8 as pessoas se ariscam em meio aos carros e utilizam as calçadas de pedestres para transitar de bicicleta.



Figura 6: Bicicleta Elétrica. Fonte: Autores, 2017.



Figura 7: Ausência de Ciclovias. Fonte: Autores, 2017.



Figura 8: Ausência de Ciclovias. Fonte: Autores, 2017.

Segundo informações da Secretaria de Educação, em 2017, houve registro de agentes públicos passando na rua utilizando as bicicletas elétricas, seguindo o objetivo do Projeto, porém nunca foi observado a utilização e circulação dos carros elétricos pela cidade. Durante a pesquisa também não foi possível localizar nem saber o destino que tiveram os carros elétricos.

Em 2020, segundo o setor administrativo da guarda municipal, as bicicletas foram retiradas do pátio da guarda e encaminhadas para o depósito da prefeitura, pois não receberam a manutenção necessária, o que impediu que as mesmas fossem utilizadas pelos funcionários.

A Barca Solar ou Aquatáxi elétrico é um Projeto desenvolvido pela AMPLA (figura 9), com tecnologia nacional, em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Em 2017 o Projeto encontrava-se em desenvolvimento e em exposição no Colégio

Municipal Paulo Freire. A barca solar é movida a energia produzida por placas fotovoltaicas instaladas sobre ela. De acordo com a administração do colégio, a barca (Figura 10) estava sendo preparada para o Desafio Solar Brasil 2017, que aconteceria entre os meses de outubro e novembro. Em 2018, verificou-se que a barca solar continuava localizada no C. M. Paulo Freire passava por uma reforma e estava recebendo nova pintura (figura 11).



Figura 9: Maquete da Barca Solar. Fonte: Autores, 2015.



Figura 10: Barca Solar. Fonte: Autores, 2017.



Figura 11: Barca Solar. Fonte: Autores, 2018.

[3] Sistemas de Armazenamento de Energia

Um conjunto de baterias possibilita a armazenagem de grande quantidade de energia elétrica produzida por fontes renováveis, como solar e eólica, que pode ser consumida nos horários de pico, por exemplo. É possível acumular a energia gerada pelas centrais geradoras renováveis que não é consumida no mesmo instante pelos clientes (ENEL, 2013).

Em 2017, foi possível verificar, nos lugares visitados durante a pesquisa como: o Colégio Municipal Paulo Freire, a Escola Municipal Nicomedes Theotônio Vieira e Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) Búzios que nestes lugares, nos quais foram instaladas as placas fotovoltaicas para produção de energia, não foram instalados sistemas de armazenamento de energia.

Segundo dados coletados, em 2018, com o departamento financeiro da APAE Búzios, durante uma reunião com a Enel a presente concessionária de energia afirmou que a APAE que deve comprar as baterias para armazenar a energia produzida pelas placas fotovoltaicas. Contudo, como a APAE Búzios, até o mês/ ano da realização da pesquisa in loco, não possuía verba disponível para adquirir as baterias, conseqüentemente também não utilizava o sistema de armazenamento.

[4] Geração Inteligente de Energia

A distribuição de eletricidade sempre foi feita com um esquema único: a energia sai das centrais de distribuição e é direcionada para as casas dos cidadãos. Com o Sistema de Geração Inteligente de Energia, o cliente pode produzir, consumir e reintroduzir energia no sistema, conforme as suas necessidades usando tecnologias de geração renováveis, como a solar e a eólica (ENEL, 2013).

O sistema elétrico brasileiro é baseado na utilização de grandes usinas hidrelétricas, nucleares e termelétricas, porém as redes inteligentes garantem maior flexibilidade com a possibilidade de acumular energia, permitindo que as fontes renováveis sejam totalmente

incorporadas ao sistema inteligente. Além disso, com a geração distribuída, o uso dos painéis fotovoltaicos (figuras 12 e 13), dos geradores eólicos (figuras 14) e dos minigeradores eólicos, é possível ter uma rede elétrica flexível que pode atender as necessidades de consumo da população. Assim, são reduzidos os investimentos na rede de distribuição e o consumo de combustíveis fósseis (ENEL, 2013).



Figura 12: Placa Solar. Fonte: Autores, 2015.



Figura 13: Placa Solar. Fonte: Autores, 2015.

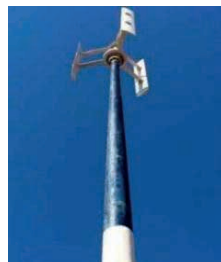


Figura 14: Gerador Eólico. Fonte: Autores, 2015.

De acordo com informações coletadas, em 2017, com a administração da APAE Búzios, as placas fotovoltaicas (figuras 15 e 16), efetivamente funcionavam e grande foi a redução da conta de energia da unidade. A tarifa mensal de energia elétrica que girava em torno de cinco mil reais foi reduzida para cerca de oitocentos reais.



Figura 15: Placas Fotovoltaicas- APAE. Fonte: Autores, 2017.



Figura 16: Placas Fotovoltaicas- APAE. Fonte: Autores, 2017.

Por meio de observações in loco, em 2018, realizadas na APAE Búzios, foi possível observar que as placas fotovoltaicas continuavam funcionando e contribuindo para a redução da tarifa mensal de energia elétrica da unidade.

Segundo o Projeto Búzios Cidade Inteligente escolas teriam sido beneficiadas pela implantação de placas fotovoltaicas, para a produção de energia. No presente estudo foi possível visitar duas unidades de ensino.

A primeira instituição visitada foi o Colégio Municipal Paulo Freire. Mediante as informações coletadas, em 2017, com a administração do Colégio, verificou-se que as placas fotovoltaicas (figura 17) aguardam manutenção e que até a data da realização da

pesquisa nunca haviam funcionado e produzido energia. Tais informações contradizem a afirmativa escrita em uma placa que se encontra instalada na parede da entrada da escola (figura 18), prejudica a disseminação da educação ambiental e afeta a percepção da comunidade escolar em relação aos reais benefícios da implantação de uma cidade inteligente.

Em 2018, a partir de análise in loco e informações coletadas com o setor administrativo do colégio, foi possível verificar que as placas permaneciam sem funcionar e produzir energia.



Figura 17: Placa Fotovoltaica instalada no telhado do Colégio Municipal Paulo Freire. Fonte: Autores, 2017.



Figura 18: Placa de aviso de geração própria de energia solar. Fonte: Autores, 2017

A segunda escola visitada foi a Escola Municipal Nicomedes Theotônio Vieira. Durante análises in loco e informações coletadas, em 2017, com o setor administrativo da escola, observou-se a inexistência de informações a respeito das placas solares. Durante a análise de documentos como, por exemplo, as tarifas de energia elétrica da referida unidade, verificou-se que não existia desconto ou alguma informação na conta que indicasse uma possível produção própria de energia, indicando que as placas fotovoltaicas não estavam funcionando. O setor administrativo informou que não tinha nenhuma informação a respeito do sistema de placas fotovoltaicas e de seu possível funcionamento (figura 19). A informação obtida é que na época em que foram instaladas as placas, sobre o telhado da escola, aconteceram palestras na unidade de ensino falando de seus benefícios. Porém, a escola não foi informada como funcionaria o processo de geração de energia e como aconteceriam as possíveis reduções das tarifas mensais da Enel.

Durante coletas de dados, em setembro de 2018, o setor administrativo confirmou que as placas solares permaneciam sem funcionamento. Tais evidências comprometem o desenvolvimento de cidadãos conscientes, pois ao se deparar com estes fatos toda a comunidade escolar desacredita do projeto e de seus objetivos.



Figura 19: Placa Fotovoltaica da Escola Municipal Nicomedes Theotônio Vieira. Fonte: Autores, 2018.

Em relação aos geradores eólicos de energia foi possível obter algumas informações sobre a localização dos aparelhos e o destino da energia produzida por eles. Conforme informação coletada, em 2017, na Secretaria de educação de Búzios, os geradores eólicos (figura 20), estavam localizados no Porto da Barra para produzir energia e abastecer o condomínio e o complexo gastronômico ali existente. O que demonstra a aplicação do investimento para uma determinada parcela da sociedade.



Figura 20: Gerador Eólico em manutenção no Porto da Barra. Fonte: Autores, 2018.

Em 2018, segundo observações realizadas in loco e informações coletadas no setor de serviços do condomínio do Porto da Barra, foi possível verificar que os geradores eólicos estavam com defeito, sem funcionamento e aguardando manutenção. Já em 2020, durante visita ao local, verificou-se que os geradores eólicos foram retirados do Porto da Barra, deixando o respectivo condomínio sem este serviço de geração de energia.

[5] Iluminação Pública Inteligente

As redes inteligentes tornam o gerenciamento da iluminação pública das cidades mais eficiente, possibilitando regular os níveis de luminosidade em função do horário e o fluxo de pessoas e variar a potência evitando desperdícios. O Projeto conta com 150 LED *technology luminaries* integradas à rede inteligente, cinco luminárias com microgeração eólica e noventa pontos com comando remoto. O que permite reduzir o consumo em até 60%, já que as luminárias de LED Inteligente (figura 21) têm maior vida útil e proporcionam redução significativa no custo de manutenção em relação às lâmpadas convencionais. A partir da tecnologia torna-se factível produzir energia menor que 1MW nas unidades consumidoras de baixa tensão. As redes inteligentes oferecem todo o suporte necessário

para que redes elétricas flexíveis sejam implementadas (ENEL, 2013). Quanto à iluminação inteligente, durante a análise realizada *in loco*, só foi possível encontrar as Luminárias de LED nas ruas da Lagoa da Usina de Búzios (figura 22).



Figura 21: Luminária de LED. Fonte: Autores, 2015.



Figura 22 - Luminárias de LED que ficam localizadas em frente a Lagoa da Usina de Búzio. Fonte: Autores, 2018.

Conforme o observado *in loco* e por meio de informações coletadas, em 2020, com a Secretaria de educação de Búzios, as luminárias da Rua da Lagoa da Usina de Búzios estão funcionando corretamente, cumprindo o objetivo do CIB.

[6] Cidadão consciente e informado

O Centro de Monitoramento e Pesquisa é o núcleo de informações do Projeto. Neste local a população tinha acesso ao processo de implantação, as propostas e as metas. O Centro possuía ainda, a função de monitorar as informações e dados, além de disponibilizar espaços para pesquisadores e exposições de tecnologias.

Nota-se que somente o emprego da tecnologia não irá proporcionar os resultados necessários para alcançar a sustentabilidade, mas a conscientização dos cidadãos é o ponto-chave. Assim, o programa Consciência Ampla, através da integração social, estimula o consumo consciente e o uso eficiente da energia. O objetivo é mostrar a necessidade de minimizar os impactos ambientais, de praticar o consumo consciente da energia elétrica e dos recursos naturais (ENEL, 2013).

Como parte do objetivo de promover o descarte adequado de resíduos foi implantado o projeto Consciência Ecoampla, que incentiva os cidadãos a prática de reciclagem de resíduos e óleos.

Em análise *in loco*, realizada em 2017 no endereço do Centro de Monitoramento e Pesquisa da Enel, foi possível verificar que o Centro encontrava-se desativado. Tal fato é demonstrado nas figuras 23 e 24. Ao retornar à localidade, em 2020, verificou-se a realidade representada na figura 25, sendo possível observar a instalação de um comércio de serviço de banda larga no local onde anteriormente localizava-se o Centro de Monitoramento e

Pesquisa.



Figura 23: Abandono do Centro de Monitoramento e Pesquisa.
Fonte: Autores, 2017.



Figura 24: Abandono do Centro de Monitoramento e Pesquisa.
Fonte: Autores, 2017.



Figura 25: Comércio de internet instalado no local onde antes era localizado o Centro de Monitoramento e Pesquisa.
Fonte: Autores, 2020.

Quanto ao Consciência Ecoampla, segundo a Enel (2013), no período de abril de 2012 a abril de 2013 mais de 20.460 kg de resíduos e 18.638 litros de óleo foram coletados (ENEL, 2013). Porém, apesar dos bons resultados, segundo os dados coletados com a Secretaria de Educação, existiam informações que o ponto de coleta, que os cidadãos utilizavam para descartar seus resíduos de maneira mais adequada, iria fechar. Tal informação foi confirmada em observação in loco e dados coletados, em 2020, com a Secretaria de educação de Búzios. Segundo a Secretaria mencionada, o Ecoampla de Búzios fechou e os serviços que eram oferecidos ali foram transferidos para a Secretaria de Ciências de Cabo Frio. Destaca-se que esta transferência deixou a população de Búzios sem o ponto de coleta de resíduos, uma ação que além de prejudicar a formação da consciência ecológica prejudica diretamente o meio ambiente por conta dos descartes inadequados destes resíduos.

[7] Prédios inteligentes

Os medidores eletrônicos e as redes inteligentes propiciam o consumo consciente de energia. Os medidores eletrônicos e as redes inteligentes propiciam o consumo consciente de energia elétrica, através da interação da rede elétrica e com os aparelhos existentes nas residências.

A “*miniwind*” (figura 26) devido sua pequena dimensão, pode ser instalada nos telhados e/ou nos jardins das residências para produzir energia elétrica com a força do vento (ENEL, 2013).

A Energy@home, desenvolvida pela Enel distribuidora, a Electrolux, a Indesit e a Telecom Itália, é uma plataforma que comunica os eletrodomésticos, possibilitando o controle do consumo das casas para evitar sobrecargas de rede. O dispositivo Enel *Smart Info* permite que o cliente acesse de sua residência as informações registradas pelo medidor eletrônico de energia, garantindo ao consumidor a alternativa de monitorar e adaptar os seus hábitos de modo a economizar.



Figura 26: *Miniwind*. Fonte: Autores, 2015.

No ano de 2015, durante visita a Búzios, foi possível observar o sistema de residências inteligentes em algumas casas de um condomínio. Porém, ao retornar, em 2017, não foi possível ter acesso a essas residências para verificar se o sistema ainda estava em funcionamento. Assim, não foram encontrados registros nem residências onde o sistema foi implantado. O que deixa claro que, possivelmente, foram implantadas em um número restrito de residências.

Contudo, foi encontrado o TOB, que é uma construção modular em forma de triângulo pré-fabricada e desenvolvida para ser uma construção operativa autossustentável em energia, podendo ser instalado em áreas isoladas. Os materiais utilizados são madeira reciclada de baixo peso, telhas com isolante térmico, preparadas para fixação dos painéis solares, e paredes duplas em policarbonato, onde passa a iluminação externa e serve como isolante térmico. A edificação é de fácil montagem e em Búzios foi montada em duas semanas por quatro profissionais. O Projeto original conta com baterias, para o armazenamento da energia, recarregadas pelos painéis fotovoltaicos. Contudo, o exemplar visitado em Búzios possui uma instalação feita aos moldes da Geração Distribuída, onde o sistema de geração de energia é conectado à rede de distribuição.

Segundo informações coletadas em 2017, com a Secretaria de educação de Búzios, a casa modular Triangular *Operative Building* (TOB) (figura 27) foi cedida pela Enel para a Secretaria de Educação por um sistema de comodato e encontrava-se, até a data da pesquisa, sobre responsabilidade da Secretaria. Segundo a Secretaria a concessionária era a responsável pela manutenção da casa e quando as manutenções eram necessárias a secretaria entrava em contato com o Centro de Monitoramento e Pesquisa da Enel. Contudo, como o Centro havia fechado, os funcionários relataram não saber a quem recorrer quando em casos de reparo e manutenção. Na Secretaria de educação, o TOB foi destinado a resguardar uma exposição de estudos sobre as praias do respectivo município.

Em 2018, durante estudo in loco foi possível verificar que a casa TOB continuava sendo utilizada para abrigar a exposição chamada Espaço da Geodiversidade, figura 28. Em visita realizada em 2020 verificou-se que a casa TOB ainda se encontra a serviço da

Secretaria.



Figura 27: Triangular *Operative Building*. Fonte: Autores, 2017.



Figura 28: Triangular *Operative Building*. Fonte: Autores, 2018.

[8] Telecomunicações, controle e *internet* banda larga

O CIB possui o objetivo de oferecer *internet wifi* gratuita inteligente em áreas da cidade para os cidadãos e turistas (figura 29). Os pontos de instalação da *internet* são a praça Santos Dumont e a rua das Pedras.



Figura 29: Aparelho e cabos de Internet. Fonte: Autores, 2015.

Segundo dados coletados com a Guarda Municipal de Búzios, em 2017 existia a rede *wifi* aberta na praça Santos Dumont, Búzios- RJ, mas a rede foi desligada e a placa que ficava localizada no centro da cidade que descrevia o Projeto-piloto foi retirada.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreender, as problemáticas urbanas, as particularidades e necessidades de cada local é essencial para a criação de um planejamento urbano sustentável, que relacione o desenvolvimento e a preservação ambiental.

A partir das análises, é possível verificar que o Projeto Cidade Inteligente Búzios (CIB) atende aos objetivos sete e onze da Agenda 2030, no que se refere ao planejamento, organização e tecnologia do Projeto-piloto estudado. Esta congruência demonstra a qualidade de muitas das ações desenvolvidas na cidade de Búzios. Contudo, o projeto CIB

não executou todos os objetivos planejados. Consta-se ainda, que no final do seu período de implantação não há continuidade nas boas medidas e programas implantados, sendo esta, a maior problemática do estudo de caso apresentado.

O Projeto alcançou destaque internacional e levou o nome de Cidade Inteligente Búzios para as discussões a respeito das cidades sustentáveis. Porém, verifica-se que o mesmo só foi implantado nos bairros litorâneos, caracterizados pela abrangência turística e por consequência os mais valorizados financeiramente, não abrangendo as áreas mais periféricas e menos valorizadas.

