

MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

Reinaldo Farias Paiva de Lucena

Denise Dias da Cruz

George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

Bartolomeu Israel de Souza

(Organizadores)

MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Uma abordagem multidisciplinar



Reitora
Vice-Reitora

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

MARGARETH DE FÁTIMA FORMIGA MELO DINIZ
BERNARDINA MARIA JUVENAL FREIRE DE OLIVEIRA



Editora
UFPB
Diretor
Coordenadora de editoração
Revisora gráfica
Revisor de pré-impressão
Chefe de produção

EDITORA UFPB

REINALDO FARIAS PAIVA DE LUCENA
SÂMELLA ARRUDA ARAÚJO
ALICE BRITO
WELLINGTON COSTA OLIVEIRA
JOSÉ AUGUSTO DOS SANTOS FILHO

Conselho editorial

Adailson Pereira de Souza (Ciências Agrárias)
Eliana Vasconcelos da Silva Esvael (Linguística, Letras e Artes)
Fabiana Sena da Silva (Interdisciplinar)
Gisele Rocha Côrtes (Ciências Sociais Aplicadas)
Ilda Antonieta Salata Toscano (Ciências Exatas e da Terra)
Luana Rodrigues de Almeida (Ciências da Saúde)
Maria de Lourdes Barreto Gomes (Engenharias)
Maria Patrícia Lopes Goldfarb (Ciências Humanas)
Maria Regina Vasconcelos Barbosa (Ciências Biológicas)

Conselho científico

Maria Aurora Cuevas-Cerveró (Universidad Complutense Madrid/ES)
José Miguel de Abreu (UC/PT)
Joan Manuel Rodriguez Diaz (Universidade Técnica de Manabí/EC)
José Manuel Peixoto Caldas (USP/SP)
Letícia Palazzi Perez (Unesp/Marília/SP)
Anete Roese (PUC Minas/MG)
Rosângela Rodrigues Borges (UNIFAL/MG)
Silvana Aparecida Borsetti Gregorio Vidotti (Unesp/Marília/SP)
Leilah Santiago Bufrem (UFPR/PR)
Marta Maria Leone Lima (UNEB/BA)
Lia Machado Fiuza Fialho (UECE/CE)
Valdonilson Barbosa dos Santos (UFCEG/PB)

Editora filiada à:



Reinaldo Farias Paiva de Lucena
Denise Dias da Cruz
George Emmanuel Cavalcanti de Miranda
Bartolomeu Israel de Souza
(Organizadores)

MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Uma abordagem multidisciplinar

João Pessoa
Editora UFPB
2020

Direitos autorais 2020 – Editora UFPB

Efetuada o Depósito Legal na Biblioteca Nacional, conforme a Lei nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004.

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS À EDITORA UFPB

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio.

A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998)

é crime estabelecido no artigo 184 do Código Penal.

O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade do autor.

Projeto Gráfico
Editoração Eletrônica e
Design da Capa

Editora UFPB

Emmanuel Luna

Catálogo na fonte:

Biblioteca Central da Universidade Federal da Paraíba

M514 Meio ambiente e desenvolvimento: uma abordagem multidisciplinar / Reinaldo Farias Paiva de Lucena... [et al.], organização. - João Pessoa: Editora UFPB, 2020.

257 p.: il.

Recurso digital (12,3MB)

Formato: PDF

Requisito do Sistema: Adobe Acrobat Reader

ISBN 978-85-237-1574-8

1. Meio ambiente – Desenvolvimento. 2. Meio ambiente - Brasil. 3. Meio ambiente – Abordagem multidisciplinar. I. Lucena, Reinaldo Farias Paiva de. II. Cruz, Denise Dias da. III. Miranda, Emmanuel Cavalcanti de. IV. Souza, Bartolomeu Israel de. V. Título.

UFPB/BC

CDU: 502

Livro aprovado para publicação através do Edital N° 01/2020/Editora Universitária/ UFPB - Programa de Publicação de E-books.

EDITORA UFPB

Cidade Universitária, Campus I, Prédio da editora Universitária, s/n João Pessoa – PB

CEP 58.051-970

<http://www.editora.ufpb.br>

E-mail: editora@ufpb.br

Fone: (83) 3216.7147

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO..... 9

os organizadores

PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS: A IMPORTÂNCIA DE *DIMORPHANDRA GARDNERIANA* PARA A REGIÃO DA CHAPADA DO ARARIPE, CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL..... 10

Micaelle Sônia de Alcântara

Reinaldo Farias Paiva de Lucena

Denise Dias da Cruz

ENERGIA NUCLEAR, MEIO AMBIENTE E PESQUISA .. 31

Edson R. Andrade

Renan A. Câmara

André Luiz Q. Reis

Alba R. A. Arana

Bartolomeu Israel de Souza

A FORMAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR E SUA RELAÇÃO COM O USO E COBERTURA DO SOLO NO ESPAÇO INTRAURBANO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB... 51

Anne Falcão de Freitas

Joel Silva dos Santos

Eduardo Viana

ESTUDO DAS CONDIÇÕES SOCIOAMBIENTAIS E A ESPACIALIZAÇÃO DE ARBOVIROSES NO PERÍMETRO URBANO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB 69

Anne Falcão de Freitas

Joel Silva dos Santos

Eduardo Viana

Bartolomeu Israel de Souza

**AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DOS HIDROCARBONETOS
BTEX E HPA NA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA
NO DISTRITO DOS MECÂNICOS EM CAMPINA
GRANDE- PB 88**

*Cristian José Simões Costa
Raoni Batista dos Anjos
Djalma Ribeiro da Silva
Pedro Costa Guedes Vianna
Nataly Albuquerque dos Santos*

**DIRETRIZES DA QUALIDADE DO AR NO BRASIL E NO
MUNDO 102**

*Larissa C.S. Medeiros
Rhafael C. S Melo
João C. Miranda
Marcia H. Pontieri
Nataly Albuquerque dos Santos*

**CARACTERIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DA
TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO
CHAFARIZ, PARAÍBA, BRASIL..... 122**

*José Jerônimo de Souza Nascimento
Bartolomeu Israel de Souza
Eduardo Rodrigues Viana de Lima
Thyago de Almeida Silveira*

**AVALIAÇÃO VOLTAMÉTRICA DE CARBENDAZIM
EM ÁGUAS USANDO ELETRODO DE PASTA DE
CARBONO 135**

*Maria Clara Rodrigues de Lima
Williame Farias Ribeiro
Flaviana Justino Rolim Severo
Daniel Jackson Estevam da Costa
Mário César Ugulino de Araújo*

**A INTER-RELAÇÃO DO “MARCO DE SENDAI PARA
A REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES 2015-2030”
COM OS “OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL” E O “RELATÓRIO 1,5 °C DO IPCC”, NO
CONTEXTO DA REDUÇÃO DE RISCO A DESASTRES
(RRD) 154**

*Amanda Alves Queiroga
Maiane Barbalho da Luz
Randolpho Savio de Araújo Marinho
Hamilcar José Almeida Filgueira*

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA E SUA RELAÇÃO
COM O USO E COBERTURA DA TERRA EM UM
TRECHO DO RIO DO GELO NO MUNICÍPIO DE RIO
TINTO-PB 182**

*Tiago Souza Clemente
Iara dos Santos Medeiros
Maria Clara Rodrigues de Lima
Williame Farias Ribeiro*

**PLANO DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS CONVENCIONAIS E FORMAÇÃO DE
AGENTES AMBIENTAIS APLICADOS EM CENTRO
PENITENCIÁRIO 196**

*José Soares do Nascimento
Ronald Ariel Alvarez Moreno*

**CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL, AVIFAUNA
E CONSERVAÇÃO NO PARQUE NACIONAL DE SETE
CIDADES, PIAUÍ, BRASIL 218**

*Isis Tamara Lopes de Sousa Alves
Reinaldo Farias Paiva de Lucena
Kallyne Machado Bonifácio*

**ANÁLISE DAS PROJEÇÕES DA MATRIZ ENERGÉTICA
BRASILEIRA: IMPLICAÇÕES E PERSPECTIVAS NA
DIVERSIFICAÇÃO DAS FONTES GERADORAS 232**

Michelle Cristina Varela dos Santos

Sarah Ingrid Silva

Valdério Freire de Moraes Junior

Nataly Albuquerque dos Santos

Raimundo Aprígio de Menezes Junior

SOBRE OS AUTORES245

APRESENTAÇÃO

O Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) se caracteriza pelo seu caráter multidisciplinar, o que se expressa fortemente no presente livro. Por meio dessa multidisciplinaridade busca-se responder questões ambientais e sociais nas mais diferentes esferas.

O leitor encontrará, em nosso livro, pesquisas que vão do contexto das populações tradicionais e uso dos recursos naturais, energias alternativas, clima urbano, uso e conservação da natureza, entre outras. Resumindo, encontrará pesquisas relacionadas à relação da Sociedade com a Natureza, e desenvolvimento de tecnologias ambientais.

O PRODEMA te convida a navegar pelos mares das relações humanas com a natureza.

Os Organizadores

PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS: A IMPORTÂNCIA DE *DIMORPHANDRA GARDNERIANA* PARA A REGIÃO DA CHAPADA DO ARARIPE, CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL

*Micaelle Sônia de Alcântara
Reinaldo Farias Paiva de Lucena
Denise Dias da Cruz*

As civilizações do passado estavam fundamentadas na utilização de recursos florestais, dependendo para alimentos e ração animal, combustíveis, fibras para vestimentas, madeira para construção de abrigos e mobiliários e plantas curativas. Ainda hoje estes recursos são utilizados, especialmente por comunidades rurais que habitam as florestas ou suas proximidades (SACHS, 2000). Estima-se 25% da população mundial – 1,6 bilhão de pessoas – depende das florestas para sua subsistência (ONU, 2017), onde cerca 60 milhões possuem empregos formais no setor. Esse cenário reduz a vulnerabilidade das famílias, aumentando sua capacidade de subsistência e de resistir aos eventos climáticos (FAO, 2015).

Produtos florestais não madeireiros (PFNM) são *“Bens derivados de florestas que são objetos tangíveis e físicos de origem biológica que não a madeira”* (FAO, 2015). Podem ser classificados em diferentes categorias (ver detalhes em FAO, 2015) e extraídos de florestas, culturas semi domesticadas ou ecossistemas agroflorestais (SANTOS, 2003). São uma importante ferramenta para impulsionar a sustentabilidade, e precisa de metodologias adequadas para aproveitar seu potencial, podendo contribuir com o desenvolvimento sustentável (HAMMET, 1999). Cerca de 80% das populações que vivem em países em desenvolvimento

fazem coleta de PFNM para subsidiar suas necessidades financeiras e nutricionais (FAO, 1995).

Os PFNM fazem parte tanto de economias locais como internacionais e durante séculos estimularam viagens de exploração e sustentaram rotas comerciais (SHANLEY; PIERCE; LAIRD, 2005), contudo ainda não apresentam valores expressivos como nas economias formais (GAMA, 2005). Cerca de 150 PFNM são comercializados internacionalmente (FAO 1997), gerando uma receita de US\$ 90 bilhões por ano dessa quantia US\$ 13 bilhões se refere à comercialização externa (TEWARI, 2014). No Brasil, a comercialização de produtos florestais não madeireiros equivale a cerca de R\$ 1,5 bilhão por ano (IBGE, 2015), onde boa parte provém do comércio exterior – cerca de US\$ 250 milhões (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2016). O grupo de produtos alimentícios foi o que apresentou o maior valor da produção extrativista não madeireira em 2015, participando com 69,4% do valor total obtido, seguido pelas ceras (14,8%), oleaginosos (8,3%), fibras (7,0%) e demais grupos (0,5%).

Embora a coleta de PFNM atinja mercados externos, pouco é o conhecimento sobre a cadeia de produção e comercialização locais, geralmente os coletores não são reconhecidos e recebem quantias baixas pelo seu trabalho, de modo que a maior parte da renda fica com intermediários (FIEDLER; SOARES; DA SILVA, 2010). As cadeias produtivas não são conhecidas devido à temporalidade e variabilidade de sua produção e mercado e tal cenário pode interferir na conservação, no crescimento e no desenvolvimento da atividade (FIEDLER; SOARES; SILVA, 2010). Além disso, a atividade ainda não recebeu apoio institucional formal que a regule, devido a questões técnicas, políticas e econômicas (GAMA, 2005).