Através do CIB é possível observar as possibilidades e tecnologias que podem ser integradas ao planejamento urbano. Mas, as falhas ocorridas durante a execução de algumas medidas não permitiram que o Projeto alcançasse todos os seus objetivos. As informações verificadas a respeito da Escola Municipal Nicomedes Theotônio Vieira e do Colégio Municipal Paulo Freire representam o déficit ocorrido durante o gerenciamento do sistema de geração de energia implantado. Destaca-se que, o pleno funcionamento das placas solares teria sido um elemento incentivador de boas práticas para toda a comunidade escolar. Contudo, a falta de informações, acerca da funcionalidade das placas fotovoltaicas, criou no corpo docente e discente da escola uma descrença no Projeto proposto.

Em contraposição, observa-se que ficou um legado dos conceitos do Projeto para a iniciativa privada da cidade. Segundo observações realizadas *in loco* e dados coletados em um comércio local, localizado no Porto da Barra, verificou-se que o estabelecimento que já tinha uma pegada ecológica, foi motivado a implantar um conjunto de placas fotovoltaicas para produzir energia. A energia produzida no comércio é direcionada para a concessionária de energia local, que aplica descontos na tarifa mensal de energia, conforme a quantidade de energia produzida.

Assim, questiona-se a interrupção ocorrida no Projeto Cidade Inteligente Búzios após o fim do prazo de sua implantação. É compreensível que o CIB tivesse um período determinado de execução, porém uma cidade inteligente não funciona somente no período de sua implantação, ao contrário, deveria funcionar em melhores condições após o fim de sua implantação, pois estaria tecnicamente em completo funcionamento.

Com o fechamento do Centro de Monitoramento e Pesquisa a população, turistas e pesquisadores não tiveram mais acesso às informações relativas ao Projeto e as ações desenvolvidas durante o período de implantação do CIB.

Deste modo, foi possível observar as inúmeras contribuições que o sistema de *smart grid* pode proporcionar para a população de uma cidade. Os maiores objetivos de uma *smart city* devem ser atender as necessidades existentes da população e diminuir os impactos ambientais e a degradação do meio ambiente. Desta forma, destaca-se que, com o fim do prazo de implantação do Projeto Cidade Inteligente Búzios, o mesmo não deveria ter sido desativado, pois, desta forma foi perdido grande parte do investimento realizado e poucas contribuições positivas perduraram na localidade para a população, não havendo

continuidade nos ensinamentos acerca da educação ambiental.

REFERÊNCIAS

COMISSÃO, Europeia. Smart cities Cities using technological solutions to improve the management and efficiency of the urban environment. 2021. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en. Acesso em: Abril de 2021.

Department of Energy, United States – DOE. “The Smart Grid: An Introduction”, Washington, DC., 2003.

EUROPEAN COMMISSION. Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems. European Technology Platform Smart Grids, Vision and Strategy for Europe’s Electricity Networks of the Future. European Communities, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261556414_Vision_and_Strategy_for_Europe’s_Electricity_Networks_of_the_Future. Acesso em abril de 2021.

ETZKOWITZ, H. The triple helix of university-industry-government: implications for policy and evaluation. Science Policy Institute, Working Paper, 2002-11.

ENEL, Grupo. Cidade Inteligente Búzios. 2013. Disponível em: < <http://www.cidadeinteligentebuzios.com.br>. Acessado em: 07/07/2017.

FORTES, Marcio Zamboti. et al. Power quality analysis for dg in smart city búzios. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICITY DISTRIBUTION, 23., 2015, Lyon. Proceedings... Lyon: Cired, 2015. Disponível em: http://cired.net/publications/cired2015/papers/CIRE2015_1582_final.pdf. Acesso em: Abril de 2021.

FREITAS, João Alcantara de. Cidade inteligente Búzios: entre paradigmas e percepções. 131 f. Dissertação (mestrado) – Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil, Programa de Pós-Graduação em História, Política e Bens Culturais. 2014. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/11802>. Acesso em: 04.02.2021.

GIFFINGER, R., FERTNER, C., KRAMAR, H., KALASEK, R., PICHLER-MILANOVIC, N., & MEIJERS, E. (2007). Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities. Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology. Retrieved september 25, 2016. Disponível em: http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf. Acesso em 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Armação dos Búzios. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/armacao-dos-buzios.html>. Acesso em: 31.05.2021.

KPMG. Infrastructure 100: world cities edition. Amstelveen: KPMG, 2012.

ONU. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Objetivo 11, Cidades e Comunidades Sustentáveis. Link: <http://www.agenda2030.org.br/ods/11/>. Acesso em: 05.04.21.

OECD – Organisation for Economic Co-Operation and Development. Smart Sensor Networks: Technologies and Applications for Green Growth. OECD Digital Economy Papers, No. 167, OECD Publishing, Paris. 2009. <http://dx.doi.org/10.1787/5kml6x0m5vkh-en>. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/smart-sensor-networks_5kml6x0m5vkh-en. Acesso em: Abril de 2021.

RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G.; BRASILEIRO, A.; ALCANTARA, D.; QUEIROZ, M.. Observando a Qualidade do Lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação. Rio de Janeiro: FAU-UFRJ (Coleção PROARQ), 2009. Disponível em: www.fau.ufrj.br/prolugar acesso em janeiro de 2021.

ROMERO, Marta A. B. Frentes do urbano para a construção de indicadores de sustentabilidade intra urbana. In: Paranoá: cadernos de arquitetura e Urbanismo da FAU-UnB. Ano 6, n. 4 (novembro/2007). – Brasília: FAU UnB, 2007.

ZANELLA, A., BUI, N., & CASTELLANI, A. (2014). Internet of things for smart cities. *Ieee Internet Of Things Journal*, 1(1), 22-32. Retrieved July 1, 2016 from <http://ieeexplore.ieee.org/document/6740844/> authors.

MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM) E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GERAÇÃO E GESTÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS SUSTENTÁVEIS

Data de submissão: 04/04/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Paula de Castro Brasil

Pós-doutorado em Inovação e tecnologias para a qualidade do projeto. Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro (UNILASALLE-RJ)
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/1387556808330533>.

Juliana Christiny Mello da Silva

Doutoranda da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Arquitetura (PROARQ)
Rio de Janeiro — RJ
<http://lattes.cnpq.br/2007045797886151>.

Luiz Matheus Defelippe Gouveia

Graduando em Arquitetura e Urbanismo. Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro (UNILASALLE-RJ)
Niterói - RJ
<https://lattes.cnpq.br/5815405119226423>.

Gisele Duarte Caboclo Antolin

Doutorado em Ciência dos Materiais no Instituto Militar de Engenharia. Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/0318467707969652>

Maria Iaponeide Fernandes Macêdo

Pós-doutorado em Nanociência e Nanotecnologias e as possibilidades na pesquisa e no ensino. Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/1387556808330533>.

Neyda de la Caridad Om Tapanes

Doutorado em Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/0118442747096331>

RESUMO: A modelagem BIM é constituída a partir de um modelo único da edificação, formado por um banco de dados que facilitam a disseminação de informações no processo colaborativo, no qual existe a necessidade de coparticipação dos profissionais nas decisões projetuais. O presente estudo possui o objetivo examinar as contribuições do *Building Information Modeling* (BIM) para o gerenciamento dos projetos de arquitetura sustentável. Para tal, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, referente ao tema, sendo analisados níveis da

plataforma BIM com os desafios do projeto nesse perfil. Diante das análises, foi possível perceber que a modelagem da informação através da plataforma possibilita aos arquitetos a experimentação, a atualização dos documentos, e a interoperabilidade que contribuem para a sustentabilidade nos diversos níveis, permitindo a geração e o gerenciamento de construções mais sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Arquitetura Sustentável. Modelagem da Informação da Construção (BIM). Gestão do Processo de Projeto. Interoperabilidade.

BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) AND ITS CONTRIBUTIONS TO THE GENERATION AND MANAGEMENT OF SUSTAINABLE ARCHITECTURAL PROJECTS

ABSTRACT: The BIM platform is constituted from a single model of the building, formed by a database that facilitates the dissemination of information in the collaborative process, in which there is a need for co-participation of professionals in design decisions. The present study aims to examine the contributions of Building Information Modeling (BIM) to the management of sustainable architecture projects. To this end, a systematic review of the literature on the subject was carried out, analyzing levels of the BIM platform and the challenges of the project in this profile. In view of the analyses, it was possible to perceive that the modeling of information through the platform allows architects to experiment, update documents, and interoperability that contribute to sustainability at different levels, allowing the generation and management of more sustainable constructions.

KEYWORDS: Sustainable Architecture. Building Information Modeling (BIM). Project Process Management. Interoperability

1 | INTRODUÇÃO

As demandas do projeto de arquitetura são diversas, o que requer que o arquiteto conjugue aspectos plásticos, racionais, lógicos e intuitivos em um mesmo exemplar arquitetônico, objetivando uma arquitetura funcional e sustentável, que atenda às necessidades de seus usuários.

É fundamental que as estratégias de *design* sustentável sejam aplicadas à estética, no qual o projeto sustentável pode criar abordagens mais racionais combinando avanços tecnológicos dos materiais e elementos sustentáveis com a plástica, integrando-os em busca de uma composição harmônica.

Discussões a respeito da sustentabilidade têm se intensificado nos últimos anos devido aos impactos ambientais e suas consequências para o meio ambiente. Sendo necessário abordar a questão de forma cautelosa, com objetivo de despertar a sociedade quanto à realidade ambiental, a fim de minimizar os impactos negativos ao meio ambiente.

Assim, é eminente a necessidade de compreender e integrar a sustentabilidade como premissa de projeto, para atender as necessidades ambientais vigentes, criando espaços e edificações nos quais a gestão da concepção formal, cadeia produtiva, toda sua vida útil e pós-ocupação visem a redução dos impactos ambientais. Desta maneira, são

apresentadas neste trabalho o *Building Information Modeling* (BIM) e suas contribuições para o processo de projeto de arquiteturas mais sustentáveis.

2 | ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

“A história da arquitetura documenta a engenhosidade da humanidade, seu senso de harmonia e seus valores. É uma profunda reflexão das complexas motivações de indivíduos e sociedade” (ROGERS, 2015). Ao longo dos anos novas necessidades vão sendo empregadas ao projeto de arquitetura, a fim de atender os anseios da sociedade. No cenário atual algo que tem fomentado e gerado debates em todas as instâncias é a relação da natureza com a sociedade. Impactos ambientais e a degradação do meio ambiente demonstram a necessidade de se repensar a arquitetura em prol de um desenvolvimento consciente.

O desenvolvimento sustentável é conceituado como “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (WCED, 1987). Assim, o planejamento e execução de uma arquitetura sustentável devem priorizar mecanismos que racionalizem o processo, diminuindo os impactos sobre a natureza.

A construção civil tem contribuído para a degradação do meio ambiente devido a diversos fatores, tais como: o alto consumo de recursos naturais; o grande volume de resíduos gerados da construção (que, muitas vezes, são depositados em locais inadequados); a seleção de materiais; a falta de gestão de recursos; os impactos sonoros dos canteiros entre outros aspectos (BRASIL, 2014).

Sabe-se que a produção de edificações sustentáveis envolve alguns desafios:

Integrar tecnologias sustentáveis - adoção de técnicas construtivas e estratégias projetuais que contribuam de forma integrada para o perfil da edificação, como sistemas de captação de água da chuva, energias renováveis, possibilidades de ventilação e iluminação natural, entre outras, o que exige conhecimento técnico, o planejamento e investimento financeiro;

Considerar as condicionantes climáticas locais - adaptar o projeto ao clima e ao terreno é premissa para qualquer projeto de arquitetura. Entretanto, para que o projeto seja eficiente e sustentável, é preciso levar em consideração o clima e o terreno onde será construído, adotando análises detalhadas da topografia, da insolação, dos ventos e da umidade, de forma que auxilie nas decisões ao longo do processo de projeto;

Escolher materiais sustentáveis: a escolha de materiais de construção sustentáveis é um dos principais desafios do projeto de arquitetura sustentável, já que muitos dos materiais tradicionais são prejudiciais ao meio ambiente e os novos materiais muitas vezes demonstram poucas informações quanto. É preciso buscar alternativas e intensificar a produção de novos materiais nesse sentido;

Análise do ciclo de vida do edifício: é necessário levar em consideração todo o ciclo de vida do edifício, desde a decisão de construir e a escolha do sítio a ser edificado. Isso inclui priorizar a mão de obra local, adoção de materiais duráveis e recicláveis através da seleção de fornecedores comprometidos com a durabilidade e qualidade, gestão da energia, dos resíduos, e da água, além da escolha de uma equipe multidisciplinar comprometida com o produto final edificado.

Sendo assim, a gestão para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos requer tratar as premissas da sustentabilidade de forma colaborativa é um dos principais obstáculos na gestão da comunicação. Outro fator imprescindível é a organização dos documentos e informações projetuais. Revisados e alterados continuamente, é necessário um núcleo disposto em programas gráficos computacionais firmados em variações paramétricas.

Sabe-se que o processo de projeto na construção civil tem papel fundamental para a qualidade da edificação, pois nele convergem todas as decisões, ações e restrições tecnológicas, de custo e prazo a fim de organizar a produção da edificação e os agentes envolvidos em cada etapa (BRASIL, 2010). Em função disso, o presente estudo tem como objetivo analisar as contribuições do *Building Information Modeling* no processo de projeto com foco na sustentabilidade.

Para atender as necessidades dos projetos de edifícios na contemporaneidade, tornou-se indispensável o gerenciamento de informações no desenvolvimento do processo de projeto. A Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) traz o suporte necessário para administrar as informações digitais de projetos que possuem complexa geometria, forma e estrutura (SILVA; BRASIL, 2018).

Assim, a Modelagem da Informação da Construção porta-se como uma resposta às demandas da “Era Digital”, no qual a Tecnologia da Informação possibilita racionalizar e gerenciar dados desde a concepção projetual.

Segundo Leal e Salgado (2019), o BIM não se refere apenas aos softwares que permitem a modelagem paramétrica da informação, mas também a forma de trabalho e o processo de projeto que estão por trás da adoção desses softwares. Os softwares que operam na lógica BIM possibilitam manipular a forma por meio de simulações, a fim de que os testes realizados indiquem a real viabilidade do projeto. Pode-se através da plataforma trabalhar o modelo da edificação juntamente com os agentes climáticos e assim gerar simulações que indicaram o grau de conforto ambiental da edificação simulada, viabilizando a criação e execução de arquiteturas com maior qualidade e mais sustentáveis.

3 | CONTRIBUIÇÕES DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO PARA O PROCESSO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS MAIS SUSTENTÁVEIS

Atualmente no mercado competitivo a tecnologia da informação BIM pode ser vista um modelo que contempla informações para a produção da edificação visando a qualidade

do processo e do produto final.

Assim, a tecnologia BIM vem para propiciar a elaboração de projetos abrangendo o processo de construção do modelo do edifício ou de um conjunto deles, atribuindo-lhe informações em várias dimensões (EASTMAN, 2008). E o emprego da TIC pode auxiliar o processo de projeto, racionalizar, administrar dados da construção de edifícios e propiciar a geração de simulações visando diminuir ou eliminar os impactos e o consumo no setor da construção civil.

O desempenho ambiental de uma edificação é determinado por sua capacidade de minimizar ou eliminar seus impactos negativos sobre o meio ambiente. E para tal o edifício é submetido a cinco avaliações: o planejamento sustentável da área construída; economia de água e eficiência em sua utilização; eficiência energética e emprego de energia renovável; conservação de materiais e fontes de recursos; e qualidade do ambiente interior (COUNCIL, 2002).

Desta maneira, a modelagem da informação (BIM) permite o arquiteto modelar edifícios em um ambiente virtual, no qual todas as informações encontram-se concentradas em um único modelo. Sendo assim, a Tecnologia da Informação torna-se essencial para o gerenciamento da funcionalidade dos edifícios com o objetivo de torná-los mais sustentáveis, desde a fase de concepção projetual até a fase de manutenção da edificação, também chamada de Gestão de *Facilities*. A TIC da modelagem BIM é utilizada para racionalizar e administrar dados da construção de edifícios com complexas geometrias e detalhamentos. Trata-se de uma plataforma com uma metodologia que envolve a criação e o gerenciamento de informações sobre um edifício ou projeto de construção, de forma colaborativa entre diferentes equipes e disciplinas envolvidas no processo de construção.

Embora a plataforma BIM esteja frequentemente associada à modelagem 3D, a metodologia é muito mais ampla e pode incluir informações de diferentes dimensões, como tempo, custo e sustentabilidade. Além disso, a plataforma pode ser aplicada em diferentes níveis de detalhamento e especificidade, desde o planejamento conceitual até a construção e operação pós-construção. Em relação às dimensões organizacionais, os níveis de uma organização, desde equipes específicas de projeto até a gestão e administração do ciclo de vida completo de um edifício ou instalação podem ser gerenciados: 3D - modelagem tridimensional com a adição de informações; 4D (modelagem + tempo), a partir de um protótipo, possibilita gerenciar o tempo da construção; 5D (modelagem + tempo + custo), permite visualizar etapas de produção da edificação e também dos recursos financeiros, a fim de controlar a viabilidade financeira do empreendimento, prevendo com mais exatidão o tempo, os materiais e o custo; 6D (sustentabilidade do projeto) trabalha com a dimensão energia sustentável ao modelo, para quantificar e qualificar a energia gasta durante a construção, a energia a ser consumida no seu ciclo de vida e seu custo; 7D (ciclo de vida + manutenção da edificação) inclui a dimensão de operação ao modelo. Permite que o usuário consiga extrair informações e compreenda como o empreendimento funciona

em sua totalidade, suas singularidades e quais os procedimentos de manutenção devem ser seguidos em caso de falhas ou defeitos; 8D (segurança) está relacionado a saúde e segurança durante a execução e manutenção da edificação, prevenindo possíveis riscos no processo construtivo e operacional, adicionando componentes de segurança; 9D (*Lean Construction*) refere-se a construção enxuta, metodologia de trabalho a ser utilizado para a efetiva conclusão do processo BIM associado a racionalização do processo de produção; e 10D (Construção industrializada) trata do benefício global da construção industrializada. Possui a finalidade de detalhar os obstáculos à produtividade na indústria da construção e melhorar a produtividade ao longo do processo. Esta dimensão analisa o modelo desde o projeto até a gestão da infraestrutura.

Logo se verifica que a modelagem BIM possui a lógica da construção física no ambiente virtual, permitindo análise de materiais, técnicas construtivas, ações sustentáveis e a qualidade do ambiente construído ao longo do ciclo de vida da edificação.

3.1 Interoperabilidade

No que se refere à produção de edificações sustentáveis, sabe-se que as informações relativas ao processo de projeto das edificações tornaram-se ainda mais complexas com a adoção de metas referentes ao desempenho. Daí a importância de se aprimorar o processo de projeto, viabilizando a interoperabilidade entre os atores que fazem parte da realização do projeto. Assim, a plataforma BIM pode auxiliar na elaboração de projetos com alta qualidade ambiental. O que se impõe aos profissionais de arquitetura e engenharia é a necessidade de se estabelecer um novo método de organização e gestão do processo de realização do projeto e construção que viabilize a incorporação dos princípios da sustentabilidade (SALGADO; CHATELET; FERNANDEZ, 2012).

A constante atualização de dados oriunda de todos os envolvidos no projeto e a coerção do mercado da construção civil que procura grandes resultados em curtos espaços de tempo avultam a necessidade de que os modelos utilizados sejam interoperáveis. Assim, por meio de *softwares* que compõem a plataforma, o modelo pode ser analisado, testado, avaliado por meio da modelagem BIM.

A passagem de dados entre aplicativos pode ocorrer de duas formas: a partir de “troca” ou por “intercâmbio”. O fluxo de dados de troca ocorre quando estes são exportados de forma não estruturada e não computável, podendo ocorrer perdas. O segundo caso é o que a interoperabilidade acontece de forma mais adequada, sendo possível “intercambiar” informações entre aplicativos BIM de quatro formas: Ligação direta (GDL, MDL), formatos proprietários (DXF, RVT, 3DS), formatos de domínio público (IFC, CIS/2) e formatos de troca baseados em *Extensible Markup Language* (ANDRADE; RUSCHEL, 2011).

Além disso, a possibilidade de analisar interfaces de operação e manutenção da edificação, agiliza o processo e torna-o mais objetivo e racional. Conseqüentemente, o modelo BIM produz benefícios também na fase de uso, operação e manutenção, auxiliando

na garantia do desempenho do equipamento na fase de pós- ocupação.

A gestão do processo de projeto em BIM permite: a avaliação do ciclo de vida (ACV) da edificação, o que inclui a percepção das suas perspectivas, a avaliação dos impactos ambientais ao longo do processo, uma abordagem interativa das etapas e agentes, além da transparência dos dados do produto a ser edificado (BRASIL, 2014).

Desta maneira, verifica-se que, a interoperabilidade da modelagem BIM integra todas as etapas do ciclo da edificação. Tornando-se uma condição básica para o planejamento de um projeto arquitetônico mais sustentável, no qual os modelos interagem entre si, tornando a análise do projeto mais precisa e possibilitando a eliminação de incongruências, o que permite diminuir os erros durante as fases do projeto.

3.2 O trabalho colaborativo e a parametrização

O Trabalho colaborativo acontece quando toda a equipe estabelece em conjunto as decisões e o prosseguimento do processo, sem centralizar as decisões em um profissional. Quando fundamentado na Tecnologia da Informação e Comunicação, são reduzidas ou afastadas as prováveis incompatibilidades entre os inúmeros projetos. Garantindo a integridade e especialidade das diferentes áreas da cadeia produtiva.

Os projetos complexos exigem um processo colaborativo, envolvendo muitos profissionais. Há uma crescente pressão e exigência por parte dos contratantes para que as equipes de projetistas sejam capazes de coparticipar de todo o processo de projeto, com prazos menores e com maior qualidade. Esse paradoxo só pode ser desfeito se os profissionais utilizarem a TIC para aperfeiçoar o processo (FLORIO, 2007).

Os avanços da TIC viabilizam e estimulam o trabalho colaborativo entre os profissionais participantes do projeto arquitetônico. A velocidade com que as informações são direcionadas e distribuídas potencializa a troca de ideias e diminui o tempo necessário para a tomada de eventuais decisões entre os profissionais envolvidos.

Para isso é fundamental que haja um padrão de comunicação utilizada por todos. Nesse sentido, os programas BIM podem contribuir enormemente para a integração das informações provenientes dos diversos projetos em um único modelo digital 4D, constituído por um banco de dados de todos os elementos construtivos e suas relações espaciais (FLORIO, 2007).

Segundo Ruschel e Bizello (2011), a parametrização é definida como “um conjunto de propriedades cujos valores determinam características ou o comportamento de um objeto qualquer”. Desse modo, cada elemento é reconhecido pelo computador segundo suas características, e o sistema pode recusar ou aceitar o objeto em determinado contexto em função das restrições e regras impostas. Além disso, as representações do objeto se dão de forma automática, de modo que qualquer alteração é feita no modelo virtual do objeto e não na sua representação, não demandando ajustes nas vistas, pois ocorre de forma automática.

Para que a troca de informações aconteça de forma fidedigna no desenvolvimento de um projeto de arquitetura e anexos, no qual documentos são revisados e alterados continuamente, é necessário um núcleo disposto em programas gráficos computacionais firmados em variações paramétricas.

Na modelagem BIM os elementos que constituem o projeto da edificação são paramétricos, interconectados e integrados. Por conta desta metodologia é possível editar e alterar os componentes do projeto já modelados e dos projetos complementares, obtendo atualizações instantâneas que repercutem em todo o projeto. A consequência disso é a diminuição dos conflitos entre elementos construtivos, a facilitação das revisões, o aumento da produtividade e a congruência em todos os projetos complementares (figura 1).

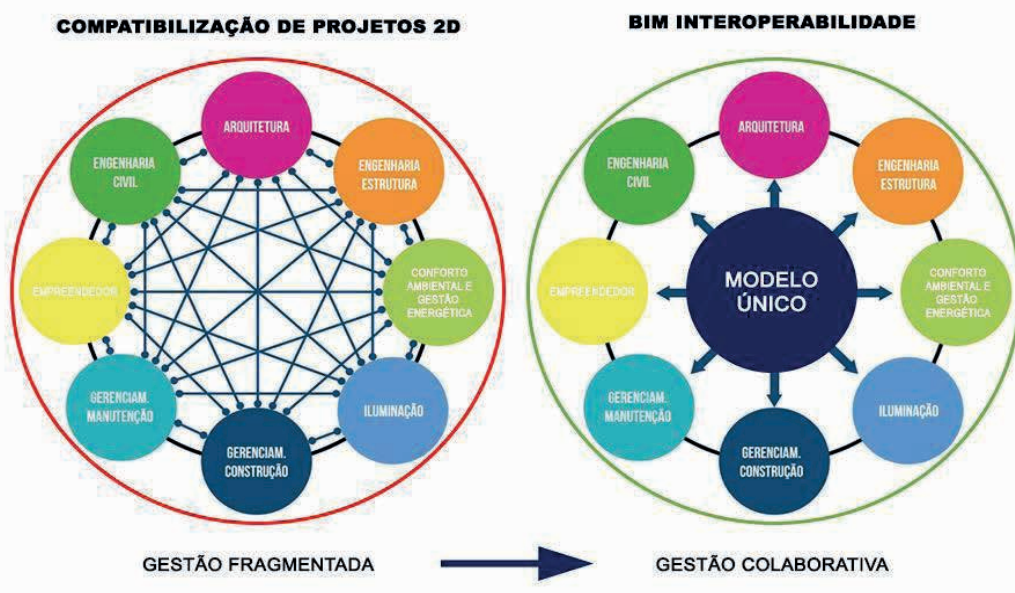


Figura 1: Interoperabilidade, parametrização, fluxo de informações e o Trabalho colaborativo do modelo BIM

Figura 1: Elaboração própria, 2023.

Por conseguinte, toda a equipe deve ter domínio das ferramentas da plataforma e envolvimento no trabalho colaborativo a partir da parametrização, a fim de contribuir para a qualidade do projeto no decorrer da evolução do trabalho. Além disso, a mesma linguagem projetual e documental (taxonomia) deve ser adotada entre todos os integrantes envolvidos no processo de projeto, evitando incompatibilidades e favorecendo a interoperabilidade (BRASIL,2014). E tal interoperabilidade tende a diminuir riscos, desperdícios de tempo e custo.

O quadro 1 associa os desafios do projeto de arquitetura sustentável e as

potencialidades que a gestão do processo de projeto em BIM nos seus diversos níveis:

CONTRIBUIÇÕES DO BIM FRENTE AOS DESAFIOS DO PROJETO SUSTENTÁVEL								
DESAFIOS PARA O PROJETO SUSTENTÁVEL	DIMENSÕES ORGANIZACIONAIS DO MODELO BIM							
	BIM 3D modelo	BIM 4D tempo	BIM 5D custo	BIM 6D sustentabilidade	BIM 7D ciclo de vida	BIM 8D segurança	BIM 9D Lean Construction	BIM 10D Indrialização
Integrar tecnologias sustentáveis				x	x	x	x	x
Considerar as condicionantes climáticas locais	x			x		x		
Escolher materiais sustentáveis			x	x			x	x
Análise do ciclo de vida do edifício	x	x	x	x	x	x	x	x
Idealização do produto com premissas sustentáveis	x			x				
Análise de viabilidade	x	x	x	x				
Análise dos processos	x	x	x	x			x	x
Simulação de desempenho		x	x	x			x	
Gestão de operação e manutenção das edificações	x			x	x	x	x	

Quadro 1: Contribuições que do BIM para a arquitetura sustentável

Fonte: Elaboração própria, 2023.

Dessa forma, é possível perceber que a plataforma BIM pode trazer vários benefícios para a construção sustentável, tais como:

Análise e simulação: análises e simulações do desempenho do edifício em relação à eficiência energética, iluminação natural, ventilação, conforto térmico, entre outros aspectos. Isso possibilita a identificação de possíveis problemas e a busca por soluções antes da construção.

Integração de sistemas: integração de sistemas e equipamentos sustentáveis, como painéis solares, sistemas de captação de água da chuva, iluminação LED, entre outros,

permitindo uma maior eficiência energética e redução de custos.

Redução de desperdício: a gestão eficiente dos materiais de construção, evitando desperdício e reduzindo os impactos ambientais.

Maior eficiência na construção: a plataforma BIM permite a coordenação de todos os aspectos do projeto em uma única plataforma, o que possibilita uma maior eficiência na construção, reduzindo o tempo e os custos envolvidos.

Gestão do ciclo de vida do edifício: desde a concepção do projeto até a sua manutenção e eventual demolição. Isso possibilita uma gestão mais eficiente e sustentável do edifício ao longo do tempo.

Em resumo, a plataforma BIM pode ajudar a promover a construção sustentável por meio da análise e simulação, integração de sistemas, redução de desperdícios, maior eficiência na construção e gestão do ciclo de vida do edifício.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dos últimos anos a crescente especulação e o interesse por construções mais sustentáveis vêm aflorando os debates sobre o assunto. Como tornar os projetos arquitetônicos mais sustentável é uma questão presente e pertinente no campo da construção civil.

A partir do levantamento dos desafios na produção das edificações sustentáveis e as potencialidades da modelagem BIM, foi possível perceber a importância do uso da plataforma na sua plenitude e constatar que a análise do ciclo de vida da edificação permeia por todas as demandas da produção sustentável sendo um fator de grande relevância para o produto final edificado com esse perfil.

Destaca-se ainda a possibilidade de análises por meio das simulações que contribuem para o processo de tomada de decisão na gestão do processo de projeto.

Diante disto, observa-se que uma composição arquitetônica envolve o habitar humano e o conforto necessário para tal. Assim, pensar no ciclo de vida da edificação, que é segmentado: planejamento, implantação, uso, manutenção e demolição, desde a fase inicial do projeto, de forma integrada, possibilita minimizar ou eliminar os possíveis erros de execução do projeto, melhorando o desempenho do produto final edificado.

Pelas observações e aspectos analisados nesta pesquisa, pode-se observar as irrefutáveis contribuições do *Building Information Modeling* (BIM) para o processo do projeto arquitetônico sustentável, pois possibilita o melhor gerenciamento de dados e de informações projetuais durante todas as fases do edifício. Entretanto, torna-se necessário uma mudança de paradigmas no processo de geração e gestão de projetos, tornando o trabalho colaborativo e integrado como um pilar essencial para a qualidade do projeto durante todo o seu ciclo de vida.

REFERÊNCIAS

- ADDOR, Miriam. **Building Information Modeling**. 8º Encontro Regional, Fórum AsBEA. 2009a. 26 p.
- ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. **Building Information Modeling (BIM)**. In: O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia/ Doris C.C.K. Kowaltowski, Daniel de Carvalho Moreira, João R.D. Petreche, Márcio M. Fabricio. São Paulo: Oficina de Textos, 2011a. 7 p.
- BRASIL, Paula de Castro. **Arquitetura Sustentável em Edificações Públicas: Planejamento para Licitações de Projeto**. Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2014. 20, 121 p.
- COUNCIL, *United States Green Building*. **An Introduction to the US Green Building Council and the LEED Green Building Rating System**. Washington, DC. Marco, 2002. Disponível em: <www.usgbc.org/USGBCIntroSLIDES.ppt>. Acesso em: novembro de 2017.
- DAROS, José. **GUIA COMPLETO: BIM 10D construção industrializada**. 2019. Disponível em: <https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>. Acesso em: 29/03/ 2023.
- EASTMAN, Chuck; TEICHOL, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Bim Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, 2008. 13 p.
- FLORIO, Wilson. **Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura**. III Encontro Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil – TIC2007. 5 p.
- GRAY, Colin. “**Design Management – Experiences and Current Practices**”. Anais NUTAU 2006: inovações tecnológicas e sustentabilidade, cd-rom, 2006. 8 p.
- LAMBERTS, Roberto; GOULART, Solange V.; FIRMINO, Samanta. **Dados climáticos para projetos e avaliação energética de edificações para 14 cidades Brasileiras**. In: LAMBERTS, R.; PEREIRA, F.; DUTRE, L. et al. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: PW Editores, 2007.
- LEAL, B. M. F.; SALGADO, M. S. **Propostas de incorporação de BIM no curso de Arquitetura e Urbanismo**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019025, 25 jul. 2019. ISSN 1980-6809. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653676>. Acesso em: 29/03/2023. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653676>.
- ROGERS, Richard. **Cidades Para um Pequeno Planeta**. Editora Gustavo Gili, 1ª Edição, 8ª Impressão, 2015. 67 p.
- RUSCHEL, Regina; BIZELLO, Sergio Adriano. **Avaliação de sistemas CAD livres**. In: KOWALTOWSKI, D. C. C.; MOREIRA, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRICIO, M. M. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- SALGADO, Mônica Santos; CHATELET, Alain; FERNANDEZ, Pierre. **Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 4, out./dez. 2012a. 81-99 p.
- SILVA, Juliana; Brasil, Paula. **BIM como auxílio ao processo de projeto na arquitetura escolar**. XVII Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. Foz do Iguaçu: 2018

WCED - World Commission on Environment and Development. ***Word in Transition: The Research Challenge***. Berlin: Springer Verlag. 1996. Annual Report 1996. 19 p.