As preocupações com os desequilíbrios ecológicos que a atividade poderia gerar desencadeou, a partir dos anos 70, o incentivo às políticas públicas que garantissem o uso dos recursos sem prejudicar as áreas florestais e ao mesmo tempo incentivasse sua conservação (MOREIRA; SILVA MÜLLER, 2017). Contudo, a extração de PFNM, como qualquer atividade que acontece dentro ou nas proximidades do ambiente florestal (mineração,

extração de madeira, caça, mineração), pode ter consequências a curto e longo prazos sobre o perfil das florestas e para que as comunidades extrativistas continuem usufruindo dos recursos com bases sustentáveis.

EXPLORAÇÃO DE PFNMS: EXTRATIVISMO/COLETA, MANEJO, CULTIVO E DOMESTICAÇÃO

Os produtos florestais podem ser obtidos através do extrativismo/coleta, manejo e cultivo (HOMMA, 2012). Em um processo longo e contínuo, tais técnicas podem levar as espécies, objeto de extração, à domesticação. A extração de produtos PFNM é histórica, contudo foi a partir de 1980 (COSTA, 2009) que diversos trabalhos começaram a abordar seu potencial econômico. O extrativismo é caracterizado por inúmeras interconexões, permeadas de ações e questões socioeconômicas, ambientais e agrônômicas quando as espécies passam a ser manejadas ou retiradas de áreas cultivadas. É uma construção social criada e recriada ao longo de várias gerações, através do acúmulo de saber (SILVA, 2014).

O Brasil herdou seu nome de uma espécie extrativista o “pau brasil” e desde então a atividade extrativista tem sido realizada e contribuído para a economia do país. O termo extrativismo está associado a diversos outros termos, tais como *coleta*, *apanha*, *catação* e *extração*, sendo que os cientistas utilizam os termos de acordo com a autodefinição das comunidades, como no caso das catadoras de mangaba (mulheres nordestinas) ou apanhadoras de mangaba (mulheres paraenses) (MOTA et al., 2008). A utilização dos termos também é dependente do tipo de recurso extraído e sua localização. Os recursos que são apropriados com a emprego de equipamentos recebem o termo extração, por exemplo a extração de casca, látex, goma ou raiz, já os recursos em que a coleta é realizada diretamente sobre a planta ou ao chão, os termos mais associados são coletar, apanhar, catar, juntar e, por vezes, extração. Um dos principais problemas nas análises e debates sobre extrativismo deve-se ao uso do termo em

vários sentidos, conforme os diversos grupos de cientistas (sociólogos, antropólogos, etnoecólogos) e sociais (SILVA, 2014).

Alguns autores atribuem a atividade extrativista apenas aquelas relacionadas aos fins comerciais e industriais, excluindo aquelas extrações que atendem apenas a comunidade locais (SILVA, 2014). Para outros, o extrativismo está historicamente, associado à ideia evolucionista da sociedade, tendendo ao desaparecimento, ao ser substituído por cultivos agrícolas. Assim como a caça precedeu a criação de animais, o extrativismo pertenceria a uma etapa da humanidade caracterizada por baixa demografia e baixo padrão tecnológico. Outra noção associada ao extrativismo é que a atividade é essencialmente predatória, pelo fato de levar ao esgotamento dos recursos naturais (ALLEGRETTI, 1992). Nesse viés, há dois tipos de extrativismo, o de coleta onde a integridade da espécie fornecedora do recurso é mantida intacta, quando a taxa de recuperação da espécie supera sua degradação; e o extrativismo por aniquilamento, onde a espécie extrativista não consegue se recuperar do processo, sendo levada a destruição e extinção (HOMMA, 1993). Esses tipos de extrativismo podem ser diferenciados pela demanda do mercado, isto é, uma mesma espécie pode ser coletada quando a demanda é pequena e aniquilada quando a demanda é grande (HOMMA, 1993). No caso de produtos extrativos com grande importância econômica, o caminho inevitável é a domesticação, o manejo ou a descoberta de substitutos sintéticos (HOMMA, 2012).

Através da preocupação com os impactos gerados ao meio ambiente devido à extração inadequada, sobre-exploração e insustentabilidade da atividade, surge o neoextrativismo, um novo tipo de extrativismo, que inclui no seu processo a incorporação de progresso técnico e novas alternativas de extração associadas com cultivos e beneficiamento da produção (IBGE, 2016). O extrativismo é modificado para se tornar economicamente viável (SILVA, 2014).

O manejo florestal é a aplicação de métodos empresariais e princípios técnicos na exploração das florestas. A extração de PFNM através do manejo envolve o uso de princípios silviculturais, que trata

do estabelecimento, condução e colheita de árvores, para estimular o desenvolvimento da floresta. Ainda envolve a exploração cuidadosa e a utilização de equipamentos adequados, além do monitoramento e da adoção de providências para a proteção das áreas de extração (SABOGAL et al., 2006; SILVA, 2001). Ao contrário da exploração convencional, o manejo envolve o planejamento da atividade a fim de manter o recurso disponível para extração (SABOGAL et al., 2006). Já o manejo com adjetivo sustentável refere-se, a um modelo que permite a exploração do recurso a longo prazo com a aplicação de técnicas de mínimo impacto ambiental sobre os ecossistemas, que concilia o uso dos recursos com fins econômicos e sociais com a conservação da natureza (MMA, 2017).

Existem dois tipos de manejo florestal, o comunitário que envolve as práticas de gestão participativa, quando vários grupos de famílias e se envolvem nas iniciativas de manejo de um recurso em resposta às diversas pressões sobre os recursos comuns que dependem (BENATTI, MCGRAT; OLIVEIRA, 2003) e o industrial que envolve grades empresas processadoras de recursos (ZARIN, 2005). Outra prática relacionada à obtenção de PFM é o cultivo das espécies, quando ela se torna importante para a subsistência humana ou quando tem grande valor econômico. Há cerca de 17000 anos, o homem aprendeu a controlar e tomar partido do ciclo de vida de algumas gramíneas (trigo, cevada e linho), dando-se início aos primeiros cultivos e o manejo direcionado, conduzindo diversas espécies à domesticação (BEJA-PEREIRA; ALMEIDA, 2004). A domesticação é um processo evolutivo em que os seres humanos, por meio da seleção artificial, elegem os indivíduos com as melhores características herdadas e, ao fazê-lo, altera a composição genética, morfológica e funcional das populações (CASAS et al., 2014). Ao longo dos seus ciclos, uma espécie vai perder algumas características e, outras, as mais proveitosas para o homem, vão sendo selecionadas (SANTILLI, 2009). Os critérios de seleção artificial e práticas de manejo através do qual a domesticação se expressa estão profundamente ligados à cultura, tornando-se assim um problema de pesquisa biocultural eminente (CASAS et al., 2014). Atualmente, 99% da

população humana dependem de espécies domesticadas para sobreviver (BEJA-PEREIRA; ALMEIDA, 2004).

As espécies domesticadas possuem características diferentes das espécies selvagens, sendo diferentes geneticamente do seu progenitor selvagem (PICKERSGILL, 2007). Essas características constituem a de síndrome de domesticação, e torna a espécie domesticada menos apta a sobreviver na natureza, necessitando do homem para seu crescimento e reprodução (PICKERSGILL, 2007). Essas modificações estão relacionadas principalmente a sua morfologia e fisiologia, as quais são denominadas de síndrome de domesticação (HAMMER, 1984).

LEGUMINOSAS UTILIZADAS NO EXTRATIVISMO E O DESTAQUE DE *DIMORPHANDRA GARDNERIANA*

As leguminosas constituem a terceira maior família de Angiospermae (SOUZA, 2008) e a segunda em termos de importância agrícola e econômica, superada apenas pela Poaceae (gramíneas) (BRUNEAU et al., 2000). Possui 727 gêneros e 19.325 espécies onde cerca de 175 gêneros e 1500 espécies ocorrem no Brasil e possuem hábitos diversos, podendo ser herbáceas, trepadeiras, arbustivas e arbóreas (SOUZA, 2008).

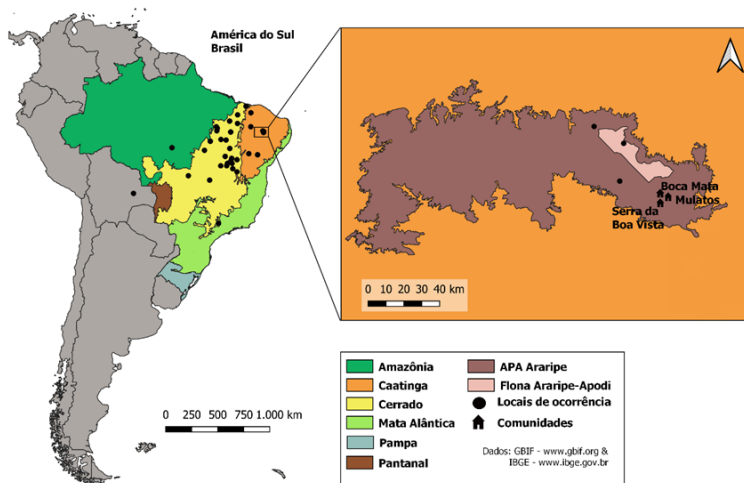
As espécies incluídas nesta família contribuem para produção de mel; reabilitação, manutenção e equilíbrio do ecossistema, pois possuem mecanismos eficientes de aquisição de nitrogênio, incluindo a fixação biológica de N_2 (MCKEY, 1994). Ainda desempenham papel como plantas de cobertura, adubação verde, sendo componentes de consórcio e sistemas agroflorestais, atuando ainda na recuperação de áreas degradadas e solo como espécies pioneiras (FONTENELE et al., 2009).

Diversas espécies de leguminosas são extraídas no Brasil, para variados fins (CALDERON, 2013; CAMPOS FILHO; FILIZOLA; SAMPAIO, 2015; IBGE, 2016; MAIOLI-AZEVEDO; FONSECA-KRUEL, 2007; NEPOMUCENO, 2006; RIBEIRO-SILVA, 2007; SANTOS, 2014; SARTORELLI 2015). Na pecuária são utilizadas principalmente como banco de proteínas (ANDRADE, 2012).

Uma importante espécie dessa família que apresenta uso medicinal e está sujeita ao extrativismo é *Dimorphandra gradneriana* (Tulasne), sendo uma árvore nativa do Brasil (MONTANO et al., 2007), de ocorrência e distribuição na América do Sul, estando presente nos países da Bolívia e no Brasil (Figura 1). Ocorre em uma diversidade de fisionomias (desde o cerrado, caatinga, áreas e ecótonos amazônicos e áreas mais abertas), em altitudes que variam de 110 m até 1.650m (THE PLANT LIST, 2017; MATOS, 2015).

Na região da Chapada do Araripe, Ceará, Nordeste do Brasil, ela ocorre em altitudes superiores a 800 m em áreas mais abertas e com luminosidade, sugerindo que o estabelecimento e a permanência da espécie está relacionada às características edáficas e demandando de grandes quantidades de luz para seu desenvolvimento e reprodução (RIBEIRO-SILVA, 2007).

Figura 1. Distribuição geográfica de *Dimorphandra gardneriana* na região neotropical; com visão ampliada da distribuição ao sul do estado do Ceará com a localização geográfica das principais Unidades de Conservação: Área de Preservação Ambiental (APA) do Araripe e Floresta Nacional (FLONA) do Araripe. Desenvolvido por Ezequiel C. Ferreira.



Dimorphandra gardneriana apresenta hábito arbóreo, de pequena a mediana estatura (3-5 m de altura por 12 cm de diâmetro). Muito raramente atinge maior porte (10-20 m) e geralmente apresenta de crescimento tortuoso. Sua copa é ampla e folhosa, com casca castanho-acinzentado, rugosa. As inflorescências são paniculado-corimbosa, medindo de 1,5-20 cm de comprimento (espigas curtas). As flores são pequenas, amarelas ou cremes e a corola possui cinco pétalas com 2 mm de comprimento. O fruto é indeiscente medindo de 8-15 cm de comprimento (SILVA, 1986) (Figura 2).

Figura 2. *Dimorphandra gardneriana* Tulasne. A-Ramo com inflorescência. B- Ramo com infrutescência.