BIOFILTRO PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES GASOSOS - TÓPICOS SOBRE OS MECANISMOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO

Data de aceite: 02/06/2023

Ana Carolina Godoy Albino

Universidade Federal de São Carlos
(UFSCAR),
[<http://lattes.cnpq.br/3522829401807692>];

Luanna de Oliveira Milantoni

Universidade Federal de São Carlos
(UFSCAR),
[<http://lattes.cnpq.br/2559421121715331>];

Vinicius Rainer Boniolo

Universidade Federal de São Carlos
(UFSCAR),
[<http://lattes.cnpq.br/8757447264574231>];

Alberto Luciano Carmassi

Universidade Federal de São Carlos
(UFSCAR),
[<http://lattes.cnpq.br/1112710223194882>];

Giuliana Rondineli Carmassi

Universidade Federal de São Carlos
(UFSCAR),
[<http://lattes.cnpq.br/1483021311370862>];

Gabrielle Maria Camargo Soldera

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR),
[<http://lattes.cnpq.br/5478646115561757>]

Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho

Universidade Federal de São Carlos
(UFSCAR),
[<http://lattes.cnpq.br/7139425471960071>];

RESUMO: A poluição do ar é a introdução de substâncias que causam danos ou desconforto aos seres humanos ou outros organismos vivos, ou poluem o ambiente natural na atmosfera. Então, como controlar a poluição do ar? Muitas tecnologias têm sido aplicadas em todo o mundo, no entanto grande parcela destas apresentam custos elevados e geram poluentes secundários. Pretende-se discutir os mecanismos envolvidos nos processos dinâmicos de uma tecnologia considerada ainda emergente para remover compostos tóxicos das emissões atmosféricas: o biofiltro. A biofiltração é um processo que utiliza microrganismos imobilizados em um leito fixo poroso. No que concerne aos mecanismos envolvidos no processo, basicamente o fluxo de gás contaminado passa pelo leito filtrante, que por sua vez absorve os poluentes biodegradáveis, para que, em uma última etapa, os microrganismos o converta em compostos menos poluentes. Em geral, os biofiltros são fáceis de instalar, podem ser operados continuamente e não requerem muita manutenção. Por estas razões, eles têm sido profundamente estudados e aprimorados em todo o mundo.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição do Ar; Tratamento de Emissões Gasosas;

BIOFILTER FOR THE TREATMENT OF ATMOSPHERIC EMISSIONS - TOPICS ON THE MECHANISMS INVOLVED IN THE PROCESS

ABSTRACT: Air pollution is the introduction of substances that cause harm or discomfort to humans or other living organisms, or pollute the natural environment in the atmosphere. So, how to control air pollution? Many technologies have been applied worldwide, however, a significant portion of these have high costs and generate secondary pollutants. This article aims to discuss the mechanisms involved in the dynamic processes of an emerging technology for removing toxic compounds from atmospheric emissions: the biofilter. Biofiltration is a process that uses microorganisms immobilized in a fixed porous bed. As for the mechanisms involved in the process, the contaminated gas flow passes through the filtering bed, which in turn absorbs the biodegradable pollutants so that in a final step, microorganisms convert them into less polluting compounds. In general, biofilters are easy to install, can be operated continuously, and do not require much maintenance. For these reasons, they have been extensively studied and improved worldwide.

KEYWORDS: Air Pollution; Treatment of Gaseous Emissions; Biological Technologies; Biofilter

1 | INTRODUÇÃO

A biofiltração é um processo complexo de eliminação de uma parcela quantitativa de poluentes gasosos que ocorre através da combinação de diferentes mecanismos, sendo processos físico-químicos e biológicos, que incluem transferência de massa e reações químicas que, por sua vez, são influenciados pela fluidodinâmica do fluxo gasoso que atravessa o reator (CONVERTI; ZILLI, 1999).

Os princípios que regem a biofiltração são semelhantes aos processos comuns em biofilmes. De maneira geral, três etapas ocorrem no leito do biofiltro (ARAÚJO, 2014). O contaminante na fase gasosa é solubilizado e transferido para um biofilme aderido à superfície de um material de enchimento (orgânico ou inorgânico), deste modo ele atravessa a interface entre o fluxo gasoso e o biofilme aquoso que circunda o meio sólido. (SILVA, CARVALHO, LOPES E ANDRADE, 2017).

O contaminante é transferido através do biofilme, atingindo o meio aclimatado com microrganismos, onde ocorre a conversão dos contaminantes em produtos, sendo estes, biomassa, CO_2 e H_2O , obrigatoriamente, além de outros produtos dependendo do gás contaminante (CARMELA, 2010). O fenômeno de transferência de massa preponderante é a difusão, embora haja outros mecanismos como a convecção, no entanto, ele é geralmente negligenciado por ser quantitativamente desprezível. (BEZERRA, 2022).

A mesma corrente gasosa que atinge o biofilme, conduz o CO_2 , produtos e calor emitido das reações bioquímicas ocorridas no leito. A Figura 1 elucida o funcionamento de um biofiltro e as etapas anteriormente descritas e a figura 2, apresenta, de maneira

ampliada, as partículas do material suporte, e os principais mecanismos físico-químicos envolvidos no processo de biofiltração.

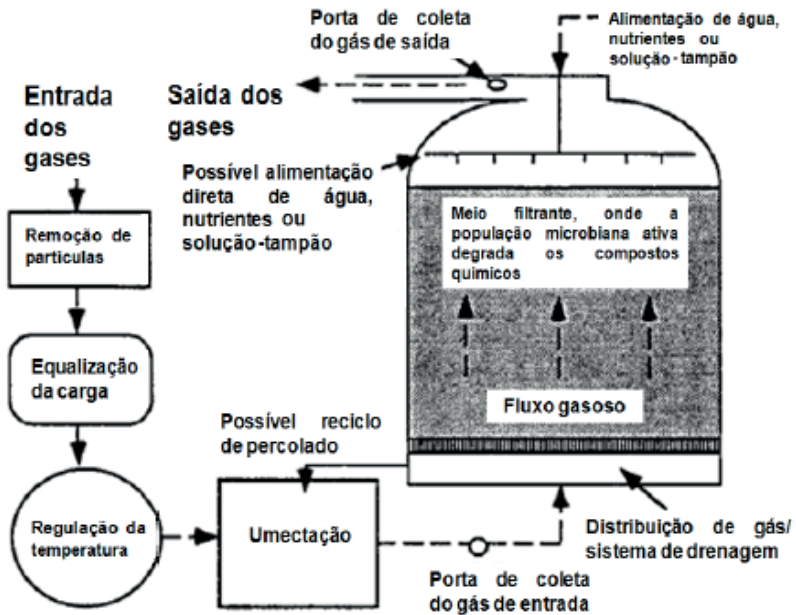


Figura 1 - Esquema geral de um sistema de biofiltração

Fonte: Swanson; Loehr, 1997.

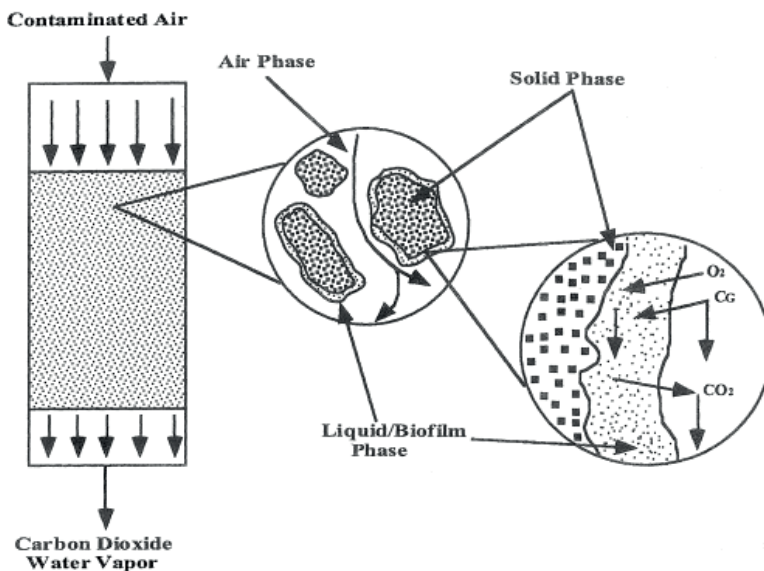


Figura 2 - Ampliação das partículas do material suporte, e os principais mecanismos físico-químicos envolvidos

Fonte: Deviny *et al*, 1998 (Adaptado).

2 I FUNDAMENTOS DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA E SOLUBILIDADE

Transferência de massa. A transferência de massa é o processo de transporte onde existe a migração de uma ou mais espécies químicas em um dado meio, podendo esse ser sólido, líquido ou gasoso. No sentido lato pode ser entendida como o movimento espacial da matéria, sendo que o transporte de componentes se dá de uma região de alta concentração para outra de baixa concentração. Este processo tem como base a segunda lei da termodinâmica ($dS \geq 0$), em que, haverá fluxo de matéria de uma região de maior a outra de menor concentração de uma determinada espécie química. Na transferência de massa há diversas contribuições, mas as mais urgentes seriam:(SCHULZ, 2003).

- *Contribuição difusiva:* transporte de matéria devido às interações moleculares,
- *Contribuição convectiva:* auxílio ao transporte de matéria como consequência do movimento do meio.

Dentro deste contexto, a transferência de gás no interior de um biofiltro consiste na primeira etapa do tratamento do efluente gasoso. Nessa etapa ocorre a transferência do contaminante no fluxo de ar para a fase líquida, principalmente através dos processos de difusão, até que seja atingido o equilíbrio entre as fases (AMATUZI, 1999).

O transporte de massa pode ocorrer por advecção. Nele, ocorrem movimentos descritos pela velocidade das partículas do fluido, considerando que todas se movem com a mesma velocidade (SILVA, 2013).

Outro fenômeno de transferência de massa que ocorre na biofiltração é a convecção, que é resultante dos dois processos citados anteriormente. Este processo depende das propriedades de transporte e das especificidades de cada fluido. Nele ocorre a movimentação do fluxo gasoso causado pela diferença de densidade, decorrente das variações de concentração ou temperatura (LUPORINI, 2005).

No processo de biofiltração o mecanismo de transferência de massa preponderante é o de *difusão*, o que pode ser representado fisicamente e descrito matematicamente pela Lei de Fick.

Para expressar matematicamente o contexto apresentado na Figura 4, utiliza-se a Lei de Fick, que considera a variação de concentração e massa no eixo x. Esta equação (1) parte do princípio de que o fluxo de massa é proporcional ao gradiente de concentração (SCHULZ, 2003).

$$m' = -D \frac{dC}{dx} \quad (1)$$

Em que, m' : fluxo de difusão ($\text{mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); D: coeficiente de difusão ou difusividade ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$); C: concentração do poluente (mol.m^{-3}); x: eixo x (horizontal) (m); $\frac{dC}{dx}$; variação da concentração do poluente em relação ao eixo x.

Do ponto de vista conceitual, diz-se que m' exprime de que dimensão é a quantidade

de substância por unidade de área por unidade de tempo. Em outras palavras, mede a quantidade de substância que vai fluir através de uma unidade de área durante o intervalo de tempo da unidade; D é o coeficiente de ajuste tendo sua dimensão em área por unidade de tempo; C é a concentração do poluente e x posição, a dimensão de comprimento.

A transferência de massa é uma função das propriedades físico-químicas do poluente, das propriedades do material suporte (viscosidade, sais e conteúdo orgânico), e das características internas do reator (o comportamento fluidodinâmico, velocidade do líquido, pH e temperatura).

Solubilidade. Um mecanismo muito importante para o efetivo funcionamento dos processos dependentes no processo de biofiltração é a solubilidade do gás contaminante a ser removido na fase líquida contida no interior do sistema.

A solubilidade pode ser definida como a quantidade máxima que uma substância pode se dissolver em um solvente (BRAGA, 2020). A solubilidade é expressa no fenômeno qualitativo do processo (dissolução), além de se expressar quantitativamente a concentração das soluções (MANNING, 1995). A solubilidade de uma substância depende da natureza do soluto e do solvente, assim como da temperatura e da pressão às quais o sistema é submetido, portanto, a solubilidade é a tendência do sistema em alcançar o valor máximo de entropia (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013).

Os gases, em geral, são pouco solúveis em líquidos. Existem, porém, dois fatores que alteram sua solubilidade: a pressão e a temperatura. A influência da pressão sobre um líquido pode ser enunciada pela Lei de Henry.

Com relação especificamente ao pH e temperatura, sabe-se que esses parâmetros ambientais são muito importantes devido a sua relação com a solubilidade (capacidade de um soluto ser dissolvido por outro) e conseqüentemente com a Lei de Henry. Ressalta-se também que, quanto menor for a temperatura maior será a solubilidade do gás (SIQUEIRA, 2011).

3 | ASPECTOS CONCEITUAIS BÁSICOS SOBRE A ASSOCIAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE MASSA, SOLUBILIDADE (LEI DE HENRY) E A CINÉTICA PARA MODELAGEM MATEMÁTICA

Existem diferentes maneiras para representar os diferentes fenômenos de transferência de massa que ocorrem no interior de um biofiltro. Podemos encontrar na literatura modelos mais simplificados e sofisticados. Embora os modelos estejam assentados sobre a mesma base conceitual eles podem diferir em algumas considerações como, por exemplo, o volume de controle para a análise. A primeira proposição de modelo para biofiltro surgiu com Ottengraf, em 1983 (Figura 3).

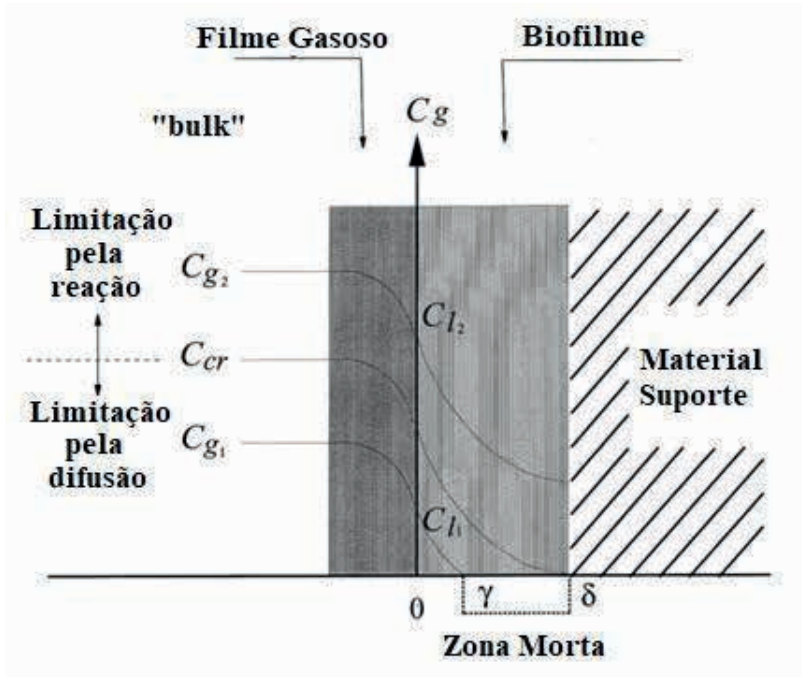


Figura 3 - Modelo de eliminação de poluentes no biofiltro.

Fonte: Adaptado de Ottengraf, 1983.

Os microrganismos vivem em uma camada úmida (biofilme), a qual rodeia a partícula do material suporte (orgânico ou inorgânico) no leito do biofiltro. A espessura do biofilme é pequena quando comparada com o tamanho da partícula. A biodegradação pelos microrganismos cria um gradiente de concentração do gás poluente dentro do biofilme (C_l), o qual promove a difusão do poluente tanto da fase gasosa para o biofilme (C_g) quanto dentro do biofilme (C_l). A degradação do poluente gasoso ocorre dentro do biofilme e, portanto, a taxa de eliminação do composto na fase gasosa depende tanto da difusão da fase gás para o biofilme (transferência de massa) quanto da taxa de degradação dentro do biofilme (cinética) (WU *et al*, 1998).

A fim de desenvolver uma compreensão fundamental da eliminação de poluentes gasosos no biofiltro, é importante entender tanto a micro cinética da reação de eliminação biológica ocorrendo no biofilme quanto a macro cinética da eliminação geral no biofiltro. Um modelo micro cinético que descreve a biodegradação de poluentes gasosos em culturas foi desenvolvido por Ottengraf (1983) o qual é baseado na hipótese de que a concentração de substrato nas fases gasosa e líquida está sempre em equilíbrio na fase limite e é descrita pela Lei de Henry enquanto o fluxo da fase gasosa através do biofiltro é do tipo pistonado. Maiores detalhes sobre a matemática envolvida no modelo de Ottengraf, dentre outros, será discutida em publicação futura.

• Fase líquida

A água é uma fonte vida, em uma simples gota podemos encontrar incontáveis substâncias orgânicas e microrganismos. Estes microrganismos dependem desta fonte para sua sobrevivência, como para realizar seu metabolismo e sua multiplicação (OTSUKA *et al*, 2016).

No biofiltro, em sua fase líquida, há uma camada laminar de água que funciona como um fator limitante e diminui a velocidade de transferência, seguida de uma fase de mistura. Contudo, em biofiltros não há fase turbulenta, pois, a água está substancialmente estacionária e em um biofilme saturado, em que um conjunto de microrganismos e partículas ligados à superfície suporte estão embebidos na lâmina de água. Isso faz com que o movimento da água seja sempre laminar e, conseqüentemente, a difusão é o mecanismo de deslocamento do contaminante prevalente (ALVES, 2005).

Aqui é importante fazer uma ressalva: considera-se realmente que a água está em estado estacionário, no entanto o fluxo gasoso pode ou não escoar sob condições de turbulência, sendo necessário determinar o número de Reynolds para avaliar o grau de turbulência do escoamento gasoso (AZEVEDO NETTO, 1998).

A principal diferença entre um biofiltro e um biopercolador encontra-se na fase líquida. No biopercolador, esta fase é móvel, sendo possível ver a movimentação da água a olho nu, sendo a umidade quase sempre equivalente a 100%. Já no biofiltro, por essa fase ser estacionária, tendo a função apenas de umedecer o material suporte, não é possível visualizar a água a olho nu, sendo a umidade ideal geralmente mantida na faixa entre 40 e 60% (BRANDT, 2016).

Como técnicas de umidificação dos biofiltros, cita-se: a) sistema de aspersor ou neblina; que operam através da pressão fazendo o lançamento do jato de água, b) torre de umidificação; na qual o ar é comprimido em torres de água e umidificado até o seu ponto de saturação, c) gotejadores; tubos ou mangueiras com um pequeno diâmetro distribuem da água através de pequenos orifícios feitos em suas paredes.

4 | DINÂMICA FÍSICO-QUÍMICA DO FLUXO CONTAMINANTE NO BIOFILME

A transferência de contaminantes do ar para a água e sólidos em um biofiltro é fundamental, basilar. As moléculas do contaminante podem ser dissolvidas no líquido, quanto adsorvidas na superfície do meio filtrante; adsorvidas nos poros mais profundos do meio; absorvidas pela matéria orgânica do meio ou adsorvidas na superfície da biomassa e do biofilme, de modo que para contaminantes com elevada solubilidade em água a dissolução será dominante e o volume da fase aquosa influenciará na quantidade transferida do ar, enquanto para contaminantes hidrofóbicos, predomina a adsorção na superfície do meio e na matéria orgânica (SIQUEIRA, 2011).

Conforme supracitado os processos físico-químicos preponderantes na dinâmica tanto externa quanto interna do biofilme podem ser classificados das seguintes maneiras: dissolução, absorção e adsorção. Nos subtópicos a seguir, serão abordados de maneira geral tais processos, os quais estão apresentados na Figura 4.

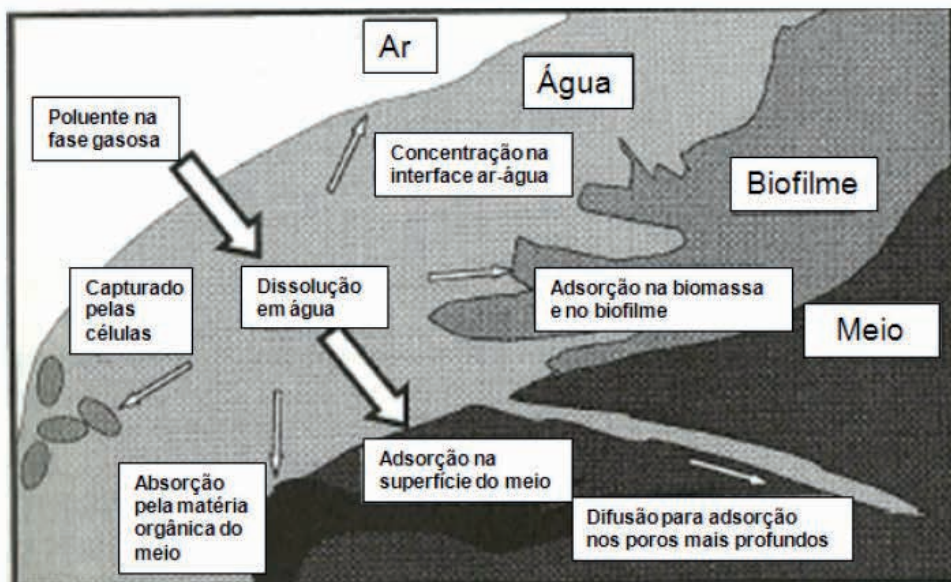


Figura 4 - Dinâmica geral de transferência no meio filtrante

Fonte: Siqueira, 2011 *apud* Deviny *et al*, 1999.

O local de ocorrência do processo de adsorção é, principalmente, na superfície do material suporte e no seu interior. Estes locais variam de acordo com a porosidade do meio, visto que um material mais poroso permite maior adsorção no seu interior e um material menos poroso permite uma maior adsorção na superfície. Considerando uma operação de longo prazo, pode-se dizer que a adsorção é irrelevante quando comparada com a efetiva remoção biológica, pois diversos estudos constataram que a adsorção foi preponderante por somente algumas horas após a partida do biofiltro (BELLI FILHO *et al.*, 2001; KOHL; NIELSEN, 1997; STUETZ; FRECHEN, 2001; BRANDT *et al.*, 2021).

Por outro lado, a dissolução de gás em líquido é fundamental para o bom funcionamento do biofiltro, sendo considerada a primeira etapa do processo como um todo. Em outras palavras, se não houver dissolução, ou seja, a passagem do gás para a fase líquida, o tratamento será inefetivo.

• Adsorção

A adsorção é um processo de transferência de massa no qual os fluidos ou gases

se concentram na superfície dos sólidos, possibilitando a separação dos componentes (NASCIMENTO *et al*, 2020).

O processo de adsorção consiste no transporte de uma determinada molécula da fase gasosa para uma fase sólida, que ocorre de modo instantâneo e com pouca utilização de energia. Diferentes materiais porosos podem ser utilizados para a realização da adsorção, sendo o mais comum o carvão ativado (CHERNICHARO, 1997; SILVA, 2008).

Alguns fatores como o tipo de concentração de contaminantes, temperatura, pressão, tipo de adsorvente e umidade relativa influenciam a adsorção. A eficiência deste processo aumenta-se de modo proporcional com a pressão, com o peso molecular dos componentes odorantes, com a concentração do gás e com o ponto de ebulição. Porém, a umidade relativa elevada reduz potencialmente a eficiência na adsorção de substâncias com ponto de ebulição reduzido e de baixo peso molecular (SILVA, 2003).

Há dois modelos de equações comumente utilizados para descrever a adsorção: o modelo de Freundlich e o modelo de Langmuir. O modelo de Freundlich, descrito pela equação 2, pressupõe que não há limite teórico para a adsorção e o aumento da concentração da fase líquida resulta no aumento da quantidade de contaminantes adsorvidos (FREUNDLICH, 1906):

$$q = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

Onde: q_e : Concentração do contaminante adsorvido (mg.g^{-1}); K_f constante da capacidade de adsorção de Freundlich (unidade); C_e concentração de equilíbrio na fase líquida (mg.L^{-1}); $\frac{1}{n}$: constante relacionada à heterogeneidade da superfície.

O modelo de Langmuir, por sua vez, assume que a adsorção ocorre em locais específicos e pode ser calculada considerando o equilíbrio químico entre as concentrações dissolvidas e adsorvidas em um número limite de locais, como mostra a equação 3 a seguir (LANGMUIR, 1916):

$$C_{ads} = \frac{C_{max} C_L}{K_L + C_L} \quad (3)$$

Onde: C_{ads} : Concentração do contaminante adsorvido; C_{max} : Concentração máxima quando todos os locais estão ocupados; C_L : Concentração na fase líquida; K_L : Constante de adsorção de Langmuir.

Nesse modelo, valores de C_L pequenos indicam que há muitos dos locais de adsorção sem ser ocupados, assim a adsorção não é limitada pelo número total de locais e a relação de Langmuir se aproxima da de Freundlich linear (quando $n = 1$). Já quando C_L é muito alto, essencialmente todos os locais de adsorção serão ocupados, e a quantidade adsorvida será uma constante independente da concentração.

De acordo com Rocha (2007), a capacidade de adsorção do meio em um biofiltro é, em muitos casos, uma função da concentração de contaminante no ar. Desse modo,

o aumento da concentração de ar fará com que mais contaminantes sejam adsorvidos, enquanto uma queda para uma concentração menor fará com que seja liberado.

Entretanto, a adsorção e a dessorção não ocorrem de forma imediata, de modo que em alguns casos, esses processos podem ser muito rápidos, fazendo com que os sistemas estejam sempre próximos do equilíbrio, e as relações de Freundlich ou Langmuir sejam satisfeitas, enquanto em outros, a adsorção e a dessorção podem ser bastante lentas. As taxas de degradação dos contaminantes adsorvidos podem ser limitadas pelas taxas de dessorção (NASCIMENTO *et al*, 2020).

Nas tabelas 1 e 2, a seguir estão apresentados alguns resultados experimentais de ensaio de adsorção em biofiltros com diferentes materiais suporte em condições abióticas.

Composto	Tempo para Saturação	Concentração de Entrada	Material Suporte	Referência
H ₂ S	<1 hora	270 ppm	Espuma de Poliuretano	Rocha (2007)
H ₂ S	<2 horas	209 ppm	Espuma de Poliuretano	Pantoja Filho (2008)
	<1 hora	209 ppm	Fibra de coco	
	<2 horas	230 ppm	Bagaço de cana	

Tabela 1 - Resultados experimentais de ensaio de adsorção em biofiltros.

Taxas de adsorção lentas fazem com que a quantidade de contaminantes retidos possa ser diferente da capacidade de adsorção. Desse modo, como a capacidade de adsorção varia com a concentração, uma mudança rápida na concentração de contaminantes pode deixar as quantidades de retenção médias acima ou abaixo da capacidade de adsorção de equilíbrio, e a dessorção e adsorção ocorrerão. Ademais as taxas de adsorção também variam com o tempo de residência do leite vazio (ROCHA, 2007; PANTOJA FILHO 2008).

Material Suporte	Parâmetros de isoterma de Langmuir			Parâmetros de isoterma de Freundlich		
	C _{ads} (mg NH ₃ /g material seco)	K _L m ³ /mg NH ₃	r ²	K _f (mg NH ₃) ¹⁻ⁿ . (m ³).n/ Material seco	n adimensional	r ²
Composto	1,22	0,0039	0,99	-	-	-
Fibra de coco	1,06	0,0121	0,92	0,0994	0,3688	0,98
Lasca de madeira	11,4	0,0013	0,85	0,0631	0,6718	0,86
Poda	1,81	0,0011	0,98	-	-	-
Turfa	1,59	0,0027	0,99	-	-	-

Tabela 2- Valores dos parâmetros das isotermas considerando diferentes materiais suportes no tratamento da amônia em biofiltros.

Fonte: Adaptado de Pagans; Font; Sánchez, 2007.

A adsorção de amônia dos cinco materiais orgânicos testados pode ser modelada por Langmuir ou Freundlich. A capacidade máxima de adsorção dos materiais varia de 1,06 a 1,81 mg NH₃/g de meio seco para as concentrações típicas de amônia encontradas em estações de tratamento de resíduos (de 0 a 800 mg/m³ de NH₃). Há uma falta importante de dados experimentais de biofiltros em grande escala. O amoniômetro desenvolvido neste trabalho pode ser útil para o projeto e operação de biofiltros (PAGANS, FONT e SÁNCHEZ, 2007).

• Absorção

No equilíbrio, a divisão entre a concentração do contaminante no ar e na água é descrita pela Lei de Henry, de modo que a concentração na fase gasosa será diretamente proporcional a concentração na fase líquida multiplicada pela constante de Henry, como demonstrado na equação 4 (SILVA FILHO, 2013).

$$P = C \cdot H \quad (4)$$

Onde: P: Pressão parcial (mol.L⁻¹); C: Concentração do soluto na fase líquida (mol.L⁻¹); H: Constante de Henry (adimensional).

A constante de Henry depende das características dos poluentes, nota-se que quanto maior a solubilidade da substância, maior será o valor da constante (SIQUEIRA, 2011).

A título de demonstração experimental, Pagans, Font e Sánchez (2007) realizaram experimentos para determinação do coeficiente de Henry considerando 5 materiais suportes diferentes no tratamento do gás amônia em biofiltro. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Material Suporte	Capacidade de Campo (saturação) (%)	Coeficiente de Henry (Adimensional ¹)	r ²
Composto	61,0	2885	0,99
Fibra de coco	88,1	2903	0,96
Lasca de madeira	67,8	15320	0,94
Poda	69,0	3923	0,82
Turfa	79,6	1866	0,99

Tabela 3 - Resumo dos resultados obtidos nos experimentos de absorção em biofiltro tratando amônia.

Fonte: Adaptado de Pagans; Font; Sánchez, 2007.

Pode ser observado que há diferenças significativas nos coeficientes de Henry para os 5 materiais testados. Estes resultados estão em contradição com as considerações teóricas porque, termodinamicamente, ambas as fases (ar e água) e o gás poluente (amônia)

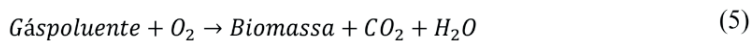
¹ Na capacidade de campo

são os mesmos, sendo assim o coeficiente de Henry deveria depender da temperatura somente. Embora a razão para tal caso não esteja clara pode-se supor que a água em um material orgânico está presente na forma de biofilme, ou seja, a capacidade de absorção e o coeficiente de Henry podem ser alterados de acordo com a composição química do biofilme, o qual pode conter materiais orgânicos solúveis e insolúveis. Ademais, pode-se concluir que a capacidade de absorção depende muito provavelmente da composição química específica do biofilme em materiais orgânicos utilizados na biofiltração (PAGANS; FONT; SÁNCHEZ, 2007).

5 | DINÂMICA BIOLÓGICA DO FLUXO CONTAMINANTE NO BIOFILME

Os contaminantes transferidos através da interface gás-líquido são utilizados como fonte de carbono e energia pelos microrganismos no leito. No processo de transferência contínua, uma vez que os gases poluentes são difundidos ao longo da estrutura do biofiltro de modo lento, ocorre a degradação aeróbia através dos microrganismos. Esse processo de decomposição tem como característica a formação de subprodutos metabólicos, dentre eles o dióxido de carbono e água (PANTOJA, 2008).

Os microrganismos utilizam oxigênio como receptor de elétrons, produzindo basicamente biomassa, gás carbônico e água, reação descrita pela equação geral 5.



Ressalta-se que a reação descrita na equação geral 6, leva em consideração que o gás poluente é um COV. No entanto, obviamente o produto da reação dependerá do gás a ser tratado, por exemplo, se o gás poluente for o sulfeto de hidrogênio (H_2S), os produtos não serão os mesmos apresentados na referida equação. De qualquer maneira, tal equação é muito utilizada na literatura para descrever de maneira geral a conversão de um gás poluente em produtos menos agressivos ao meio ambiente e a saúde humana.

Os processos de metabolismo em geral, como citado na equação 6, podem ser aeróbios ou anaeróbios, mas a maioria dos processos de biofiltração são aeróbios, empregando bactérias autotrófica e heterotróficas, ou seja, microrganismos que realizam a quimiossíntese e que consomem matéria orgânica, respectivamente. No caso dos microrganismos heterotróficos, a matéria orgânica é consumida constitui o doador de elétrons na bio-oxidação e sua degradação fornece energia para a síntese de um novo material celular (SILVA, 2008). Cabe ressaltar que em outros casos, como na degradação de compostos de sulfeto de hidrogênio (H_2S) são usualmente empregadas microrganismos autotróficos (PANTOJA FILHO, 2008).

No processo de biofiltração são utilizados basicamente dois tipos de microrganismos: bactérias e fungos. As bactérias se reproduzem através da fissão binária e os fungos podem se reproduzir por brotamento ou por um modo sexual, com a presença de esporos (ROSA, 1995). A taxa de crescimento, entretanto, depende de diversos fatores como da

disponibilidade do substrato, temperatura, presença de substâncias tóxicas ou inibitórias e do pH. Ademais, a biomassa requer nutrientes para o crescimento e manutenção das células (POLL, 2018).

A biomassa pode ser constituída por uma única espécie ou por um consórcio microbiano e pode ser fornecida ao sistema por um inóculo específico (SILVA, 2008). Em alguns casos, utiliza-se uma única espécie, pois teoricamente dessa forma, haveria maior eficiência de remoção do poluente, uma vez que a degradação seria direcionada. Contudo, também se observa menor estabilidade nas variações nas cargas afluentes, na temperatura e pH. Sendo assim, para plantas em grande escala, um consórcio microbiano é preferível, uma vez que existe uma maior amplitude de tolerância sobre os parâmetros necessários para a operação.

Por conseguinte, ressalta-se que, em biofiltros, o crescimento dos microrganismos é de grande importância, no entanto um aumento excessivo na população microbiana pode reduzir sua eficiência. Isso ocorre pois, dessa forma, a espessura do biofilme aumenta reduzindo a área da seção transversal, o que causa entupimento, fluxos secundários e geração de maior queda de pressão (ROCHA, 2007).

Com relação à modelagem física do biofilme, duas abordagens podem ser destacadas, sendo eles a limitação devida à reação e a limitação devida à difusão.

O processo limita-se pela reação acima da chamada concentração crítica (C_{crit}) do poluente do gás em questão (figura 5, caso a). Nos casos em que não há limitações devido à difusão, o biofilme úmido é completamente ativo, ou seja, o biofiltro está funcionando na sua capacidade máxima e o tratamento do poluente é limitado pela reação (figura 5, caso a). Nos casos de baixa concentração crítica, é a difusão quem se torna o problema e a limitante do processo, em que a velocidade de difusão se torna potencialmente superável pela velocidade de reação (figura 6, caso b). Neste arranjo, a espessura do estrato é maior que a capacidade de penetração do gás, e o biofilme não é considerado completamente ativo (figura 5, caso b) (CONVERTI e ZILLI, 1999).

De acordo com a Figura 5, uma vez que o eixo y do gráfico representa a concentração do gás poluente, quando sua concentração é baixa o processo tende a limitar-se pela difusão, uma vez que não há quantidade suficiente para a eficiência necessária no processo. Quando esta concentração é aumentada, o processo de difusão é conseqüentemente mais eficaz, fazendo com que a limitação seja exclusivamente devida a reação.

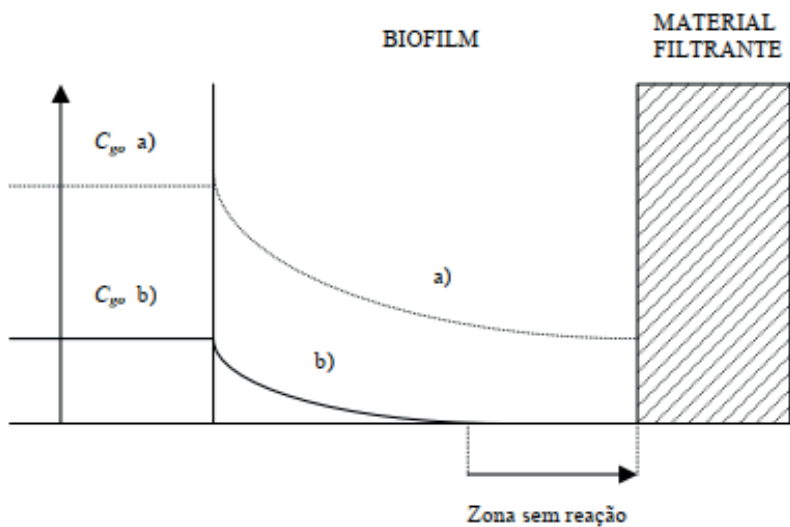


Figura 5 - Modelo biofísico de penetração do substrato.