EXTRATIVISMO DE *DIMORPHANDRA GARDNERIANA* NA CHAPADA DO ARARIPE: impactos socioeconômicos, impactos ecológicos e processos de gestão

A Chapada do Araripe com 972.605,18 ha está localizada nas divisas dos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí (BRASIL, 1997). É uma região onde a diversidade ambiental, a heterogeneidade cultural e a economia estão diretamente interligadas, sendo também uma área dotada de grande interesse científico.

Originária do Período Cretáceo, possui em sua estrutura: registros geológicos e arqueológicos com excepcional estado de preservação, uma variedade de microclimas e solos que dão a sua vegetação um perfil ecotonal, fornecendo habitat para espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, e o abastecimento de seus aquíferos e fontes perenes (BASTOS et al., 2016).

Atualmente a região é protegida por um mosaico de unidades de conservação e um geoparque e o desenvolvimento regional é promovido, tendo como principais atividades econômicas (relacionadas a suas paisagens, recursos e cultura) o turismo, a mineração, o manejo florestal, a exploração de produtos florestais não madeireiros e a agropecuária (BASTOS et al., 2016).

Este capítulo destaca os resultados do projeto “Sustentabilidade e Conservação na exploração dos frutos de *D. gardneriana* na Chapada do Araripe” (ALCÂNTARA, 2018), que é a segunda atividade extrativista mais lucrativa da região, sendo desenvolvida desde o início da década de 1980 (SILVA et al., 2017). Atualmente, é praticada por cerca de 768 de coletores distribuídos em 22 comunidades tradicionais, em que cada um obtém uma renda média anual estimada em US\$ 481,38 ± 117,18 (ALCÂNTARA et al., 2020a; SILVA et al., 2017; RIBEIRO-SILVA 2007). No entanto, alguns estudos têm apontado que a espécie pode estar em risco de extinção

nas áreas florestais da Chapada devido a problemas reprodutivos e baixa densidade populacional da espécie (ALCÂNTARA et al., 2020a; LANDIM & COSTA, 2012; RIBEIRO-SILVA, 2007).

O projeto foi realizado em duas Unidades de Conservação: a Floresta Nacional do Araripe (Flona Araripe) e Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe (APA Araripe), focando em três comunidades tradicionais Boa Vista, Mulatos e Boca da Mata (Figura 1), que possuem uma alta dependência do extrativismo florestal.

1) A atividade extrativista

Dimorphandra gardneriana sofre três tipos de sistemas de exploração (Figura 3) na região da Chapada do Araripe, que se distinguem em função das áreas de coleta e técnicas de manejo e/ou práticas agroecológicas aplicadas (ALCÂNTARA et al., 2020a):

- a) Sistema de Exploração um (SE1): Acontece nas áreas da Flona Araripe (utilizada por 25% dos coletores) e da APA Araripe (utilizada por 100% dos coletores). Neste sistema as interferências da extração sobre a espécie e a paisagem são mínimas, ocorrendo apenas a coleta de seus frutos nos meses de safra.
- b) Sistema de Exploração dois (SE2): Este sistema refere-se aos grandes plantios da fava d'anta (utilizado por 10% dos coletores) e pequenos plantios nos arredores de suas casas (utilizado por 60% dos coletores). A densidade do plantio varia de 15-200 árvores, podendo ser em monocultura, ou acompanhado com espécies de importância agrícola ou extrativista. Neste sistema, é realizado um alto grau de práticas agroecológicas.
- c) Sistema de Exploração três (SE3): utilizado por 100% dos coletores, este sistema refere-se a coleta nas áreas onde a espécie é tolerada, em seus cultivos agrícolas, pastagens, e jardins, como no SE2 também ocorre a aplicação de práticas agroecológicas.

O uso dos diferentes sistemas de exploração teve relação com a distribuição do conhecimento ecológico sobre a espécie entre os coletores. Aqueles que possuíam mais tempo na atividade e/ou realizavam o SE1 ou SE2 apresentaram um maior nível de conhecimento ecológico, este foi relativo principalmente a distribuição, biologia reprodutiva, nicho ecológico e demografia dos indivíduos da espécie. Ambos, diversificação dos sistemas de exploração e o aumento do conhecimento ecológico sobre a espécie, são usados para a otimizar a atividade extrativista e angariar maiores retornos financeiros (ALCÂNTARA et al., 2020a).

Figura 3. Áreas dos sistemas de exploração da espécie *Dimorphandra gardneriana* na Chapada do Araripe: A) Plantio único da fava d'anta (Sistema de Exploração 2); B) Área de retenção da fava d'anta em pastagens (Sistema de Exploração 3); C) Área de floresta/ proteção (Sistema de Exploração 1).



2) Aspectos socioeconômicos, problemas estruturais e de gestão da atividade

Uma série de atributos favorece a sustentabilidade da atividade dentro das comunidades coletoras (ALCANTARA, 2018): 1) a obtenção do recurso em sistemas de exploração distintos (áreas florestais, retenção ou cultivo) permite atender sua demanda de mercado e resguardar a espécie em seus ambientes naturais (que é a maior força da cadeia produtiva); 2) combinada com a exploração de outras espécies extrativistas e agropecuária familiar, a fava d'anta é eficaz em manter a subsistência e permanência das comunidades coletoras na região, graças sua geração de renda (com ganhos mensais que variam de 100 a 1500 R\$, onde a maioria dos coletores (42,42%) recebe entre 201 a 400 R\$) diante da falta de outras oportunidades empregatícias mais lucrativa na área; 3) a certificação orgânica dos frutos; 4) a atividade também proporciona a integração de gênero e o empoderamento de grupos minoritários (maior número de coletores é do gênero feminino com funções que ultrapassam todos os elos de sua cadeia produtiva); 5) interesse farmacêutico e valor econômico dos compostos flavonoides advindos de seus frutos.

No entanto, a atividade ainda possui alguns problemas estruturais e de gestão que são identificadas como fraquezas e merecem atenção (ALCANTARA, 2018): 1) dificuldades de organização e valorização dos coletores; 2) falta de capital de giro para investimento na infraestrutura da atividade, como por exemplo compra de equipamentos de proteção e de instrumentos adequados para retirada dos frutos (evitando que os coletores corram riscos de saúde já que a atividade não é amparada institucionalmente e não circundada pelos direitos trabalhistas); 3) divisão não proporcional dos lucros entre os seus *stakeholders*; 4) má operacionalização na logística de transporte do recurso; 5) carência de recursos humanos nas UCs para promoverem uma melhor gestão e controle da atividade, por exemplo há uma dificuldade de se localizar

e cadastrar os coletores, como também ter o controle da atividade nas áreas florestais (manejo e proteção), que embora sejam respeitadas quanto seus limites e objetivos de uso, podem sofrer com outras práticas predatórias ligadas ao extrativismo como sobre-exploração do recurso ou o abandono de lixo na floresta (ressaltadas como principais ameaças).

3) Efeitos dos diferentes sistemas de exploração sob os processos ecológicos de *Dimorphandra gardneriana*

Considerando as diferentes populações e os diferentes graus de impactos que *D. gardneriana* sofre na região, é possível identificar alterações nos processos ecológicos da espécie (ALCÂNTARA et al., 2020b).

As fenofases de *Dimorphandra gardneriana* diferem quanto o período e a intensidade da floração e da frutificação entre os três sistemas de manejo. A floração ocorre primeiro nas áreas de cultivo e manejo, e um mês mais tarde na área protegida. A floração vai de dezembro a maio nas áreas de cultivo e manejo, enquanto que na área protegida ela começa apenas em janeiro se prolongando até junho. Já a frutificação inicia-se em março em todas as áreas com pico em maio nas áreas de cultivo e manejo e pico em junho na área protegida, finalizando em agosto nas áreas de cultivo e manejo e em setembro na área protegida. Os frutos estão totalmente dispersos em outubro em todas as áreas. Em relação à intensidade fenológica, houve maior produção média de flores e frutos na área cultivada (206 no pico de floração e 220 no pico de frutificação), do que na área manejada (pico de floração 4,17 e frutificação 5,06), e do que na área protegida (pico de floração 1,36 e frutificação 1,63).

Com relação à morfometria dos frutos, os frutos da área protegida foram significativamente mais leves que os das áreas manejadas e das cultivadas. No entanto, os frutos da área manejada produziram mais sementes por fruto do que os da área cultivada e área protegida. Finalmente, o número de sementes viáveis foi significativamente maior

na área cultivada do que na manejada e protegida. As sementes viáveis e não viáveis foram diferenciadas por sua morfologia.

Comparando os flavonóides de interesse econômico obtidos dos frutos das três áreas, o componente majoritário foi a rutina, havendo a presença também de quercentina, isoquercentina e ácido cafeico. No entanto, a quantidade de rutina demonstrou ser maior na área de manejo que na área de cultivo e protegida, e a quercentina prevaleceu na área de cultivo e protegida em detrimento da área de manejo.

Fica claro que o tipo de manejo aplicado às árvores influencia tanto nas suas respostas ecológicas quanto nos compostos fitoquímicos produzidos. Áreas cultivadas possuem maior quantidade de flores e frutos, assim como mais flavonóides de interesse econômico.

De um modo geral, os três sistemas de gestão encontrados na região se mostram como uma ferramenta útil para motivar sua produção contínua. Problemas voltados para a questão social e as condições de trabalho dos extrativistas precisam de maior atenção do poder público e um plano de gestão complexo considerando parâmetros sociais e ambientais pode normatizar a atividade e garantir melhor qualidade de vida às populações extrativistas locais. A espécie possui grande potencial para a exploração sustentável, promovendo o desenvolvimento regional. Desde que haja mercado para sua comercialização, incentivo de políticas governamentais, e receba uma maior atenção, no que se refere a seu ambiente organizacional e institucional, como também na conservação da espécie nas áreas de floresta.

AGRADECIMENTOS

Esse capítulo foi escrito a partir da dissertação de Mestrado da primeira autora junto ao PRODEMA/ UFPB. Agradecemos as comunidades onde o trabalho foi desenvolvido e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de financiamento 001 – pela concessão da bolsa de Mestrado à primeira autora.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, Micaelle Sônia. Cadeia produtiva, manejo e conservação de fava d'anta (*Dimorphandra gardneriana* Tuzlana) na Floresta Nacional Araripe-Apodi, região semiárida do Nordeste do Brasil. 2018. Dissertação (PRODEMA - Subprograma UFPB/ UEPB) - Universidade Federal da Paraíba. 2018.
- ALCÂNTARA, Micaelle Sônia; DUARTE, Antonia Eliene; BOLIGNON, Aline Austini; CAMPOS, Matiko Anraku; LUCENA, Reinaldo Farias Paiva de; PINHEIRO, Mayra, Alves; CRUZ, Denise Dias da. Effects of different levels of exploration on the ecological processes of *Dimorphandra gardneriana*, a tropical savanna tree. **Environ Monit Assess**, v. 192, p. 378, 2020b.
- ALCÂNTARA, Micaelle Sônia; LUCENA, Camilla Marques de; LUCENA, Reinaldo Farias Paiva de, L.; CRUZ, Denise Dias da. Ethnobotany and Management of *Dimorphandra gardneriana* in a Protected Area of Chapada do Araripe Semiarid Ceará, Northeastern Brazil. **Environmental Management**, v. 65, n. 3, p. 420-432, 2020a.
- ALLEGRETTI, Mary Helena. Política de uso dos recursos naturais renováveis: a Amazônia e o extrativismo. **Revista de Administração Pública**, v. 26, n. 1, p. 145-162, 1992.
- ANDRADE, Elysson Marcks Gonçalves; SILVA, Evandro Manoel; ANDRADE, Elysson Marcks Gonçalves; DANTAS, Emanuel Abrantes; LACERDA, Rodolfo Rodrigo de Almeida; LOPES, Kilson Pinheiro. Diagnóstico do uso de leguminosas em propriedades rurais no município de Aparecida-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 212-217, 2012.
- BASTOS, Frederico de Holanda; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes; MACEDO, Francisco Edigley; AZEVEDO, Ruy Emmanuel Silva de. A

gestão ambiental nas paisagens da bacia do Araripe no Estado do Ceará. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 29, 2016.

BEJA-PEREIRA, Albano; ALMEIDA, Nuno Ferrand. Genética, Biotecnologia e Agricultura. Principia. **Publicações Universitárias e Científicas. Sociedade Portuguesa de Inovação. Porto**, v. 1, 2004.

BENATTI, José Heder; MCGRATH, David G.; OLIVEIRA, Ana Cristina Mendes de. Políticas públicas e manejo comunitário de recursos naturais na Amazônia. **Ambiente & Sociedade**, v. 6, n. 2, p. 137-154, 2003.