Fonte: SILVA, 2008.

Em escala macro, ou seja, levando em consideração o biofiltro como um todo, a questão da limitação por reação ou difusão também pode ser avaliada pelo gráfico da capacidade de eliminação, sendo observada a eficiência na remoção dos compostos poluentes ao longo do tempo, até chegar na sua capacidade máxima ou crítica. Na prática operacional industrial, o gráfico da figura 8, é a mais utilizada para compreender as possíveis limitações do biofiltro, devido a facilidade na obtenção e interpretação dos dados, uma vez que, basta o operador possuir as concentrações de entrada e saída do biofiltro.

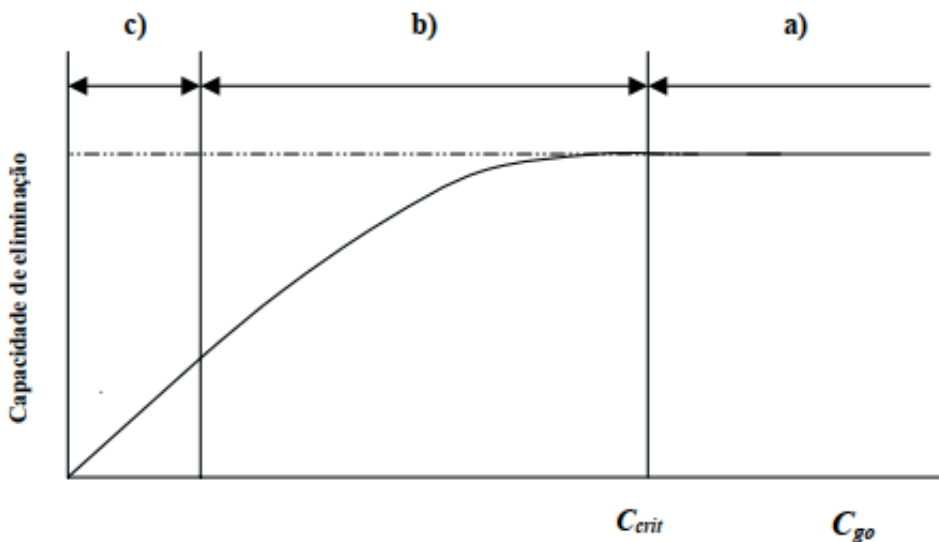


Figura 6 - Dependência da capacidade de eliminação de um biofiltro da concentração do poluente no gás afluente. a) Limitação devida à reação; b) Limitação devida à difusão; c) Conversão total.

Fonte: CONVERTI e ZILLI, 1999.

Por fim, observa-se que na figura 5 não é simples de se obter, uma vez que é necessário o emprego de ferramentas e equipamentos avançados e específicos para a obtenção de dados, que nem sempre estarão disponíveis para serem utilizados, tornando o gráfico de capacidade de eliminação do poluente mais fácil de se obter (figura 6).

6 | ERAÇÃO DE PRODUTOS

Os contaminantes que entram no biofiltro devem ser convertidos em CO_2 , H_2O e outros produtos, como nitratos e sulfatos, que dependem do poluente presente no processo (NOGUEIRA, 2013). A Tabela 4 mostra as principais reações de biodegradação de efluentes gasosos usualmente tratados no processo de biofiltração. Essa conversão pode ser realizada por um único tipo (espécie) de microrganismo, de modo que, em alguns casos específicos, uma única espécie pode conceder maior eficiência de remoção, mas também possui menor estabilidade quanto às variações na carga orgânica, na temperatura e pH (PANTOJA, 2008).

Tipo	Substrato	Reações Gerais
Orgânicos	Metano	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
	Butanol	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} + 6\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$
	Diclorometano	$\text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$
	Acetona	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O} + 4\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
	Benzeno	$\text{C}_6\text{H}_6 + 15/2\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
	Tolueno	$\text{C}_7\text{H}_8 + 9\text{O}_2 \rightarrow 7\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
	Xileno	$\text{C}_8\text{H}_{12} + 11\text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
Inorgânicos	Amônia	$\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$
	Gás Sulfídrico	$\text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$

Tabela 4 - Principais reações de biodegradação de efluentes gasosos

Fonte: Próprios Autores, 2023.

No caso de contaminantes mais complexos e difíceis de degradar e para estruturas em grande escala pode ocorrer a conversão em produtos secundários, sendo necessárias mais de uma transformação por espécies de microrganismos diferentes, formando assim um consórcio. Nesses casos, é necessário atentar-se à presença de compostos intermediários com elevada pressão de vapor que podem escapar do biofiltro se este não for devidamente operado (DEVINNY *et al*, 1998).

No caso dos COVs, parte do carbono contido no contaminante será incorporado na biomassa e esta será degradada à medida que os organismos morrem e são consumidos pelos demais microrganismos. As reservas dos produtos de transformação são adsorvidas no meio ou dissolvidas na água. No estado estacionário, entretanto, não há crescimento nem declínio da biomassa (ALVES, 2005).

Manter o estado estacionário de biomassa é particularmente importante, pois se houver crescimento continuamente, o biofiltro irá entupir. Em alguns casos, é possível limitar o crescimento da biomassa mantendo a concentração de nutrientes baixa. No entanto, principalmente em sistemas que tratam concentrações elevadas de compostos, é esperado um crescimento significativo da biomassa e, assim, deve-se utilizar outros meios para controlar a queda de pressão através do leito, como por exemplo fazer a mistura do meio de tempos em tempos (PERON; MATSUMOTO, 2004).

Em biofiltros não há criação ou destruição de compostos químicos, há apenas transformação. Sendo assim, pode-se fazer um balanço de massa com relação a quantidade de carbono (e quaisquer outros poluentes), de modo que a quantidade que entra no biofiltro deve ser igual à quantidade que sai mais a quantidade acumulada. Esse

balanço fornece os meios para uma medição relativamente rápida e precisa do acúmulo de biomassa e para testes de bancada usados para determinar se um biofiltro será eficaz para um determinado efluente, representando a real viabilidade de utilização de tal método de tratamento (ALVES, 2005).

Em uma transformação de várias etapas, a determinação de um estado estacionário requer que cada uma das transformações esteja ocorrendo na mesma taxa, ou seja, na mesma variação. Se a entrada exceder a saída de qualquer reservatório, a concentração desse composto aumentará e causará problemas como acúmulo de biomassa ou interferência no pH e no metabolismo dos microrganismos (DEVINNY *et al*, 1998).

Em alguns casos pode ser mais vantajoso provocar o processo de *input* para forçar o sistema a produzir um determinado composto intermediário de interesse econômico. Por exemplo, no processo metabólico de oxidação do sulfeto a sulfato existe um estágio intermediário, do qual produz o enxofre em sua forma elementar (S⁰), em que, comercialmente e economicamente é visto como um intermediário potencialmente vantajoso (consultar seção 4.7 deste livro).

7 | GERAÇÃO DE CALOR

A bio-oxidação microbiana dos compostos orgânicos é uma reação exotérmica, sendo assim, como subproduto da biodegradação, há geração de calor. A geração de calor causa um aumento da temperatura e, dessa forma, devido à temperatura ser um parâmetro de fácil medição, é possível utilizar a geração de calor como uma medida da atividade degradadora em biofiltros. Entretanto deve-se ressaltar que a geração de calor depende do contaminante, sendo assim, em alguns casos a quantidade de calor gerada pode ser significativa e em outros não. Além disso, ainda há outros fatores que influenciam e que devem ser considerados ao se fazer um balanço de calor.

O aumento na temperatura do biofiltro pode causar um aumento na umidade absoluta do sistema em sua fase gasosa, o que por sua vez acarretará a remoção constante de água do material suporte, sendo necessário um sistema de umidificação pensado e desenvolvido para suprir a necessidade de água dos microrganismos presentes no biofiltro.

Na literatura, são relatadas algumas especificações, como, Van Lith *et al*. (1990) que atribui um aumento geral da temperatura de 2 a 4 °C em um biofiltro em operação à atividade biológica, ou até mesmo Hodge *et al* (1995) que relataram estratificação axial, do conteúdo de temperatura e umidade em um biofiltro após a conclusão de um processo, ou seja, temperatura e umidade se dissipando ao longo do eixo central do biofiltro, porém sem resultados detalhados.

Para tornar mais visível a ideia, quando a operação de um biofiltro está em um estado estacionário, a temperatura do reservatório não irá sofrer mudanças, tornando o fator indiferente, porém, ao sair do estado estacionário, boa parte da energia gerada e

liberada na forma de calor será redirecionada para o aumento da temperatura, dessa forma, podemos estimar a absorção de energia de sua massa, calor específico e alteração na temperatura. Em um biofiltro, a maioria dos materiais acaba possuindo baixa condutividade, então, quando analisado em reatores de larga escala, o comportamento é adiabático².

Inclusive, Peter *et al.* (1997) realizaram um experimento para relacionar a geração de calor com a dinâmica de um biofiltro. O estudo utilizou como poluente o gás tolueno composto³ e como material suporte um composto, com teor de umidade de 62%, derivado de dois terços de madeira e um terço de estrume de frango. Ao final, concluíram que, a perda causada pela geração de calor microbiano foi grande, sendo de 2,3% por dia. Esse problema se torna mais grave em cargas orgânicas mais altas, o que ofusca rapidamente às mudanças causadas na umidade pelos outros mecanismos.

Em um contexto geral, através da geração de calor, ocorre um aumento na evaporação da água e a perda dessa água inibe a atividade microbiana, diminuindo o desempenho geral do reator, exemplificando a real necessidade de ter um monitoramento confiável dos mecanismos e parâmetros de um biofiltro.

8 | CONCLUSÃO

Os princípios que regem a biofiltração são semelhantes aos processos comuns em biofilmes. O contaminante na fase gasosa é solubilizado e transferido para um biofilme aderido à superfície de um material de enchimento (orgânico ou inorgânico), deste modo ele atravessa a interface entre o fluxo gasoso e o biofilme aquoso que circunda o meio sólido. O contaminante é transferido através do biofilme, atingindo o meio aclimatado com microrganismos, onde ocorre a conversão dos contaminantes em produtos menos agressivos ao meio ambiente, além de biomassa. O fenômeno de transferência de massa preponderante é a difusão, embora haja outros mecanismos como a convecção, no entanto, ele é geralmente negligenciado por ser quantitativamente desprezível. Fenômenos de transferência de massa, solubilidade, absorção, adsorção e biodegradação agem concomitantemente em favor da remoção de compostos poluentes no interior do biofiltro, portanto o reator deve ser projetado para propiciar as condições ambientais específicas e generalistas que permitam a ocorrência desses processos.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. M. Concepção e estudo de um biofiltro para tratamento de compostos orgânicos voláteis COVs. 2005.

AMATUZI, D. S. Transferência de massa gás-líquido em leitos centrífugos. 1999. 157p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP.

² Sistema adiabático é, na física, um sistema que está isolado de quaisquer trocas de calor. É uma qualidade relativa à fronteira que delimita e determina o que vem a ser um sistema físico e por conseguinte o que se chama de sua vizinhança.

³

ARAÚJO, A. P. C. S. Tratamento de esgoto sanitário sintético por sistema combinado constituído pelo reator UASB e biofiltro aerado submerso. 2014. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

AZEVEDO NETTO, M. F. Fernandez, R. Araújo, A. E. Ito. Manual de Hidráulica. São Paulo, Edigar Blucher, 1998 8ª ed. 669p.

BELLI FILHO, P., COSTA, R. H. R., GONÇALVES, R. F., CORAUCCI FILHO, B.; LISBOA, H. M. Tratamento de odores em sistemas de esgotos sanitários. In: PROSAB/FINEP/CNPq (Ed.). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. 1ª ed. Belo Horizonte: Segrac Editora e Gráfica, 2001. p. 455-490.

BEZERRA, Leandro de Paula. Atividade antibiofilme de peptídeos sintéticos: mecanismos de ação e aplicações na saúde. 2022. 112 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

BRAGA, André Soares. Cinética de flotação de silicatos: macro e micro abordagem. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2020.

BRANDT, E. M. F. Biofiltração e biopercolação de metano presente em gases residuais gerados em processos anaeróbios. 2016.

BRANDT, E. M. F. et al. Parte B: Avanços nas técnicas de controle de emissões gasosas em ETEs com reatores anaeróbios: nota técnica 5 - sistemas de biofiltração para tratamento de gases residuais. 2. ed. S.L: Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 2021. 13 p. (Cadernos Técnicos Eng Sanit Ambient. p. 63-76).

CARMELA, M. et al. Formação de biofilme na indústria de alimentos e métodos de validação de superfícies. Rev. Elet. Medic. Vet. 8: 1- 23, 2010.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – vol. 5: Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte – UFMG, 1997.

CONVERTI, A.; ZILLI, M. A biofiltração: Uma tecnologia já firmada no tratamento de emissões gasosas. Genova, Itália. 1999.

DEVINNY, J. S.; DESHUSSES, M. A; WEBSTER, T. S. Biofiltration for Air Pollution Control. [s.i.]: Crc Press, 1998.

FREUNDLICH, H. M. Over the adsorption in solution. The Journal of Physical Chemistry, v. 57, p. 385-470, 1906.

Hodge, D.S.; Devinny, J.S. "Modeling removal of air contaminants by biofiltration," J. Env Eng. 1995, 121, 21-32.

KOHL, A.L.; NIELSEN, R. Gas Purification. 5. ed. [S.L]: Gulf Pub, 1997. 1414 p. (ISBN 13: 9780884152200).

KOHL, Arthur L.; NIELSEN, Richard B. Gas Purification. 5. ed. [S.I.]: Elsevier, 1997. 900 p.

KOHL, Arthur; NIELSEN, Richard. Gas Dehydration and Purification by Adsorption. In: KOHL, Arthur. Gas Purification. 5. ed. Houston, Texas: Gulf Publishing Company, 1997. Cap. 12. p. 1022-1135. (ISBN 0-88415-220-0).

LANGMUIR, I. The dissociation of hydrogen into atoms. III. The mechanism of the reaction. Journal of the American Chemical Society, v. 38, n. 6, p. 1145-1156, abr./jun. 1916.

LUPORINI, Samuel. Transferência de Massa. Canela: Universidade Federal da Bahia, 2005. 167 p.

MANNING, D. A.C., Minerals for agriculture and the chemical industry. In: MANNING D.A.C. Introduction to Industrial Mineral. Department of Geology, University of Manchester. London: Chapman e Hall, 1995. p. 83-87.

MARTINS, Cláudia Rocha; LOPES, Wilson Araújo; ANDRADE, Jailson Bittencourt de. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova**, v. 36, p. 1248-1255, 2013.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do et al. Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. 2. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020.

NOGUEIRA, A. A. BIOFILTRAÇÃO E OXIDAÇÃO AVANÇADA PARA TRATAMENTO TERCIÁRIO E REÚSO DE EFLUENTE DE REFINARIA DE PETRÓLEO. 2013. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

OTSUKA, A. A. et al. Microrganismos também existem nas águas: por que precisamos conhecê-los? Ministério Público Federal - Boletim das Águas. São Paulo, p. 1-9. fev. 2016.

OTTENGRAF, S. P. P.; VAN DEN OEVER, A. H. C. Kinetics of organic compound removal from waste gases with a biological filter. *Biotechnology and Bioengineering*, 1983, 25.12: 3089-3102.

PAGANS, E.; FONT, X.; SÁNCHEZ, A. Adsorption, absorption, and biological degradation of ammonia in different biofilter organic media. *Biotechnology and bioengineering*, v. 97, n. 3, p. 515-525, 2007. Disponível em: Adsorption, absorption, and biological degradation of ammonia in different biofilter organic media.

PANTOJA FILHO, J. L. R. Avaliação da utilização de diferentes materiais suporte na biofiltração de sulfeto de hidrogênio. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

PERON FILHO, Olivaldo ; MATSUMOTO, T. . Estudo de um Biofiltro Aerado Submerso como Pós-Tratamento de Efluentes de Curtume. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004, São Luis - MA. Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004. v. único. p. 1-20.

Peter A. Gostomski, James B. Sisson & Robert S. Cherry (1997) Water Content Dynamics in Biofiltration: The Role of Humidity and Microbial Heat Generation, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 47:9, 936-944, DOI: 10.1080/10473289.1997.10463952.

POLL, E. R. Estimativa de parâmetros dos Modelos Cinéticos de Monod e Contois na produção de biogás de resíduos de curtume. 2018. 40 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

ROCHA, A. P. Desempenho de filtro biológico na depuração e desodorização de emissões de sulfeto de hidrogênio. 2007. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

ROSA, S. M. C. da. ISOLAMENTO E SELEÇÃO DE MICROORGANISMOS PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES FENÓLICOS. 1995. 90 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

SCHULZ, Harry Edmar. O essencial em fenômenos de transporte. . São Carlos: EESC-USP. . Acesso em: 05 abr. 2023. , 2003.

SCHULZ, Harry Edmar. O essencial em fenômenos de transporte. [S.l.: s.n.], 2003.

SILVA FILHO, Luiz Ferreira da. Evaluation and modeling of the H₂S absorption process from natural gas in a fixed-bed column. 2013. 118 f. Tese (Doutorado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SILVA, Heloísa Pinto da Motta e. Transformações do enxofre nas fases líquida e gasosa de um biofiltro aerado submerso tratando efluente de um reator anaeróbico do tipo UASB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

SILVA, I. C. C. Desenvolvimento de agregados artificiais por ativação alcalina de lamas residuais para utilização no tratamento de águas residuais. 2013.

SILVA, Marjorye Boldrini da. INFLUÊNCIA DO TIPO DE MEIO SUPORTE NO DESEMPENHO DE BIOFILTROS APLICADOS À REMOÇÃO DE H₂S DO AR ATMOSFÉRICO EM SISTEMAS DE ESGOTO SANITÁRIO. 2008. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

SIQUEIRA, L. C. G. de. Tratamento de compostos orgânicos odoríferos tóxicos por biorreatores. 2011. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Apud DEVINNY J.S. et al. Biofiltration for air pollution control. Boca Raton: Lewis Publishers, 1999.

STUETZ, R. M., FRECHEN, F. B. Odours in Wastewater Treatment: measurement, modelling and control. 1 ed. London: IWA Publishing, 2001. 456 p.

SWANSON, W. J.; LOEHR, R. C. Biofiltration: fundamentals, design and operations principles, and applications. Journal Of Environmental Engineering, [S.L.], v. 123, n. 6, p. 538-546, jun. 1997. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9372\(1997\)123:6\(538\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9372(1997)123:6(538)).

Van Lith, C.; David, S.L.; Marsh, R. "Design criteria for biofilters," in Effluent Treatment and Waste Disposal; I. Chem. E. Symp. 1990, 116, 127-138.

WU, G., et al. biological elimination of volatile organic compounds from waste gases in a biofilter. Water, Air, and Soil Pollution, 1998.

AS COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DA DOCÊNCIA PARA O ENSINO DE BOTÂNICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

Data de submissão: 22/05/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Rosi Maria Prestes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS
<http://lattes.cnpq.br/4496073429161202>

Maria Cecília de Chiara Moço

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS
<http://lattes.cnpq.br/8433358795808593>

RESUMO: O ensino de botânica está inserido na BNCC na Unidade Temática Vida e Evolução, na área de Ciências da Natureza. O objetivo do trabalho foi a análise das disciplinas do currículo, considerando as competências BNC-Formação a fim de promover a reflexão sobre a abordagem do ensino de botânica nos currículos dos cursos de licenciatura para a formação inicial de professores de ciências para os anos finais do ensino fundamental. A pesquisa documental foi realizada a partir da análise dos currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas das quatro Universidades Federais do Rio Grande do Sul. Os currículos dos cursos foram estudados a partir de uma leitura exploratória do Projeto Pedagógico do Curso e da Matriz Curricular

disponíveis nos sites das Universidade. A organização do conteúdo de botânica fragmentado em diversas disciplinas nos cursos de licenciatura e a carga horária destinada ao conteúdo específico e não ao desenvolvimento de estratégias de ensino de botânica, não atendem a dimensão conhecimento. Também não houve uma aproximação maior com a dimensão prática, pois ainda são poucas as ações de ensino direcionadas à aprendizagem do estudante da educação básica, já que ainda persiste uma grande carga horária prática do currículo da licenciatura que se limitam a relatórios descritivos para complementar a teoria de conhecimentos específicos da botânica. Também fica distante da dimensão engajamento, pois não existem momentos em que os licenciandos se comprometem com a aprendizagem dos estudantes nem com o Projeto Pedagógico da escola ou com o contexto de vida e familiar dos alunos, fora da vivência do estágio obrigatório nas escolas.

PALAVRAS-CHAVE: Ciências da natureza, ensino de botânica, BNC – Formação de professores.

SPECIFIC TEACHING SKILLS FOR TEACHING BOTANY IN INITIAL TEACHER TRAINING

ABSTRACT: The teaching of botany is inserted in the BNCC in the Thematic Unit Life and Evolution, in the area of Natural Sciences. The objective of this work was to analyze the BNC-Formação in order to promote reflection on the approach to teaching botany in the curricula of degree courses for the initial training of science teachers for the final years of elementary school. The documentary research was carried out from the analysis of the curricula of the Degree in Biological Sciences courses of the four Federal Universities of Rio Grande do Sul. The course curricula were studied based on an exploratory reading of the Course's Pedagogical Project and the Curricular Matrix available on the University's websites. The organization of botany content fragmented into different disciplines in undergraduate courses and the workload allocated to specific content and not to the development of botany teaching strategies do not meet the knowledge dimension. There was also no greater approximation with the practical dimension, as there are still few teaching actions aimed at basic education student learning, since there is still a large practical workload of the teaching degree curriculum that is limited to descriptive reports to complement the theory of specific knowledge of botany. It is also far from the engagement dimension, as there are no moments when undergraduates are committed to student learning or to the school's Pedagogical Project or to the students' life and family context, outside the experience of the mandatory internship in schools.

KEYWORDS: Natural sciences, botany teaching, BNC – Teacher education.

INTRODUÇÃO

A Base Nacional Comum Curricular para a Educação Básica (BNCC), entrou em vigor em 2018 (BRASIL, 2018a). Este documento, desde então, passa a ser o documento normativo para as redes de ensino e suas instituições públicas e privadas, uma referência obrigatória para elaboração dos currículos escolares e propostas pedagógicas para a educação infantil, ensino fundamental e ensino médio no Brasil.

Atualmente, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação ou BNC-FI), definidas na Resolução CNE/CP n. 2, de 20 de dezembro de 2019, (BRASIL, 2019b), devem ter como referência a implantação da BNCC Educação Básica. Logo, os cursos de formação de professores devem desenvolver as competências gerais e específicas previstas nesse documento. As competências específicas estão distribuídas em três dimensões fundamentais, as quais são interdependentes e sem hierarquia entre si: I - conhecimento profissional; II - prática profissional; e III - engajamento profissional.

A BNC-Formação usa a definição de competência como “a capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situação” (BRASIL, 2018b, p. 42). Logo, atribui à competência uma forma de “esquema de pensamento das operações mentais complexas (a forma) e os conteúdos contidos e que compõem o esquema de

ação” (BRASIL, 2018b, p. 42). Trata-se de um saber-fazer, pois competência pressupõem ação e movimento.

Na BNCC, as habilidades da área das Ciências da Natureza estão distribuídas em três unidades temáticas: Matéria e Energia; Vida e Evolução e; Terra e Universo. O estudo das plantas deve ser desenvolvido na unidade temática Vida e Evolução, que propõe para o ensino fundamental “[...] o estudo de questões relacionadas aos seres vivos (incluindo os seres humanos), suas características e necessidades, [...]” (BRASIL, 2018a, p. 326). Já no ensino médio, se privilegia os conhecimentos conceituais considerando a continuidade da proposta do ensino fundamental. No entanto, Ursi; Freitas e Vasques (2021) chamam a atenção que os documentos norteadores da educação foram diminuindo gradativamente os conteúdos de botânica, o que indica a desvalorização desse tema nos currículos e nas abordagens em sala de aula. O estudo da BNCC, feita pelos autores acima citados, mostrou que a botânica é citada no segundo ano do ensino fundamental nos Objetos do Conhecimento, da unidade Vida e Evolução, que citam “seres vivos no ambiente” e “plantas” em três habilidades. Também aparece citação de “plantas” em uma habilidade do 8 ano. No ensino médio, não citam explicitamente as “plantas” ou “vegetal” em nenhuma habilidade (URSI; FREITAS E VASQUES, 2021).

Como a BNCC influencia o currículo de formação de professores, acredita-se que vem ocorrendo também a desvalorização da botânica no currículo dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, o que pode vir a agravar cada vez mais essa situação. Professores mal preparados tendem a evitar a abordagem dos assuntos relacionado às plantas na sua atuação profissional futura. Esse ciclo já foi citado por Ursi et al (2018), que aponta que a melhoria na formação dos professores e a valorização do trabalho docente como elementos essenciais para a promoção da boa qualidade do ensino de botânica na educação básica.

Por consequência, a carência de habilidades que ressaltam a importância do estudo das plantas na BNCC pode agravar também a situação descrita por Parsley (2020) como “Plant awareness disparity”, e traduzida no Brasil por Ursi e Saladino (2022) como “impercepção botânica”. Parsley (2020) resalta que esse fenômeno se refere à falta de interesse das pessoas pelas plantas, a falta de atitudes positivas em relação às plantas e a falta de conhecimento da importância das plantas no ambiente. A existência desse fenômeno na sociedade provoca perdas da biodiversidade vegetal e a falta de investimento financeiro à projetos de conservação de espécies de plantas ameaçadas (Martin-Lopez et al, 2009, Havens et al 2014, Balding e Williams, 2016, Margulies et al., 2019). Estratégias de combate a impercepção botânica devem ser desenvolvidas ainda nos primeiros anos de vida da criança com a educação ambiental e contato próximo com áreas verdes, e a qualidade da capacitação durante a formação de professores é uma intervenção importante já citada anteriormente.

Alguns trabalhos já apontam as soluções que devem ser implementadas, como

a contextualização das plantas na cultura, história e cotidiano do aluno; realização de atividades práticas com plantas vivas, o uso de saídas de campo em áreas verdes, a interdisciplinaridade e metodologias que promovam o aprendizado ativo (URSI et al., 2018, URSI; FREITAS E VASQUES, 2021; PEDRINI e URSI, 2022)

Por outro lado, nas universidades públicas, em que a pesquisa científica está atrelada ao ensino, a organização das disciplinas de botânica no currículo dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas confere com as áreas de pesquisa ditadas pelo CNPq (CNPQ, 2022). Logo, este trabalho visa a análise das disciplinas de botânica dos currículos dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas, das Universidades Federais do Rio Grande do Sul, a fim de identificar a relação com as competências específicas de formação de professores.

REFERENCIAL TEÓRICO

A educação contemporânea está alicerçada no desenvolvimento científico e tecnológico. No entanto, o mesmo desenvolvimento científico e tecnológico que resulta em novos ou melhores produtos e serviços também pode promover desequilíbrios na natureza e na sociedade. Assim, cabe a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do Letramento Científico Também transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências. A área de Ciências da Natureza, por meio de um olhar articulado de diversos campos do saber, precisa assegurar aos alunos do Ensino Fundamental o acesso à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história. A botânica apresenta uma conexão profunda e fundamental para entender a complexidade e a conexão dos ecossistemas aquáticos e terrestres.

Portanto, realizar pesquisa com base no currículo de formação inicial de professores é fundamental para fazer análises e levantar discussões acerca da importância deste contexto abordando aproximações e distanciamentos no currículo dos cursos de licenciatura com ênfase no ensino de botânica.

O currículo assume seu papel na transformação social, podendo aliar-se ou simplesmente se omitir diante das mudanças atuais. Conforme Moreira & Silva, (2005, p. 146), “na escola considerou-se currículo como instrumento por excelência do controle social que pretendia estabelecer. Coube, assim, à escola inculcar os valores, condutas e os hábitos adequados”.

O currículo é, definitivamente, um espaço de poder. O conhecimento corporificado no currículo carrega as marcas indelévels das relações sociais de poder. O currículo é capitalista. O currículo reproduz – culturalmente – as estruturas sociais. Tem papel decisivo na reprodução da estrutura de classes da sociedade capitalista. O currículo é aparelho ideológico do estado capitalista. O currículo transmite a ideologia dominante.

O autor (Silva, 2015, p. 147) considera o “currículo como lugar, espaço, território,

uma relação de poder. O currículo é trajetória, viagem, percurso. O currículo é autobiografia, nossa vida, curriculum vitae: no currículo se forja nossa identidade. O currículo é documento de identidade”.

A BNC traz a definição de competência, de acordo com Perrenoud (2000, p. 15 apud Brasil, 2019c, p. 42) como “a capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situação”, logo, percebe-se que se atribui à competência uma forma de “esquema de pensamento das operações mentais complexas (a forma) e os conteúdos contidos e que compõem o esquema de ação” (BRASIL, 2019c, p. 42). Trata-se de um saber-fazer, pois competência pressupõe ação e movimento.

Neste sentido, as competências específicas para a formação inicial e continuada de professores previstas na BNC- formação de professores aborda três dimensões – Conhecimento, prática e engajamento.

No conhecimento, o professor deverá dominar os conteúdos e saber como ensiná-los, demonstrar conhecimento sobre os alunos e seus processos de aprendizagem, reconhecer os diferentes contextos e conhecer a governança e a estrutura dos sistemas educacionais.

Já no eixo da prática, o professor deve planejar as ações de ensino que resultem na aprendizagem efetiva, saber criar e gerir ambientes de aprendizagem, ter plenas condições de avaliar a aprendizagem e o ensino, e conduzir as práticas pedagógicas dos objetos do conhecimento, competências e habilidades previstas no currículo.

No terceiro e último eixo está o engajamento. É necessário que o professor se comprometa com seu próprio desenvolvimento profissional, com a aprendizagem dos estudantes e com o princípio de que todos são capazes de aprender. Também deve participar da elaboração do projeto pedagógico da instituição de ensino e da construção de valores democráticos. Além de ser engajado com colegas, famílias e toda a comunidade escolar.

Cada vez mais, torna-se notável que a aprendizagem não se dá de forma fragmentada, mas sim pelo todo, isso demonstra que a educação para uma sociedade em transformação, organizada fortemente com base no sociedade no desenvolvimento científico e tecnológico, necessita de espaços educativos inovadores, com uma forte interação humana, visando uma existência individual e coletiva, a educação, por esse viés, busca formar um ser humano integral, a interdisciplinaridade pode ser considerada uma concepção de currículo, que valoriza as disciplinas individuais e as suas inter-relações com a vida cotidiana dos estudantes.

A educação ideal busca formar um ser humano integral, não apenas preparado para o mercado de trabalho, mas um cidadão consciente e crítico.

Os currículos apresentam o cumprimento da legislação específica com carga horária adequada, porém, existe uma fragmentação dos saberes separado em disciplinas e áreas do conhecimento sem de fato aproximar e contextualizar. Os conhecimentos biológicos

e pedagógicos estão separados o que não permite um desenvolvimento maior das competências específicas.

Neste sentido a interdisciplinaridade pode ser considerada uma concepção de currículo integrado que valoriza as disciplinas individuais e suas inter-relações (Lopes & Macedo, 2011, p. 132), “a interdisciplinaridade pressupõe considerar a organização disciplinar e, ao mesmo tempo, conceber formas de inter-relacionar as disciplinas a partir de problemas e temas comuns situados nas disciplinas de referência”. Importante destacar que a interdisciplinaridade surgiu na França e na Itália em meados da década de 60, em um período marcado pelos movimentos estudantis. No final da década de 60, a interdisciplinaridade chegou ao Brasil e logo exerceu influência na elaboração da Lei de Diretrizes e Bases, Lei n. 5.692/71.

Conforme Fazenda (2005) é preciso ter coragem de mudar, de romper com a forma, com o objetivismo, de transformar o ato pedagógico em um ato de conhecimento de vida, para que o aluno saiba enfrentar a vida em um processo dialético entre a teoria e a prática. Interdisciplinaridade é uma questão de atitude.

A formação permanente é muito significativa para a práxis do professor e para a aprendizagem dos educandos. É importante destacar conteúdos que norteiam a formação continuada dos educadores e o seu compromisso social, com ênfase em sua prática e a competência profissional, bem como o caráter contínuo e interdisciplinar. (PRESTES; BOFF, 2020)

A identidade pessoal e profissional do professor está ligada ainda à sua prática social, e isto exige do professor uma formação contínua aprimorada, que abrange perspectivas individuais e coletivas. A docência exige múltiplas habilidades, em que o docente domine sua área do conhecimento e, ao mesmo tempo, sua didática e metodologia devem propor um modelo de ensino mais efetivo e adequado. O professor, por trabalhar com pessoas e prepará-las para o exercício profissional e da cidadania, talvez seja o profissional mais cobrado em sua formação, com a necessidade contínua de atualização. (Prestes; Boff, 2020)

Diante disso, cabe destacar a importância de analisar aspectos sobre o ensino de botânica nos currículos dos cursos de licenciatura de 04 instituições de ensino públicas federais do Rio Grande do Sul.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa documental foi realizada a partir da análise dos currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas das quatro Universidades Federais do Rio Grande do Sul que serão citadas no texto por meio dos seguintes códigos CA, CB, CC e CD.

Os currículos dos cursos foram estudados a partir de uma leitura exploratória do Projeto Pedagógico do Curso e da Matriz Curricular disponíveis nos sites das Universidade.

Durante a leitura, buscou-se informações da matriz curricular e nas ementas das disciplinas obrigatórias que abordassem os conteúdos de botânica. Entendemos como conteúdo de botânica o estudo de todos os organismos fotossintetizantes, incluindo cianobactérias, algas, briófitas e plantas vasculares. Também incluímos na amostra as disciplinas sobre fungos por serem historicamente ministradas por docentes e pesquisadores lotados nos departamentos de botânica.

A partir da análise buscamos contabilizar a carga horária total das disciplinas no currículo, identificar como os conteúdos foram distribuídos nas disciplinas ao longo do curso, a ocorrência de uma abordagem interdisciplinar e a presença de Práticas como Componente Curricular na carga horária das disciplinas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados os Projetos Pedagógicos de Curso (PPC) e a matriz curricular dos quatro cursos. A análise buscou as disciplinas que continham apenas os conteúdos de botânica, mas também outras que citavam “vegetal”, “planta”, “fungos” e “botânica” no nome da disciplina ou em suas ementas e objetivos.