BRASIL. **Decreto nº 148, de 04 de agosto de 1997**. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da chapada do Araripe, nos Estados do Ceará. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/Anterior%20a%202000/1997/Dnn5587.htm > Acesso em: 11 fev. 2018.

BRUNEAU, Anne; BRETILER, Franciscus Jozef; WIERINGA, Jan Johannes; GERVAIS, Fannie; FOREST, Felix. Phylogenetic relationships in tribes Macrolobiae and Detariae as inferred from chloroplast trnL intron sequences. In: **Advances in Legume Systematics Part 9**. The Royal Botanic Gardens, 2000. p. 121-149.

CALDERON, Rafael de Azevedo. Mercado de produtos florestais não madeireiros na Amazônia Brasileira. 2013.

CAMPOS FILHO, Eduardo Malta; SARTORELLI, Paolo Alessandro Rodrigues. Guia de árvores com valor econômico. **São Paulo: Agroicone**, 2015.

CASAS, Alejandro; CAMOU, Andrés; OTERO-ARNAIZ, Adriana; RANGEL-LANDA, Selene; CRUSE-SANDERS, Jenneifer; SOLÍS, Leonor;

TORRES, Ignacio; DELGADO, América; MORENO-CALLES, Ane Isabel; VALLEJO, Mariana; GUILLÉN, Susana; BLANCAS, Jesús; PARRA, Fabiola; FARFÁN-HEREDIA, Berenice; AGUIRRE-DUGUA Xitlati; ARELLANNECES, Yaayé Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el Valle de Tehuacán. **Investigación ambiental Ciencia y política pública**, v. 6, n. 2, 2015.

COSTA, P. Efeitos do extrativismo de Produtos Florestais Não-Madeireiros (PFNM) sobre a ecologia de populações de plantas. **Monografia “Ecologia de Populações de Plantas”, Universidade Estadual de Campinas**, 2009.

FIEDLER, Nilton César; SOARES, Thelma Shirlen; DA SILVA, Gilson Fernandes. Produtos florestais não madeireiros: importância e manejo sustentável da floresta. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 10, n. 2, p. 263-278, 2008.

FILIZOLA, Bruno de Carvalho; SAMPAIO, Maurício Bonesso. Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável de Cascas. **Instituto Sociedade, População e Natureza, Brasília**, p. 108, 2015.

FONTENELE, Ana Consuelo Ferreira et al. Leguminosas tropicais: *Desmanthus virgatus* (L.) Willd. uma forrageira promissora. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 15, n. 1-4, 2009.

FONTENELE, Ana Consuelo Ferreira; ARAGÃO, Wilson Meneses; ALBUQUERQUE Rangel, José Henrique; ALMEIDA, Sílvio Aragão (2009). Leguminosas tropicais: *Desmanthus virgatus* (L.) Willd. uma forrageira promissora. *Current Agricultural Science and Technology*, 15(1-4).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS(FAO). **Non-wood forest products for rural income and sustainable forestry**. Roma: FAO, 1995. 127p.

GAMA, Michelliny de Matos Bentes. Importância de produtos florestais não-madeireiros (PFNM) para a economia regional. **Embrapa Rondônia-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2005.

HAMMET, Tom. Special forest products: Identifying opportunities for sustainable forest-based development. **Virginia Landowner Update, Virginia Tech**, 1999.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Extrativismo vegetal na Amazônia: limites e oportunidades. **Embrapa Amazônia Oriental-Livro científico (ALICE)**, 1993.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Plant extractivism or plantation: what is the best option for the Amazon? **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 167-186, 2012.

IBGE. Produção da extração vegetal e da silvicultura 2015. **Rio de Janeiro: IBGE, 2015.**

MAIOLI-AZEVEDO, Veronica; FONSECA-KRUEL, Viviane Stern da. Plantas medicinais e ritualísticas vendidas em feiras livres no Município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil: estudo de caso nas zonas Norte e Sul. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 2, p. 263-275, 2007.

MATOS, Rafael Pereira de. Estudos fitogeográficos e modelagem ecológica do gênero *Dimorphandra* Schott (Leguminosae, Caesalpinioideae). 2015.

MCKEY, DOYLE. Legumes and nitrogen: the evolutionary ecology of a nitrogen-demanding lifestyle. **Advances in Legume Systematics**, v. 5, p. 211-228, 1994.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Manejo Florestal Sustentável. Brasília, MMA/SBF. 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/florestas/manejo-florestal-sustent%C3%A1vel>> Acesso: 3 Set. 2017.

MONTANO, Helena G., SILVA, Gilson Soares; ROCHA, Renato C.; PEREIRA, Roberta C. Phytoplasma in “fava d’anta” tree (*Dimorphandra gardneriana*) in Brazil. **Bulletin of Insectology**, v. 60, n. 2, p. 147, 2007.

MOREIRA, Rodrigo César Silva; DA SILVA MÜLLER, Carlos André. A produção extrativista e o manejo florestal na reserva extrativista Aquariquara no estado de Rondônia. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 3, n. 2, p. 1-13, 2017.

MOTA, Dalva Maria, SCHMITZ, Heribert; SILVA JUNIOR, Josué Francisco da; FERNANDES, Thiana. Divisão social do trabalho no extrativismo de mangaba no nordeste e norte do Brasil. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**, n. 5-8, p. 53-70, 2008.

MUIR, G.F.; SORRENTI, G.; VANTOMME, P.; VIDALE; MASIERO, M. Into the Wild: Disentangling non-wood terms and definition for improved forest statistics. **International Forestry Review**, v.22, n. 1, p. 101-119, 2020.

NEPOMUCENO, Denise Lúcia Mateus Gomes. O extrativismo de baru (*Dipteryx alata* Vog) em Pirenópolis (GO) e sua sustentabilidade. 2006.

PICKERSGILL, Barbara. Domestication of plants in the Americas: insights from Mendelian and molecular genetics. **Annals of Botany**, v. 100, n. 5, p. 925-940, 2007.

RIBEIRO-SILVA, Suelma. Ecologia de população e aspecto etnobotânicos de *Dimorphandra gardneriana* Tullasne (Leguminosae-Mimosaceae) na Chapada do Araripe, Ceará-CE. 2007.

SABOGAL, César; LENTINI, M.; POKORNY, Benno; SILVA, J. Natalino M.; ZWEED, Johan; VERÍSSIMO, Adalberto; BOSCOLO, Marco. **Manejo florestal empresarial na Amazônia Brasileira**. Cifor, 2006.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Editora Garamond, 2000.

SANTILLI, Juliana. **Agrobiodiversidade e direitos dos agricultores**. Editora Peirópolis LTDA, 2009.

SANTOS, Anadalvo Juazeiro; HILDEBAND, Elisabeth; PACHECO, Carlos, H. P; PIRES, L. Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. **Floresta**, v. 33, n. 2, 2003.

SANTOS, Laércio Wanderley; COELHO, Maria Fatima Barbosa; DOMBROSKI, Luiz Dallabona; AZEVEDO, Rodrigo Aleixo Brito de. Propagação vegetativa de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.– Fabaceae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 420-426, 2014.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Sistema Nacional de Informações Florestais: exportação de produtos florestais não madeireiros no Brasil, 2016**. Disponível em: < <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/2230-boletim-snif-producao-florestal-2016/file> >; acesso em 13 mai. 2017

SHANLEY, Patricia; PIERCE, Alan; LAIRD, Sarah. **Além da Madeira: a certificação de produtos florestais não-madeireiros**. Center for International Forestry Research (CIFOR), 2005.

SILVA, Camila Vieira; DE ANDRADE MIGUEL, Lovois. Extrativismo e Abordagem Sistêmica. **Novos Cadernos NAEA**, v. 17, n. 2, 2014.

SILVA, José Natalino Macedo Silva. Manejo florestal. **Embrapa Amazônia Oriental-Folderes/Folhetos/Cartilhas (INFOTECA-E)**, 2001.

SILVA, Marlene Freitas; *Dimorphandra* (Caesalpiniaceae). Flora Neotropica. **The York Botanical Garden, New York**, p. 1-26, 1986.

SILVA, Rafael Ricardo Vasconcelos; GOMES, Laura Jane; ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino. What are the socioeconomic implications of the value chain of biodiversity products? A case study in Northeastern Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 189, n. 2, p. 64, 2017.

SOUZA, Vinicius Castro; LORENZI, Harri. **Botânica sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil em APG II**. Instituto Plantarum de estudos da Flora, 2008.

TEWARI, Dev. Is big business approach to managing Non-Timber Forest Products (NTFPs) benign? Rising unsustainable extraction and looming policy challenges. **Journal of Human Ecology**, v. 47, n. 1, p. 87-102, 2014.

THE PLANT LIST. **2013. Version 1.1**. *Dimorphandra gardneriana* Tul Disponível em < <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/ild-16794> > Acesso em: 12 Jan. 2017

ZARIN, Daniel. **As florestas produtivas nos neotrópicos: conservação por meio do manejo sustentável?** Editora Peirópolis, 2005.

ENERGIA NUCLEAR, MEIO AMBIENTE E PESQUISA

Edson R. Andrade

Renan A. Câmara

André Luiz Q. Reis

Alba R. A. Arana

Bartolomeu Israel de Souza

INTRODUÇÃO

O tema energia nuclear é sem dúvida controverso e desde o início de sua manipulação, vem sendo alvo de críticas e medos em todos os níveis da sociedade. Não se esperaria que fosse diferente ao fim da Segunda Guerra Mundial, que representa o cartão de visitas da tecnologia para o mundo, foi marcado por episódios que jamais serão apagados das páginas dos livros de história em todo o planeta.

As explosões nucleares sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki apresentaram de forma dramática e ao mesmo tempo catastrófica a energia nuclear e seu poder ao mundo. Dissociadas das questões sociais e políticas, a tecnologia nuclear também pode ser referida como a porta de entrada para significativos avanços nos campos da Saúde, Indústria, Comércio, Defesa e outros centros de conhecimento de atenção e interesse mundial. Mesmo assim, a memória não falha e sempre se tem a relembração do início de tudo, nos dias difíceis de agosto de 1945 no Japão.

Este texto tem o objetivo de introduzir aspectos básicos do tema *Energia Nuclear* de forma não apaixonada, buscando tornar inteligível aspectos que ainda podem figurar como tabus ou simplesmente desinformação. Em uma perspectiva informativa, o texto aborda

aplicação da tecnologia nuclear nos mais diferentes ramos da atividade humana e vai um pouco além discutindo possíveis abordagens para o uso da tecnologia.

Por meio de exemplos de aplicações das mais variadas e muitas vezes desconhecidas do público em geral, busca-se despertar a curiosidade do tema, que discutir questões filosóficas a respeito da utilização da energia nuclear, apresentando de forma geral o potencial desta energia disponível no mundo e sobretudo no Brasil. Não obstante, como em qualquer tecnologia, os riscos associados existem são discutidos, não em sua totalidade, visto que seria extrapolar o escopo do texto. Riscos e benefícios ficam diluídos de forma a permitir ao leitor, ter uma primeira impressão substancialmente livre de tendências que possam privilegiar a proposta nuclear.

Toda atividade tecnológica traz a reboque potenciais riscos que devem ser estudados numa perspectiva de acompanhamento. Estudos relacionados à análise de ameaças e modelagem de consequências podem e devem ser desenvolvidos no sentido de estabelecer os limites práticos da tecnologia para que não se transforme em uma ameaça. É claro que neste processo, interesses antagônicos de ordem política e econômica podem ser observados.

Modernamente, se pode admitir que uma malha nucleônica pode desempenhar um papel transitório no sentido de estabelecer sistemas energéticos sustentáveis e o Brasil encontra-se em posição privilegiada dentre os que detêm domínio dessa tecnologia, ao menos na América Latina, atuando como pioneiro na iniciativa do uso dessa tecnologia.

A sustentabilidade pode ser considerada como a habilidade de atender às necessidades de uma geração sem comprometer a habilidade de gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades. Na geração nuclear, as metas de sustentabilidade estão direcionadas para o gerenciamento dos rejeitos radioativos e na melhor utilização do combustível nuclear. Assim, tecnologia energética nuclear está em

constante processo de evolução, sempre com o objetivo de aperfeiçoar os projetos de usinas, visando torná-las mais seguras, reduzir o custo, burocracias e o tempo de construção.

A energia nuclear pode oferecer uma resposta à crescente demanda mundial de energia, respeitando as preocupações ambientais e contribuindo para uma dependência reduzida relacionada ao combustível fóssil. O avanço da implantação de uma matriz energética nuclear implica na sua avaliação em todas as dimensões da sustentabilidade. Modernamente, a desinformação parece ser um dos pilares da negação e resistência ao desenvolvimento energético nuclear. Adicionalmente, a energia nuclear parece ter um papel positivo na redução da poluição ambiental atenuando o nível de emissão de CO₂, cuja produção em uma planta nucleônica é menor do que em uma usina térmica a carvão. Em *The Economics of Nuclear Energy*, vídeo que pode ser encontrado na internet (https://www.youtube.com/watch?v=UC_BCz0pzMw) no canal *Real Engineering* (https://www.youtube.com/channel/UCR1luLEqb6UEA_zQ81kwXfg), é possível verificar que a França possui cerca de 61% de sua energia produzida por plantas nucleares, emitindo cerca de 32g de carbono por quilowatt-hora (kWh) produzido. Estes número observados na Alemanha cuja produção de energia tem parcela de 12% nucleônica, emplaca cerca de 318g de carbono por kWh, quase 10 vezes mais.

Obviamente, a discussão sobre a utilização da energia nuclear não se limita à geração de energia e como já discutido, pode apresentar pontos favoráveis e desfavoráveis.

RADIAÇÃO IONIZANTE E MEIO AMBIENTE

Radiação pode ser definida como uma emissão de energia no espaço. É um aspecto físico da natureza inseparável da existência humana. A luz solar, por exemplo, é uma emissão de energia e constitui-se radiação, sendo um exemplo de radiação que tem sua

origem em reações de fusão nuclear. Sim, a luz do sol tem origem nuclear!

Invariavelmente, as radiações ionizantes estão presentes no cotidiano do mundo moderno, seja a área rural ou urbana. Por exemplo, há diversos elementos radioativos que constituem a crosta terrestre, como o Urânio (U) em suas formas variadas, Tório (Th), Rádio (Ra) entre outros. Assim, de maneira geral estamos sendo expostos à radiação natural. As formas artificiais podem ser entendidas como decorrentes tecnológicos de estudos e observações do fenômeno natural e sua artificialização.

A emissão de energia pelo átomo pode ocorrer de diversas formas. Considera-se o modelo clássico do átomo (modelo de Rutherford), conhecido como um sistema planetário com um núcleo recheado de prótons e nêutrons (exceção feita ao Hidrogênio – H com um próton apenas) e elétrons orbitando em trajetória elíptica em torno deste centro. Nesta perspectiva, se podem verificar emanações provenientes de dois *lugares* atômicos, do núcleo e de sua eletrosfera.

As emanações provenientes do núcleo são chamadas radiações nucleares e as provenientes da eletrosfera, atômicas. Não importando a origem, as emanações são consequência da tentativa natural de se estabelecer um equilíbrio energético e as radiações são a materialização destes processos de equilíbrio. As radiações de origem nuclear podem ser mais energéticas que as de origem atômica, como acontece quando em condições ordinárias se compara as radiações X e gama. A radiação gama tem origem no núcleo atômico enquanto que os raios-X têm sua origem em processos na eletrosfera do átomo.

De forma geral, as radiações podem ser divididas em dois grupos energéticos: (a) ionizantes e (b) não-ionizantes. Considera-se radiação ionizante aquela capaz de provocar a ejeção de elétrons do átomo que interage, formando um íon, que é um átomo não equilibrado pelo desequilíbrio da relação elétron-próton, cujas quantidades devem ser iguais para que se tenha estabilidade elétrica. Os raios-X e gama são

exemplos de radiações ionizantes. A radiação não ionizante, não provoca íons ao interagir com a matéria. É exemplo de radiação não ionizante, a luz branca de uma lâmpada incandescente comum.

Em uma perspectiva ambiental, as radiações ionizantes devem ser estudadas principalmente na forma das suas interações com a matéria, levando-se em consideração suas quantidades (doses), natureza e forma. Considerando a interação da radiação com a matéria, a determinação da quantidade de energia depositada no meio pode definir as consequências ambientais da interação. Esta quantidade de energia depositada pela radiação no meio, mais especificamente em uma massa, é tecnicamente denominada *dose absorvida de radiação*, ou simplesmente *dose*. Sua unidade no sistema internacional de unidades (SIU) é o J/kg recebendo a denominação gray (Gy). É a relação entre a energia absorvida e a massa do volume de material atingido, uma função num ponto P, de interesse.

$$D = \frac{\overline{dE}}{dm} \quad [\text{Gy}] \quad (1)$$

onde é expressa como sendo a energia média que é depositada por qualquer tipo de radiação no ponto de interesse, por unidade de massa dm.

Atividade (A) de uma dada amostra é dita como sendo a taxa de decaimento dos átomos instáveis em um determinado instante. Pode-se expressar matematicamente a atividade, considerando n(t) o número de átomos existentes numa amostra, no instante t.

$$A(t) = \frac{dn(t)}{dt} = -\lambda n(t) \quad (2)$$

onde o número n(t) de átomos radioativos é obtido em função da massa do isótopo contido na amostra, do número de Avogadro (N_A), da massa atômica A e do percentual de átomos radioativos na massa

do isótopo. Com relação à atividade de uma fonte, ela é medida em unidades de transformações por segundo, denominada becquerel (Bq) = s^{-1} , no Sistema Internacional. A unidade antiga, ainda em uso é o curie (Ci). Por definição, equivale ao número de transformações por segundo em um grama de 226 Ra, que é de $3,7E+10$ transformações por segundo. Portanto, 1 Ci equivale a $3,7E+10$ Bq. Caso o radionuclídeo esteja uniformemente distribuído numa superfície, a atividade é medida pela unidade de massa do material, como, kBq/kg (quilobecquerel por quilograma) e Ci/g (Curie por grama).

A Dose Efetiva Total (TED – *Total Effective Dose*) é o somatório da dose efetiva devido à exposição externa e da dose efetiva comprometida durante qualquer período de tempo “t”, proveniente da incorporação de radionuclídeos. A dose efetiva pode ser estimada pela equação (3).

$$TED = H_p(10) + \sum_j e(g)_{j,ing} I_{j,ing} + \sum_j e(g)_{j,ina} I_{j,ina} \quad (3)$$

onde $H_p(10)$ é o equivalente de dose pessoal a uma profundidade de 10 mm em tecido mole, obtido pelo monitor individual usado no ponto mais exposto do tórax, durante o tempo “t” para a radiação R. Para fótons, provisoriamente, $H_p(10)$ pode ser substituído por H_x . Os termos $e(g)_{j,ing}$ e $e(g)_{j,ina}$ são as incorporações por ingestão e inalação, respectivamente, do radionuclídeo “j” durante o período de tempo “t”. Para exposição ocupacional, os valores dos coeficientes de dose são aqueles estabelecidos na Posição Regulatória PR-3.01/003, “Coeficientes de Dose para Indivíduos Ocupacionalmente Expostos”. A dose efetiva total pode ser medida em sievert (Sv) (SI).

A dose equivalente num tecido (H_T) é a dose absorvida D média em um tecido específico T, multiplicada pelo fator de qualidade Q da radiação R, sendo normalmente expressa por

$$H_T = D_T \cdot Q \text{ [Sv]} \quad (4)$$

onde o fator Q é adimensional e constitui um fator de peso proveniente da simplificação dos valores da Efetividade (ou Eficácia) Biológica Relativa (Relative Biological Effectiveness – RBE). Neste caso, será levado em conta o tipo de radiação (alfa, beta, gama etc.), pois cada radiação terá um fator de multiplicação específico.

Com a evolução da utilização da radiação nas mais diferentes aplicações, foi necessária uma padronização das medidas e quantidades de radiação, bem como a relativização dos seus efeitos. Assim, comissões internacionais para este fim foram formadas e se dedicam à definição de grandezas dosimétricas, das relações de equivalência entre elas e padronização de unidades. A Comissão Internacional de Unidades e Medidas de Radiação (*International Commission on Radiation Units and Measurements* – ICRU) define as grandezas físicas básicas e operacionais; a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (*International Commission on Radiological Protection* – ICRP) estuda o desenvolvimento da proteção radiológica e faz recomendações com vistas aos efeitos biológicos, indicando riscos e potenciais consequências da exposição radiológica.

No Brasil existe uma comissão responsável pela cumprimento das normas relativas às atividades nucleares, a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN. É uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), criada em 1956 para desenvolver a política nacional de energia nuclear.

Embora exista conhecimento disponível suficiente para aplicação segura das técnicas que utilizam radiações ionizantes, há o sentimento de uma crescente preocupação com problemas ambientais relacionados à liberação de materiais radioativos para o meio ambiente.

Uma área que está avançando cada vez mais e se dedica aos potenciais danos provocados ao meio ambiente por liberações radioativas, sejam elas deliberadas ou não, é a Radioecologia.

No início do século XX, quando ainda se sabia pouco a respeito dos efeitos biológicos provocados pela exposição à radiação ionizante, e ainda se sabe muito pouco, a referência para uma exposição excessiva era medida pela vermelhidão da pele do operador do equipamento emissor de radiação. Há um livro muito interessante que mostra esta e outras situações hoje consideradas inusitadas em radioproteção, *Permissible dose: A History of Radiation Protection in the Twentieth Century*, publicado por J.S Walker em 2000 na Universidade da Califórnia faz uma apanhado histórico onde é possível verificar o paralelo entre a evolução dos métodos e equipamentos e a redução dos limites de referência para a exposição radiológica.

APLICAÇÕES MODERNAS DA TECNOLOGIA

O desenvolvimento tecnológico de uma sociedade tem relação direta com a sua percepção de mundo. Assim, é de se esperar que quanto melhor se puder medir uma variável, melhor se pode ter noção de sua importância. Na parte introdutória do texto foi citado o exemplo da evolução dos limites de referência para exposição radiológica como paralelo ao desenvolvimento das técnicas e métodos de medida em física das radiações e dosimetria. Desta forma, as aplicações da tecnologia nuclear trafegam no tempo em harmonia com a evolução tecnológica associada, como a eletrônica, a física nuclear, a radiobiologia, a medicina, a engenharia e outras. Ou seja, a tecnologia nuclear é indiscutivelmente trans e multidisciplinar. E como é amplamente utilizada em diversos campos da atividade humana, é dependente de tecnologias paralelas para poder ser aplicada. Este ponto é de alta relevância porque tecnologias aplicadas arrastam atrás de si os riscos tecnológicos associados que precisam ser revisados e revisitados de tempos em tempos para uma atualização à luz das novas capacidades de medidas e verificação.

Com realção ao campo da geração de energia nuclear, o Brasil abriga 3 usinas nucleares que são administradas por uma Empresa

Estatal do Ministério de Minas e Energia, a Eletronuclear. Dessas, apenas duas estão em funcionamento (Angra I e Angra II) e a terceira ainda em construção (Angra III), compondo a Central Nuclear Almirante Alberto Navarro, no estado do Rio de Janeiro. Vale ressaltar que segundo dados da *World Nuclear Association*, até maio de 2020, na América do Sul, apenas o Brasil (2) e Argentina (3) possuem reatores nucleares. O que pode ser considerado insuficiente se comparado aos países que já desenvolveram a tecnologia, como os EUA com 95 reatores, França com 57, China com 47, Rússia com 38, Japão com 33 e Coreia do Sul com 24.

Outra modalidade de reator nuclear muito importante no Brasil é o reator de pesquisa. Estas instalações não se destinam à geração de energia mas à pesquisa básica e aplicada na área de reatores nucleares, e por isso possuem baixa potência. No Brasil, existem 4 locais com esses reatores em operação sendo 2 em São Paulo, 1 no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN, utilizado para pesquisas e produção de radioisótopos, e 1 no Centro Tecnológico da Marinha – CTMSP para testes de materiais. Outra unidade em Belo Horizonte no Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear – CTDN/CNEN e outro no Rio de Janeiro, no Instituto de Engenharia Nuclear – IEN/CNEN. Essas instalações se caracterizam como os únicos centros de pesquisa em energia nuclear no Brasil que possuem reatores deste tipo, garantindo significativos avanços na manipulação de radioisótopos em parceria com outros institutos de pesquisa internacionais, como Alemanha e França.