Carga horária total das disciplinas no currículo

Todos os cursos analisados apresentaram a carga horária total do curso acima da carga horária mínima de 3.200 horas exigidas na Resolução CNE 2/2002 (quadro 1). O CA foi o que apresentou maior carga horária total, mas foi o CB que demonstrou maior carga horária de conteúdo de botânica.

IES	Carga horária total do curso	Carga horária de botânica	Porcentagem de botânica (%)
CA	3555	390	10,97
CB	3350	465	13,88
CC	3260	270	8,28
CD	3435	255	7,42

Quadro 1: Carga horária dos cursos de licenciatura analisados

Fonte: Das autoras

Distribuição dos conteúdos de botânica nas disciplinas obrigatórias e interdisciplinaridade

As disciplinas obrigatórias com conteúdo de botânica estão distribuídas ao longo do curso em todos os currículos analisados. O número de disciplinas é variável, entre 5 e 9. Os cursos que apresentaram maior número de disciplinas e a maior carga horária foram aqueles que incluíram em seu currículo disciplinas mais abrangentes, que incluíam aspectos

de outros seres vivos, além dos organismos fotossintetizantes, sendo consideradas como interdisciplinares. É o caso de disciplinas de Biologia Celular que citaram em seu conteúdo programático ou na ementa os termos “célula vegetal” e “cloroplasto”, e também de disciplinas sobre Biodiversidade.

IES	Disciplinas obrigatórias	Interdisciplinar (*)
CA	9	Sim (2)
CB	8	Sim (2)
CC	6	NÃO
CD	5	NÃO

(*) os números entre parênteses correspondem ao número de disciplinas com uma abordagem interdisciplinar. Fonte: das autoras.

Quadro 2: Número de disciplinas obrigatórias com conteúdo de botânica no currículo e a presença de uma abordagem interdisciplinar.

O trabalho interdisciplinar vem sendo recomendado em todas as Diretrizes Curriculares Nacionais e em todos os níveis de ensino. De acordo com a BNCC, as redes de ensino e as instituições escolares da educação básica são autônomas para decidir sobre as formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares (BRASIL, 2023). No entanto, nenhum desses documentos oficiais explica, descreve ou define como essa interdisciplinaridade deve ocorrer na prática. Dessa forma, o termo se tornou um “jargão pedagógico” presente nos discursos dos educadores, mas não se concretiza na prática docente.

O exercício interdisciplinar também é recomendado para a formação de professores. O licenciando não tem como aprender sozinho. É necessário incluir essa prática na formação de professores para que alcance a escola. No entanto, a fragmentação do conteúdo em disciplinas nas universidades reforça o comportamento do ensino tradicional e distancia o futuro professor de métodos inovadores. De acordo com Fernández-Ríos (2010) a fragmentação do conhecimento na prática acadêmica está relacionada aos interesses, não só acadêmicos, mas também políticos. A pesquisadora Ivani Fazenda ressaltou que “O primeiro passo para a aquisição conceitual interdisciplinar seria o abandono das posições acadêmicas prepotentes, unidirecionais e não rigorosas que fatalmente são restritivas, primitivas e “tacanhas” [...]” (Fazenda, 1998, p. 13). Hilton Jupiassu também manifestou que as leis e medidas administrativas não são suficientes para mudar “[...] hábitos tão

arraigados, a rotinas e estruturas mentais solidamente estabelecidas” (Jupiassú, 2006, p.3).

Os conteúdos de botânica são organizados em disciplinas que seguem as áreas do conhecimento do CNPq, que se referem às linhas de pesquisa acadêmica. Encontramos, em todos os currículos analisados, a distribuição das disciplinas em Morfologia e Anatomia, Sistemática e Fisiologia. No entanto, essa distribuição de conteúdo não atende a formação de professores da educação básica, os quais devem fazer um trabalho contextualizado e interdisciplinar na área de ciências da natureza.

As Práticas como Componente Curricular nas disciplinas

No CA, CB e CD as ementas das disciplinas citaram termos como prática pedagógica, ensino fundamental e médio, material didático e escola. No quadro a seguir é possível verificar o número de disciplinas em que houve a inclusão das PPC junto as disciplinas obrigatórias de botânica. Diferente dos demais cursos, o CC incluiu as PCC no currículo em disciplinas separadas e exclusivas, desconectadas dos conteúdos específicos de botânica. A PCC é uma prática relacionada ao ensino que pode ser a produção de um recurso didático, uma transposição didática na escola ou fora dela, em ambientes educacionais formais e não formais, observação na escola, assim como momentos de vivência no ambiente escolar. Segundo o Parecer CNE/CP nº 28/2001 (BRASIL, 2001), “a prática um trabalho consciente (...) de apoio do processo formativo, a fim de dar conta dos múltiplos modos de ser da atividade acadêmico – científica” (BRASIL, 2001, p. 9).

IES	Disciplinas obrigatórias	PCC (*)
CA	9	Sim (7)
CB	8	Sim (5)
CC	6	não
D	5	Sim (2)

(*) os números entre parênteses correspondem ao número de disciplinas com a presença de PCC.

Fonte: Das autoras

Quadro 3: Número de disciplinas obrigatórias com conteúdo de botânica no currículo e a presença da Prática como Componente Curricular (PCC).

A iniciativa de incluir as PCC dentro das disciplinas específicas é de extrema importância para a formação dos licenciandos, que podem vivenciar a transposição didática em um ambiente seguro e com assistência. Dessa forma cumpre sua função de articular

entre os conhecimentos do conteúdo específico com a reflexão pedagógica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O currículo e sua construção social apontam várias reflexões acerca de como fazer uma educação que forme cidadãos e não apenas pessoas para o mercado de trabalho. Como alternativa a interdisciplinaridade é apontada visando à integração das disciplinas através de uma axiomática comum, caracterizando-se como uma atitude de busca e inclusão.

Ao estudar Ciências, as pessoas aprendem a respeito de si mesmas, da diversidade e dos processos de evolução e manutenção da vida. Essas aprendizagens, entre outras, possibilitam que os alunos compreendam, expliquem e intervenham no mundo em que vivem.

A organização do conteúdo de botânica fragmentado em diversas disciplinas nos cursos de licenciatura e a carga horária destinada ao conteúdo específico e não ao desenvolvimento de estratégias de ensino de botânica, não atendem a dimensão conhecimento. Também não houve uma aproximação maior com a dimensão prática, pois ainda são poucas as ações de ensino direcionadas à aprendizagem do estudante da educação básica, já que ainda persiste uma grande carga horária prática do currículo da licenciatura que se limitam a relatórios descritivos para complementar a teoria de conhecimentos específicos da botânica. Também fica distante da dimensão engajamento, pois não existem momentos em que os licenciandos se comprometem com a aprendizagem dos estudantes nem com o Projeto Pedagógico da escola ou com o contexto de vida e familiar dos alunos, fora da vivência do estágio obrigatório nas escolas.

A educação é o caminho para a transformação social da sociedade a qual passa por um momento de mudanças profundas no comportamento humano. Há necessidade de uma educação que alie e articule as disciplinas de forma interdisciplinar, promovendo mudanças desejáveis e relativamente permanentes nos indivíduos, e que estas venham a favorecer o desenvolvimento integral do homem. Sendo assim, será fundamental para a construção da cidadania, onde os cidadãos possam descobrir a sua real capacidade de compreender o mundo.

REFERÊNCIAS

BALDING, M.; WILLIAMS, K.J.H. Plant blindness and the implications for plant conservation. **Conservation Biology**. Washington/DC, v. 30, n. 6, p. 1192-1199, 2016.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília/DF: Ministério da Educação, 2018a.

BRASIL. Parecer CNE/CP n. 22, 7 de novembro de 2019. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). **Diário Oficial da União (DOU)**, Brasília/DF, nov. 2019a.

BRASIL. Parecer CNE/CP nº 28/2001. **Diretrizes Curriculares Nacionais, para a formação inicial e continuada dos profissionais do magistério da Educação Básica**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/028.pdf> Acesso em: 22/05/2023

BRASIL. **Proposta da base Nacional Comum da Formação de professores da Educação Básica**. Brasília/DF: Ministério da Educação; Conselho Nacional de Educação, 2018b.

BRASIL. **Histórico da BNCC**. Brasília/DF: Ministério da Educação, 2022. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/historico>>. Acesso em 28 maio 2022.

BRASIL. Resolução CNE/CP n. 2, de 1º de julho de 2015. Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. **Diário Oficial da União (DOU)**, Brasília/DF, jul. 2015.

BRASIL. Resolução CNE/CP n. 2, de 20 de dezembro de 2019. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). **Diário Oficial da União (DOU)**, Brasília/DF, dez. 2019b.

BRASIL. Resolução CNE/CP n. 2, de 22 de dezembro de 2017. Institui e orienta a implantação da Base Nacional Comum Curricular, a ser respeitada obrigatoriamente ao longo das etapas e respectivas modalidades no âmbito da Educação Básica. **Diário Oficial da União (DOU)**, Brasília/DF, dez. 2017.

CNPQ. Conselho Nacional de Pesquisa e Tecnologia. **Tabela de áreas do conhecimento**. 2022. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/documents/11871/24930/TabeladeAreasdoConhecimento.pdf/d192ff6b-3e0a-4074-a74d-c280521bd5f7>. Acesso em: 13 mar. 2022.

FARIAS, William Grilo; CARNEIRO, Claudia Elena. **Ensino de botânica: interdisciplinaridade e vivência científica nas aulas de ciências**. P. 1-11, 2021. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2021/TRABALHO_EV151_MD1_SA116_ID8669_21062021194640.pdf. Acesso em: 20 mai 2023.

FAZENDA, I. (org.). **Práticas interdisciplinares na escola**. São Paulo: Cortez, 2005.

HAVENS, K.; KRAMER, A.T.; GUERRANT JR, E.O. Getting plant conservation right (or not): the case of the United States. **International Journal of Plant Sciences**. Chicago, v. 175, n. 1, p. 3-10, 2014

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

LOPES, A.C. & MACEDO, E. (2011). **Teorias de Currículo**. São Paulo: Cortez, 2011.

MARTÍN-LÓPEZ, Berta et al. What drives policy decision-making related to species conservation?. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1370-1380, 2009. PARSLEY, Kathryn. Plant awareness disparity: A case for renaming plant blindness. **Plants, People, Planet**, Reino Unido, v. 2, n. 6, p. 598-601, 2020.

MOREIRA, A.F. & SILVA, T.T. (2005). **Currículo, Cultura e Sociedade**. São Paulo/SP: Editora Cortez.

PEDRINI, URSI **Metodologias para ensinar botânica**. Letra Capital Editora, 2022

PRESTES, Rosi Maria; BOFF, Eva Teresinha de Oliveira. **Formação de professores no contexto do desenvolvimento de projetos de aprendizagem**. Cruz Alta/RS: Editora Ilustração, 2020.

SILVA, T.T. (2015). **Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo**. Belo Horizonte/MG: Editora Autêntica.

URSI, Suzana et al. Ensino de Botânica: conhecimento e encantamento na educação científica. **Estudos avançados**, São Paulo/SP, v. 32, p. 07-24, 2018.

URSI, Suzana; FREITAS, Kelma de.; VASQUES, Diego. Cegueira Botânica e sua mitigação: um objetivo central para o processo de ensino-aprendizagem de Biologia. In: VASQUES, Diego; FREITAS, Kelma de; URSI, Suzana (Orgs.). **Aprendizado ativo no ensino de botânica**. São Paulo/SP: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em Química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química (2011) e Bacharel em Química Industrial (2023) pela Universidade de Uberaba, em Ciências Biológicas (2021) e em Física (2022) pela Faculdade Única. Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista em Ciências Naturais e Mercado de Trabalho (2022) pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase no desenvolvimento de um bioadsorvente para remoção de íons As(V), Sb(III) e Se(IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutorado em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea ($\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ e $\text{TiO}_2/\text{Solar}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$) para remoção de contaminantes de preocupação emergente (CPE) em diferentes matrizes aquáticas. Realizou o primeiro estágio de Pós-Doutoral (de maio de 2020 a abril de 2022) e cursa o segundo estágio (2022- atual) na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase na aplicação de novos agentes oxidantes utilizando radiação solar para remoção de CPE em efluentes de uma estação de tratamento de esgoto. Atualmente é químico e responsável técnico pelos laboratórios da Unicesumar/Polo Patrocínio e atua nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de acompanhamento do CPE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV C}$, $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ e foto-Fenton e outros) para remoção de CPE em efluentes de estação de tratamento de efluentes para reuso; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) alfabetização científica e processos de alfabetização na área de Ciências Naturais, especialmente biologia e química.

A

Abelhas 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106

Adsorção 180, 181, 182, 183, 184, 191, 193

Aedes aegypti 130, 132, 133

Aedes albopictus 132, 133, 139, 141

Agentes biológicos 108

Agentes tensoativos 100

Agricultura familiar 85, 96, 97, 101

Agroecologia 82, 86, 96, 97, 101

Água 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 65, 67, 68, 69, 99, 100, 101, 103, 117, 126, 130, 134, 135, 146, 148, 164, 165, 166, 170, 180, 184, 185, 189, 190, 191

Arboviroses 125, 130, 131, 133

Arbovírus 125, 131, 133, 135

Arquitetura sustentável 162, 163, 164, 169, 170, 172

Aterro sanitário 71, 72, 77, 78, 79, 80

B

Baculovirus anticarsia 107, 108, 109, 116, 119, 123

Biodegradação 179, 188, 189, 190, 191

Biofilme 175, 179, 180, 181, 185, 186, 191, 192

Biofiltração 174, 175, 176, 177, 178, 185, 188, 191, 192, 193

Biofiltro 174, 175, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194

Biopercolador 180

Building Information Modeling (BIM) 162, 163, 164, 165, 171, 172

C

Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO) 84, 86, 96

Carbofuran 46, 51, 60

Chlorpyrifos 46, 47, 58, 59

Cidade sustentável 143, 144

Coliformes termotolerantes 30, 37

Cosméticos 97, 98, 101, 102, 104, 105, 106

D

Dessorção 183

Drinking water 41, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 54, 56, 58, 62, 64, 68

E

Edificações sustentáveis 164, 167, 171, 172

Educação ambiental 3, 5, 38, 153, 160, 197, 207

Endosulfan 47, 58, 59, 60

Escherichia coli 24, 25, 27, 30, 34, 35, 36

Extensão universitária 125, 126, 127, 128, 129, 138, 139, 140, 141

F

Food and Agriculture Organization (FAO) 21, 43, 64, 66

Frutas orgânicas 84, 86, 88, 95

G

Geopropolis 97, 105

Gerenciamento 4, 25, 39, 70, 82, 88, 146, 147, 148, 154, 159, 162, 163, 165, 166, 171

Glyphosate 47, 49, 51, 56, 59, 61, 65, 68

Groundwater 41, 42, 43, 44, 45, 46, 51, 53, 56, 58, 59, 63, 64, 65, 66, 68, 69

H

Higiene pessoal 25, 99

I

Impactos ambientais 3, 37, 70, 71, 82, 86, 155, 159, 163, 164, 168, 171

Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos (IQR) 73

Interoperabilidade 163, 167, 168, 169

M

Manejo Integrado de Pragas (MIP) 109

Medidor eletrônico inteligente 148

Meio ambiente 1, 2, 3, 4, 5, 38, 39, 64, 65, 73, 81, 85, 108, 109, 114, 115, 116, 119, 127, 128, 129, 138, 140, 141, 144, 145, 156, 159, 163, 164, 166, 185, 191

Mel 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106

Meliponíneos 97, 98, 99, 105

Microorganismos 29, 108, 109, 110, 114, 174, 175, 179, 180, 185, 186, 189, 190,

191, 193

Modelagem tridimensional 166

Mosquitário 126, 135

O

Organização das Nações Unidas (ONU) 109, 129

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) 129, 141

P

Parâmetros de qualidade da água 24

Percepção ambiental 5

Pesticides residues 41

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 73

Poluição do ar 174

Q

Qualidade da água 24, 25, 28, 36, 37, 38, 39, 67

R

Recursos hídricos 24, 25, 37, 38, 39, 193

Recursos naturais 2, 3, 4, 115, 122, 155, 164

Resíduos 4, 30, 41, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 79, 80, 81, 82, 100, 146, 155, 156, 164, 165, 184, 193, 207

Resíduo Sólido Urbano (RSU) 71

S

Sabão 99, 100, 101, 102, 103, 106

Saúde ambiental 125, 128, 141, 194

Segurança alimentar 84

Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água (SISAGUA) 25

Sistemas de armazenamento de energia 148, 151

Sistema Único de Saúde (SUS) 25, 39, 136, 139

Smart city 142, 143, 144, 145, 146, 159, 160

Smart grid 142, 143, 144, 145, 146, 148, 159, 160

Surface water 43, 44, 63, 65, 66, 67

Sustentabilidade 2, 3, 80, 81, 82, 90, 93, 95, 96, 98, 118, 125, 127, 129, 138, 143, 155, 161, 163, 165, 166, 167, 170, 172

T

Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) 165, 168, 172

Transferência de massa 175, 177, 178, 179, 181, 191, 193

Triangular *Operative Building* (TOB) 157, 158

Tropical region 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 41, 42, 43, 45, 61, 62, 68

V



Veículos inteligentes 148, 149

Vetores 125, 126, 130, 133, 136, 137, 138

MEIO AMBIENTE:

**Agricultura, desenvolvimento
e sustentabilidade**





2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

MEIO AMBIENTE:

**Agricultura, desenvolvimento
e sustentabilidade**

2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br