A outra modalidade do uso da tecnologia com radiações no Brasil que não estão ligadas a geração de energia, estão presentes no uso difuso dessa tecnologia, principalmente em aplicações médicas e industriais. As instalações radiativas no Brasil são classificadas em 5 grupos, divididos de acordo com as fontes de radiação e suas aplicações. A tabela 1 apresenta um resumo das principais categorias de aplicação difusa da tecnologia nuclear.

De acordo com dados informados pela CNEN, existem no Brasil 1621 instalações radiativas em funcionamento e em sua grande maioria com aplicações médicas nos serviços de radioterapia por aceleradores lineares ou de fontes de braquiterapia convencional de altas doses e em menor quantidade por telecobaltoterapia. Dentre outras aplicações médicas, além dos avanços das aplicações de radioisótopos em medicina nuclear, existem as instalações de produção de radiofármacos (ciclotrons) que vem crescendo desde 2006. Eram 4 ciclotrons naquela época e atualmente são 9 instalações em funcionamento sendo 1 em Brasília, 2 em Porto Alegre, 2 no Nordeste (Bahia e Pernambuco), 2 no Estado de São Paulo, um em Curitiba e outro em Belo Horizonte.

Tabela 1 – Resumo das principais aplicações de técnicas nucleares por categoria de instalação radiativa.

CATEGORIA	APLICAÇÕES	CATEGORIA	APLICAÇÕES	CATEGORIA	APLICAÇÕES
MEDICINA	Radioterapia	INDÚSTRIA	Processos	SERVIÇOS	Manutenção
	Medicina Nuclear		Irradiação		Troca de Fontes
	Densitometria		Prospecção		Calibração
	Irradiador (Sangue)		Ensaio		Monitoração Individual
	Produção de isótopos		Salvaguardas		
PESQUISA	Agricultura		Radionuclídeos		
	Física Nuclear		Equipamentos		
	Química Nuclear		Dispositivos		
	Biologia				
	Hidrologia				

Importantes aplicações da tecnologia nuclear no Brasil estão no campo industrial, com alto valor agregado pelos serviços entregues. São exemplos de aplicações desta natureza a radiografia industrial que é executada em serviços de avaliação de soldas em tubulações, ou aferições industriais em empresas de bebidas, petroquímicas, irradiação

de alimentos para exportação, esterilização de material hospitalar dentre outras. Nessas práticas podem ser utilizados tanto radionuclídeos em seus equipamentos, por exemplo o Cesio -137 ou Amerício-241, quanto fontes artificiais como emissores de raios-X.

Dentro dos usos não pacíficos se pode, ainda, considerar a possibilidade de ações deliberadas, o terrorismo ou bombardeios nucleares. O terror pode ocorrer das mais variadas formas. Entretanto, se pode perceber em grupos de pesquisa no mundo um preocupação com artefatos conhecidos como bombas sujas. Estes artefatos são um mecanismo simples acoplando explosivo convencional (não nuclear) a uma certa quantidade de material radioativo. Embora o mecanismo seja simples, conseguir o material para sua construção não é uma das tarefas mais fáceis. Estes dispositivos são conhecidos como Dispositivos Dispersores de Radiação (em inglês, *Radiological Dispersive Device* – RDD) e podem comprometer em grande escala um área afetada. Uma variação dos RDDs são os Dispositivos de Exposição Radiológica (em inglês, *Radiological Exposure Device* – RED). Estes dispositivos diferem dos RDDs apenas por não possuírem explosivos. São destinados prioritariamente a produzirem exposições agudas em uma população flutuante. Não há como comparar as capacidades de dano entre os RDDs e os REDs posto que são ameaças muito importantes e no mesmo nível no contexto social.

Há ainda um tipo de dispositivo mais avançado e potencialmente mais nocivo, os Dispositivos Nucleares Improvisados (do inglês, *Improvised Nuclear Device* - IND). Importantes fontes de informação sugerem que em primeiro lugar, o impacto da explosão sobre humanos deve ser calculado ou estimado, o que pode ser feito por meio de simulações computacionais utilizando os códigos citados. Dados importantes sobre o tamanho da população potencialmente afetada, número estimado de óbitos por zona urbana de interesse, estimativa do tamanho da área degradada pela ação não só mecânica da explosão como da contaminação radiológica. O impacto sobre

infraestruturas críticas deve ser uma informação útil, afinal hospitais podem ser destruídos e linhas de transporte podem ser retiradas de circulação permanentemente. Além disso, as comunicações podem ficar limitadas pela ação de potentes campos eletromagnéticos gerados na explosão. Todas essas informações podem ser simuladas e testadas quanto à capacidade de resposta. Tanto os RDDs quanto os REDs e os INDs podem ser estudados com o auxílio dos softwares apresentados neste capítulo.

Há um site governamental americano que pode ser acessado em www.remm.nlm.gov e uma profunda pesquisa sobre esses e outros temas relacionados à aplicação de tecnologia nuclear pode ser conduzida.

POSSIBILIDADES EM PESQUISA NA ÁREA AMBIENTAL

Como já foi comentado, as aplicações da tecnologia nuclear são amplas e o mesmo ocorre com as possibilidades de se realizar pesquisa científica neste campo. Tentar reduzir ou simplesmente categorizar áreas de interesse, poderia levar a uma simplificação inadequada. Desta forma, são apresentadas algumas sugestões que são pouco exploradas no Brasil, e se pode dizer que inclusive internacionalmente. O conhecimento dessas ferramentas pode incrementar a pesquisa e resolver problemas aparentemente insolúveis. Um exemplo de situação insolúvel é quando se deseja realizar pesquisa com fontes de radiação e não se tem à disposição um equipamento. Não só pela dificuldade de se adquirir equipamentos desta natureza, mas também pelos severos entraves burocráticos, que não são poucos, para se credenciar junto à autoridade regulatória, no caso a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Assim, a utilização de modelagem computacional e simulações podem ser uma saída estratégica para o impasse. O uso de métodos computacionais já testados pela comunidade científica internacional,

disponibilizados gratuitamente e de razoável facilidade de interação homem-máquina, pode ser um incentivo ao início de estudos mais avançados no tema.

O uso de simulações computacionais para se tentar prever o comportamento de sistemas e eventos catastróficos tem se mostrado uma solução interessante do ponto de vista econômico e prático. Entretanto, esse recurso científico poderoso pode requerer do usuário uma especialização que o habilite não somente no tema escolhido como objeto de pesquisa, mas também no campo da computação ou matemática avançada. Assim, uma barreira pode ter sido criada com efeito sobre a redução da utilização em mais larga escala dos recursos computacionais dedicados à simulação de realidades. Neste contexto alguns grupos de cientistas e técnicos em escala mundial vem se dedicando a propor alternativas. Esses grupos, principalmente nos Estados Unidos e Europa, vem tendo sucesso no desenvolvimento de softwares que podem ser utilizados por pesquisadores na área da tecnologia nuclear e suas consequências para o meio ambiente sem que seja necessária especialização em computação ou modelagem matemática.

Estes recursos podem ser utilizados em diversos tipos de estudos, não se limitando a eles, oferecendo a oportunidade de articulação entre eles dependendo do problema e da criatividade do pesquisador ou cientista que está conduzindo o trabalho de pesquisa científica. Os códigos que serão apresentados neste trabalho representam apenas uma pequena parte do que é disponibilizado na internet.

O código *HotSpot Health Physics* em sua versão 3.1.1 é gratuito e desenvolvido pelo laboratório americano *Lawrence Livermore National Laboratory* - LLNL foi concebido para prover uma ferramenta metodológica computacional rápida e portátil para avaliar incidentes envolvendo material radioativo. O HotSpot apresenta um modelo conservador para estimar a dose de radiação e a concentração de radionuclídeos como resultado da liberação na atmosfera.

Um modelo conservador é aquele que estima considerando-se o mais pessimista dos cenários. Este tipo de modelo é interessante para se poder estimar a alocação necessária de recursos, elevando sempre as estimativas e facilitando possíveis remanejamentos futuros. O código utiliza um modelo semiempírico gaussiano para calcular a dispersão do material radioativo à medida que este se desloca com os ventos na área impactada, revelando o nível de dependência com as condições climáticas locais.

O modelo requer uma menor computação intensiva de dados e vem sendo utilizado por conta da interpretação simples que fornece, sendo adequada a uma primeira aproximação da descrição do evento e apoio ao processo decisório.

O HotSpot considera como parâmetros principais: (a) modo de dispersão atmosférica; (b) condições meteorológicas; (c) detalhes da pluma radioativa incluindo o termo-fonte; (d) energia da explosão, (em caso de modo deliberado) e (e) tempo (amostragem e exposição). O HotSpot é utilizado para simular uma contaminação de área, seja urbana ou rural e para determinação dos limites da pluma de contaminação, um importante elemento para se poder estimar o tamanho de uma população potencialmente afetada na zona de interesse. Os níveis de referência para os limites da contaminação são considerados de acordo com as necessidades de avaliação do risco e levam em conta normas internacionais como a ICRP 103 de 2007.

O código *RESidual RADioactive material – Radiological Dispersive Device* (RESRAD-RDD) é gratuito e utilizado para estimativa de doses de radiação e risco envolvendo exposição a materiais radioativos. A família RESRAD de códigos começou a ser desenvolvida em 1980 pelo laboratório Argonne (*Argonne National Laboratory*) e patrocinada pelo Departamento de Energia dos EUA (DoE). O modelo foi validado pela Agência Internacional de Energia Atômica – IAEA EMRAS II em 2010, sendo recomendado pelo Guia de Ações Protetoras PAG's (2013 EPA *Protective Action Guides and Planning Guidance for Radiological Incidents*)

e (EPA PAG Manual; EPA 400-R-92-001) no suporte a decisões sobre proteção do público e trabalhadores de resposta à emergência. Mais especificamente, o RESRAD-RDD facilita a aplicação das diretrizes operacionais desenvolvidas para resposta ao acionamento de um Dispositivo de Dispersão Radiológica (em inglês, RDD).

Os modelos BEIR (*Biological Effects of Ionizing Radiation V e VII*) para avaliação de risco à saúde humana tratam, por diversos fatores, de funções matemáticas referentes à estimativa de risco para desenvolvimento de cânceres, assim como sua probabilidade de causalidade (PC). Tomam como princípio o Life Span Study (LSS), que é um estudo epidemiológico realizado a partir de dados produzidos no acompanhamento dos sobreviventes dos bombardeios nucleares no Japão ao final da 2ª Guerra Mundial.

O documento BEIR V é a quinta edição de uma série de relatórios ou publicações do National Research Council (NRC). Essa publicação trata dos efeitos à saúde humana considerando exposição de corpo inteiro induzidos pelas radiações de baixa transferência linear de energia (*Low Linear Energy Transfer – Low LET*), como as radiações X e gama. Este documento faz estimativas quantitativas de riscos, com base em análises epidemiológicas quantitativas e modelos experimentais envolvendo animais. Os modelos para radiocarcinogênese apresentados pelo documento BEIR V consideram a exposição humana de corpo inteiro à radiação ionizante de baixo LET, no intervalo de dose equivalente total efetiva de $0,1 < D < 4\text{Sv}$. O limite superior de 4Sv é considerada a dose letal média que leva a 50% de óbito em 30 dias para humanos. A estimativa de risco radiológico é feita segundo as equações de base epidemiológica BEIR V inserindo as doses efetivas totais para avaliar o risco fatal de desenvolvimento de uma morbidade específica. É uma estratégia muito interessante para se conectar uma abordagem epidemiológica ao caso ambiental.

Já o relatório BEIR VII apresenta estimativas de riscos para desenvolvimento de câncer radioinduzido, devido à exposição a baixas

doses de radiação ionizante. O BEIR VII define como baixas doses valores no intervalo $1\text{mSv} < D < 100\text{mSv}$ para radiações de baixo LET (BEIR VII 2006). Além disso, dá suporte a um modelo de risco linear sem limiar (linear no-threshold - LNT). Entretanto, a grande contribuição do BEIR VII tem sido relacionada ao desenvolvimento de modelos que permitam estimar os riscos de incidência e de mortalidade para cânceres, considerando a dose, o sexo e a idade no momento da exposição do indivíduo. Dentro da abordagem de mais longo prazo em suas estimativas se pode incluir estudos sobre a perda ou encurtamento da vida de um indivíduo em função da exposição radiológica.

O Software ERICA Integrated Approach é gratuito e oferece uma abordagem integrada que compreende três elementos: (a) avaliação - processo de estimar a exposição da biota, que envolve estimar ou medir as concentrações de atividade em meios e organismos ambientais, definindo as condições de exposição e estimando as taxas de dose de radiação. A avaliação pode ocorrer em diferentes níveis de detalhamento, dependendo da demanda e interesse; (b) caracterização do risco - estimativa da probabilidade e da magnitude dos efeitos sobre a biota, juntamente com a identificação de incertezas, e (c) gerenciamento - termo geral do processo de tomada de decisões.

O código computacional, análise espacial e assistente de decisão (*Spatial Analysis and Decision Assistance - SADA*) é um código gratuito, desenvolvido pelo Instituto de Modelagem Ambiental, da Universidade do Tennessee, nos Estados Unidos da América, por meio de fundos da Comissão Regulatória Nuclear dos Estados Unidos, Agência de Proteção Ambiental (EPA) e Departamento de Energia (DOE). O SADA está no seu vigésimo primeiro ano de desenvolvimento. Esta plataforma incorpora uma série de metodologias para avaliação de impacto ambiental com o objetivo de dar subsídios efetivos para a resolução de problemas de contaminação ambiental.

Além das metodologias, o código incorporou no seu banco de dados uma série de parâmetros ambientais para a estimativa das

transferências do poluente nos diferentes compartimentos ambientais, quer na superfície ou abaixo.

Construído com o objetivo de integrar várias vertentes metodológicas, o código contém módulos para a visualização e localização das amostras, desenho dos mapas de distribuição da concentração, análise geoespacial, análise estatística, avaliação de risco humano, de risco ecológico, análise custo *versus* benefício, desenho da amostragem e o suporte para a tomada de decisão. As diversas metodologias que compõem o SADA podem tanto ser utilizadas independentemente como em conjunto, visando avaliar problemas específicos de sítios contaminados com material radioativo. Podem ser utilizadas para caracterizar a distribuição da contaminação do local em superfície e abaixo, avaliar o risco, determinar a localização das amostras a serem coletadas e analisadas e para planejar as ações de proteção dos indivíduos e remediação. Uma vantagem do SADA em relação a outros códigos computacionais é que este fornece meios para avaliar não só o impacto e os riscos para a saúde humana devido à contaminação com radionuclídeos, como também devido à presença de uma gama de contaminantes tais como: (a) metais pesados, (b) pesticidas e (c) poluentes orgânicos, o que possibilita uma avaliação integrada ou geral do ambiente.

O SADA é um software desenvolvido para o sistema operacional Windows, sendo de livre acesso, integra modelos científicos - estrutura de análise de decisão, sem solução de continuidade e de uso para avaliação de danos à saúde humana, aos animais e ao meio ambiente. Os recursos oferecidos pelo SADA são variados: (a) Visualização/Geological Information System (GIS); (b) Análise de Estatística; (c) Interpolação Geoespacial; (d) Análise de Incertezas Geoespaciais; (e) Avaliação de Riscos à Saúde Humana; (f) Avaliação de Riscos Ecológicos; (g) Análise Customizada; (h) Módulo *Multi-Agency Radiation Survey & Site Investigation Manual* (MARSSIM); (i) Estrutura da Área de Interesse; (j) Análises de Custo Benefício; (k) Projetos de Amostras; e (l) Exportação de Arquivos. Para isso, utiliza bancos de dados toxicológicos robustos

e atualizados quais sejam: o *Risk Assessment Information System* (RAIS) disponível em <https://rais.ornl.gov/>, a *Environmental Protection Agency* (EPA) americana disponível em <https://www.epa.gov/>, o *Integrated Risk Information System* (IRIS) disponível em <https://www.epa.gov/iris> e o *Health Effects Assessment Summary Table* (HEAST) disponível em <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=2877>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema tratado neste breve capítulo é extenso, de grande profundidade e vem despertando o interesse de estudantes de graduação e pós-graduação de maneira crescente. Talvez o acesso crescente à internet e, conseqüentemente, à informação possam estar agindo como catalizadores desse interesse. Talvez se possa arriscar dizer que o acesso à informação e a necessidade de encadeamento de ideias necessário à navegação on line, estejam permitindo perceber com maior clareza as conexões entre as coisas do mundo.

BIBLIOGRAFIA SUGERIDA

ALVIM, C. F., EIDELMAN, F., M., O. e FERREIRA, O. C. Energia nuclear em um cenário de trinta anos. *Estudos Avançados* .21 (59), 2007

AYAH E. Abouelnaga, Abdelmohsen Metwally, Naguib Aly, Mohammad Nagy, Saeed Agamy. Assessment of nuclear energy sustainability index using fuzzy logic; *Nuclear Engineering and Design*. Elsevier. July 2010 <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2010.03.010>

Barry W. Brook and Corey J. A. Bradshaw. Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation. *Conservation Biology*, Volume 29, No. 3, 702–712. 2014. DOI: 10.1111/cobi.12433

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, Diretrizes Básicas de Radioproteção, CNEN – NE – 3.01, 2005, Rio de Janeiro

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Licenciamento de Instalações radiativas. Rio de Janeiro, setembro, 2011a (CNEN-Nrm-6.02)

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso futuro comum. 2a ed. Tradução de Our common future. 1a ed. 1988. Rio de Janeiro : Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991

EPA. Protective action guides and planning guidance for radiological incidents - draft for interim use and public comment. USA: United States Environmental Protection Agency's (EPA), 2013

HOMANN, S. G. (2019). HotSpot Health Physics Codes Version 3.0 User's Guide. CA, USA., Lawrence Livermore National Laboratory

IAEA. Methods for estimating the probability of cancer from occupational radiation exposure. Vienna, Austria, 1996

ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Annals of the ICRP 37, 1-332

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation safety of gamma and electron irradiation facilities, Safety Series No. 107, Vienna, 1992

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation safety of gamma, electron and X ray irradiation facilities, Specific Safety Guide No. 8, Vienna, 2010

Lee, M. Kim, J. Lee, Analyzing the impact of nuclear power on CO2 emissions, Sustain. Times 9 (2017) 1e13, <https://doi.org/10.3390/su9081428>

METTLER, F. A. (2012). Medical effects and risks of exposure to ionising radiation. *J Radiol Prot*, 32(1), N9-N13. doi:10.1088/0952-4746/32/1/N9.

Muhammad LUQMAN, Najid AHMAD, Khuda BAKHSH Nuclear energy, renewable energy and economic growth in Pakistan: Evidence from non-linear autoregressive distributed lag model *Renewable Energy* Volume 139 August 2019 Pages 1299-1309

Nasir MAHMOOD, Danish, Zhaohua WANG, Bin ZHANG. The role of nuclear energy in the correction of environmental pollution: Evidence from Pakistan *Nuclear Engineering and Technology* In press, corrected proof Available online 22 November 2019

OKUNO, E., " Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios". Harbra, São Paulo, 1998

OUGHTON, D.H., Avila, R., Brown, J., Copplestone, D., Gilek, M., 2008. Addressing uncertainties in the ERICA integrated approach. *Journal of Environmental Radioactivity* 99, 1384e1392

SHAPIRO, J. *Radiation Protection: A Guide for Scientists, Regulators, and Physicians*, 4th ed., Cambridge, 2002

WALKER, J.S., *Permissible dose: A History of Radiation Protection in the Twentieth Century*, University of California, 2000

Xu, J. Kang, J. Yuan, The perspective of nuclear power in China, *Sustainability* 10 (2018), <https://doi.org/10.3390/su1006208>

ZINGER, I., JONES, S., OUGHTON, D.H., 2008. Stakeholder interaction within the ERICA integrated approach. *Journal of Environmental Radioactivity* 99, 1503-1509

ZINGER, I., COPPLESTONE, D., HOWARD, B.J., 2008. Decision-making in environment radiation protection: using the ERICA integrated approach. *Journal of Environmental Radioactivity* 99, 1510-1518

A FORMAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR E SUA RELAÇÃO COM O USO E COBERTURA DO SOLO NO ESPAÇO INTRAURBANO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB

Anne Falcão de Freitas

Joel Silva dos Santos

Eduardo Viana

INTRODUÇÃO

A maioria da população vive em áreas urbanas, as quais tem se expandindo rapidamente de forma horizontal e vertical, suprimindo a vegetação original em troca de materiais de construção civil (WANG et al., 2019). Ellis (2013) afirma que os seres humanos alteram mais de 75% da biosfera transformando em uma espécie de bioma antropogênico (antroma), isso tem elevado a possibilidade de deixar o antroma insustentável principalmente para aqueles que vivem no ambiente urbano.

Um fenômeno evidenciado pelas alterações sem o devido planejamento das cidades é o efeito da ilha de calor, que consiste em temperaturas maiores em áreas urbanas quando comparado com áreas não urbanizadas (YUAN et al., 2017).

Segundo Chakraborty et al (2019) a ilha de calor urbana proporciona condições adversas a saúde, por meio do seu impacto no estresse térmico, o qual varia entre bairros de uma mesma cidade, dependendo da constituição do uso e cobertura do solo. Com isso, a magnitude e repercussão da ilha de calor está associada a atividade humana. Diante desse contexto, o principal objetivo do presente

estudo foi verificar as alterações do campo térmicodinâmico da cidade de João Pessoa/PB e a formação das ilhas de calor urbanas. Na pesquisa, verificou-se também a intensidade da ilha de calor (ICU) da área de estudo durante dois períodos climáticos da região: seco e chuvoso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

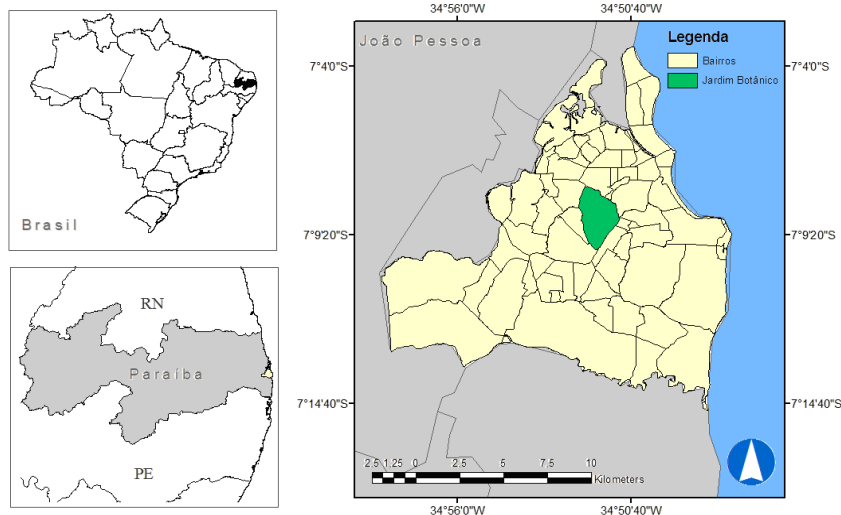
O município de João Pessoa está localizado no Litoral Oriental da região Nordeste do Brasil, entre as seguintes coordenadas geográficas: Latitude Sul 7°14'29" e Longitude Oeste 34°58'36", Latitude Sul 7°03'18" e Longitude Oeste 34°47'36" (Figura 1). A cidade apresenta os seguintes limites municipais: ao Sul com o município do Conde, a Oeste com os municípios de Bayeux e Santa Rita, ao Norte com o município de Cabedelo e ao Leste com o Oceano Atlântico.

O clima da cidade é do tipo Tropical Úmido que permanece durante todo o ano dentro da influência dos ventos alísios de sudeste, que têm a sua frequência alterada através dos ventos de leste e de nordeste e da Zona de Convergência Intertropical. Já o período chuvoso da região vai de março a agosto, e seu período mais seco, compreende os meses de setembro a fevereiro (SANTOS, 2011).

Coleta e análise dos dados microclimáticos

A análise do clima urbano se deu através de descrições físicas do espaço geográfico e medições *in loco*. O subsistema climático analisado foi o termodinâmico.

Figura 1. Localização geográfica do município de João Pessoa, PB.

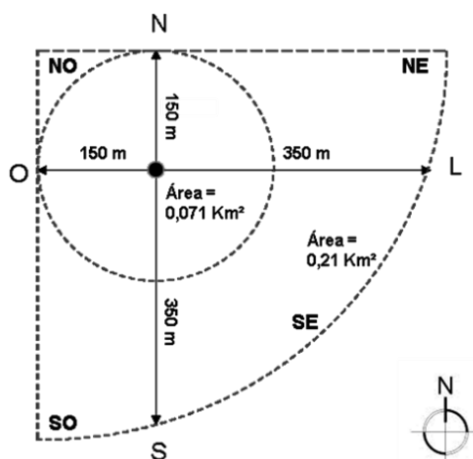


Fonte: Organização da autora (2018).

Tal proposta é baseada na metodologia definida por Monteiro (1976), Katzschner et al. (2002), Costa (2007) e Santos (2011), o qual consiste na análise do campo térmico urbano e sua relação com o uso e cobertura do solo das amostras experimentais monitoradas. Em seguida, foi realizado o reconhecimento e caracterização dos bairros onde ficaram alocados os sensores meteorológicos, assim como o mapeamento de cada ponto do experimento, no qual foi delimitado um raio de 150 m da localização do ponto de coleta, nas direções Norte e Oeste (KATZSCHNER et al., 2002) e um raio de 350m nas direções Leste e Sul, compreendendo um valor total de 500m, que correspondesse à medida de 0,5 km (OKE, 2004). Esse procedimento objetiva analisar a influência da ventilação como um elemento de controle climático para o campo térmico da área. Dessa forma, foi determinada a análise numa área total de 0,21 km² no entorno de cada ponto estudado, conforme detalhado na Figura 2.

O índice de cobertura do solo em cada ponto experimental foi obtido pela contribuição percentual das seguintes classes de cobertura: amianto, cerâmica, concreto, metálica, piscina, hidrografia, pavimento asfáltico, solo exposto e vegetação arbórea/arbustiva. Esse índice foi obtido com o auxílio do programa QGIS® a partir de imagem de alta resolução espacial Digital Globe de 2016 para cada ponto experimental.

Figura 2. Área de análise de cada ponto de coleta durante os dois períodos experimentais: período de seco e chuvoso.



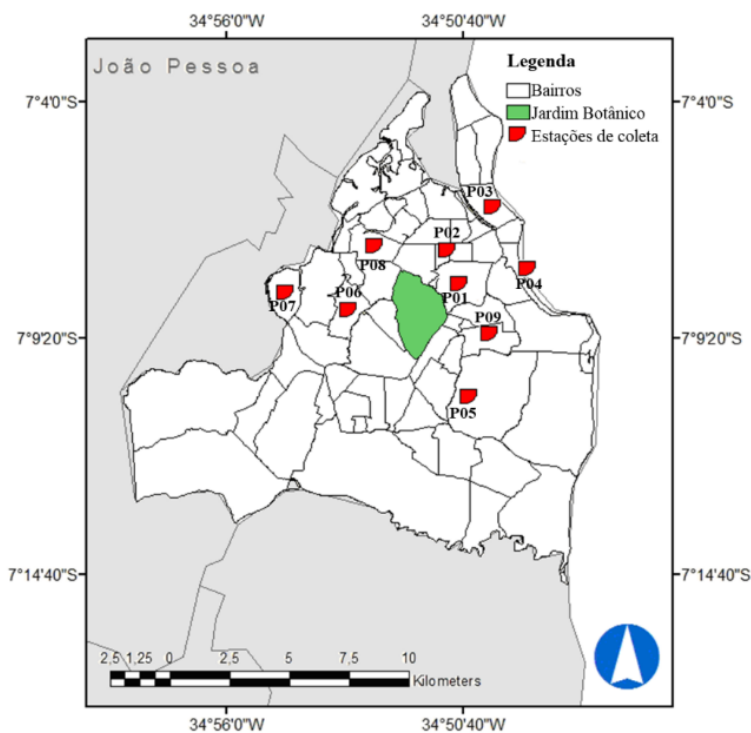
Fonte: Costa (2007).

Para a coleta dos dados de temperatura do ar em cada ponto experimental visando o cálculo da Intensidade da Ilha de Calor, foram utilizados Data Loggers Hobo® U12 com Resolução: Temperatura: 0.1°C em 25°C e RH: 0.07% em 25°C). Tais sensores foram programados para obter dados durante intervalos horários e colocados em torre de antena de celulares, distando 1,5m do solo e protegidos em cabines meteorológicas plásticas de cor branca, as quais contêm pequenas aberturas que permitem a livre circulação do ar e evitam a incidência solar direta.

Cada estação de coleta dos dados foi georreferenciada com GPS de navegação, utilizando-se o sistema de projeção UTM e Datum planimétrico SAD 69, para posterior espacialização no Sistema de Informação Geográfica. Também foi realizado o registro fotográfico a partir do sobrevoo de drone para o reconhecimento de cada ponto experimental. A Tabela 1 e a Figura 3 exibem os pontos experimentais com as suas respectivas coordenadas geográficas.

A periodicidade para o levantamento dos dados compreendeu os dois períodos climáticos da área de estudo: o seco (janeiro, fevereiro, setembro e outubro) e o chuvoso (março a agosto) do ano de 2018.

Figura 3. Localização das estações de coleta de dados, no município de João Pessoa, PB.



Fonte: Organização da autora (2018).

Cálculo da Intensidade da Ilha de Calor Urbana (ICU)

A intensidade de ilha de calor urbana - ICU foi obtida pela diferença entre a temperatura do ar de uma área não urbanizada ou menos urbanizada e aquela mais urbanizada (OKE, 1973; SILVA et al., 2010). Dessa forma, foi considerada como ponto de referência (área com semelhança a um ambiente em condições naturais) a amostra experimental localizada no P01 – Castelo Branco, mais especificamente no resquíio de Mata Atlântica localizada próximo ao Departamento de Sistemática e Ecologia (DSE), da Universidade Federal da Paraíba – UFPB (Latitude 294473 S e Longitude 9210910 W).

Para verificar a intensidade da Ilha de Calor Urbana foi utilizada a classificação realizada por García (1996), como apresentada na Tabela 2.

Tabela 1. Localização dos pontos experimentais em coordenadas.

Localização dos pontos	Ponto	Zona	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
Castelo Branco (Mata do DSE/UFPB)	P01	Leste	294473	9210910	18
Bairro Expedicionários	P02	Norte	295307	9212248	54
Bairro Manaíra	P03	Leste	297168	9213966	13
Bairro Cabo Branco	P04	Leste	298053	9212232	09
Bairro Mangabeira	P05	Sul	296918	9205666	50
Bairro Cruz das Armas	P06	Oeste	291631	9210044	47
Bairro Alto do Mateus	P07	Oeste	288930	9210524	45
Bairro Centro	P08	Norte	292672	9212726	37
Bairro Bancários	P09	Sul	297368	9209252	18

Tabela 2. Classificação da intensidade da Ilha de Calor Urbana.

ICU	Intensidade da ICU
IC < 0°C	Ilha de Frescor
IC = 0°C	Neutra
0°C < IC ≤ 2°C	Fraca Magnitude
2°C < IC ≤ 4°C	Média Magnitude
4°C < IC ≤ 6°C	Forte Magnitude
IC > 6°C	Muito Forte Magnitude

Fonte: García (1996).

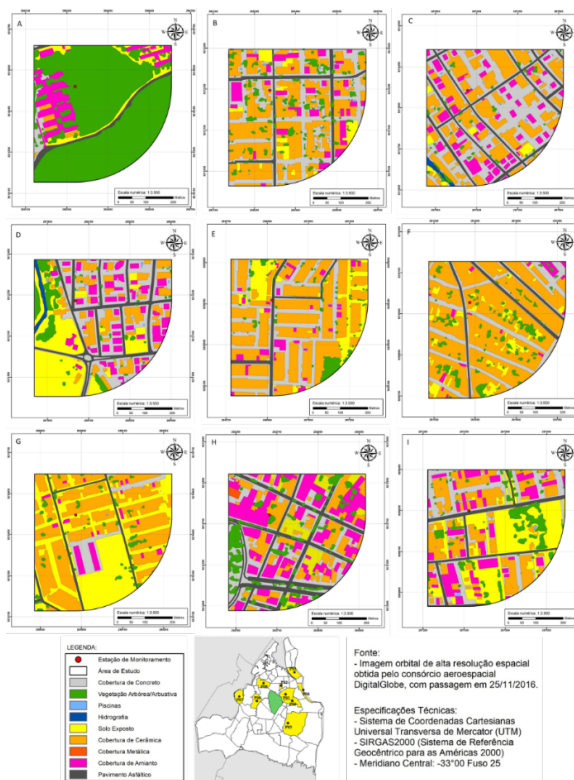
Os dados de ilha de calor urbana foram organizados em planilha eletrônica do Microsoft Excel® e gerados gráficos: mensal e horário.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Caracterização do uso e cobertura do solo nos pontos experimentais da área de estudo

A caracterização física do uso e cobertura do solo dos pontos monitorados evidenciou a presença de setores com cobertura constituída por materiais impermeáveis, a exemplo de piscina, cobertura cerâmica, cobertura metálica, cobertura amianto, cobertura asfáltica e concreto. Além disso, também verificou-se materiais permeáveis como: vegetação arbórea/arbustiva, hidrografia e solo exposto em algumas amostras experimentais (Figura 4A-I).

Figura 4. Uso e cobertura do solo dos pontos experimentais: Castelo Branco (A), Expedicionários (B), Manaíra (C), Cabo Branco (D), Mangabeira (E), Cruz das Armas (F), Alto do Mateus (G), Centro (H) e Bancários (I) em João Pessoa, PB.



Fonte: Organização da autora (2018).

A Tabela 3 apresenta as classes de uso e cobertura do solo dos nove pontos monitorados na área de estudo, com seus respectivos valores. O ponto P01 (Castelo Branco - Mata do DSE/UFPB) apresentou a maior taxa percentual de cobertura vegetal com porte arbóreo/arbustivo (76,97%). Essa classe de cobertura do solo influencia nas melhores condições microclimáticas, a partir da amenização da temperatura e aumento da umidade do ar através da evapotranspiração e sombreamento, principalmente no que diz respeito ao período

seco (WANG et al., 2015; MARTINI et al., 2018; THOMAS et al., 2018), favorecendo ao conforto térmico (MARTINI e BIONDI, 2015).

Os remanescentes de vegetação encontrados em ambientes urbanos, com porte arbóreo e arbustivo, possuem a capacidade de reduzir em até 5,7 °C da temperatura média diária durante o verão, amenizando os efeitos da ilha de calor e reduzindo outros impactos da urbanização desordenada no microclima, isso tem repercussão positiva na saúde humana (EDMONDSON et al., 2016).

Por outro lado, os demais pontos, com destaque para P03 (Manaíra) apresentou as menores taxas de vegetação arbórea/arbustiva (2,13%) em detrimento dos materiais de cobertura do solo impermeáveis (totalizando 94,98%). Essas coberturas possuem propriedades térmicas que armazenam e mantem o calor, principalmente o concreto que é capaz de aumentar até 2,2 °C a temperatura do ambiente urbano (YANG et al., 2013). Além disso, as edificações verticalizadas afetam a distribuição da ventilação impedindo a dissipação do calor (NOGUEIRA et al., 2018; YAHIA et al., 2018). Tais classes de uso e cobertura do solo contribuem diretamente para o aumento das temperaturas em áreas e urbanas, e conseqüentemente, para a formação de ilhas de calor.

Tabela 3. Quantificação percentual do uso e cobertura do solo dos pontos experimentais: Castelo Branco (P01), Expedicionários (P02), Manaíra (P03), Cabo Branco (P04), Mangabeira (P05), Cruz das Armas (P06), Alto do Mateus (P07), Centro (P08) e Bancários (P09) em João Pessoa, PB.

Cobertura	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09
Amianto	11,23	8,87	11,24	12,20	4,29	1,99	3,57	26,34	13,42
Cerâmica	1,30	43,31	32,44	15,43	53,50	61,50	42,74	18,68	24,92
Concreto	2,07	28,54	42,15	27,51	22,21	17,69	5,65	22,67	19,08
Hidrografia	0,00	0,00	0,73	1,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Piscina	0,00	0,29	0,00	0,30	0,00	0,00	0,04	0,00	0,33
Asfáltica	3,23	6,09	9,15	10,51	4,01	4,01	4,31	13,18	6,34
Solo exposto	5,20	4,75	1,98	25,32	11,43	11,43	40,17	6,56	27,22
Vegetação arbórea/ arbustiva	76,97	8,15	2,13	7,17	4,56	4,56	3,52	11,89	8,71

Fonte: Organização da autora (2018).

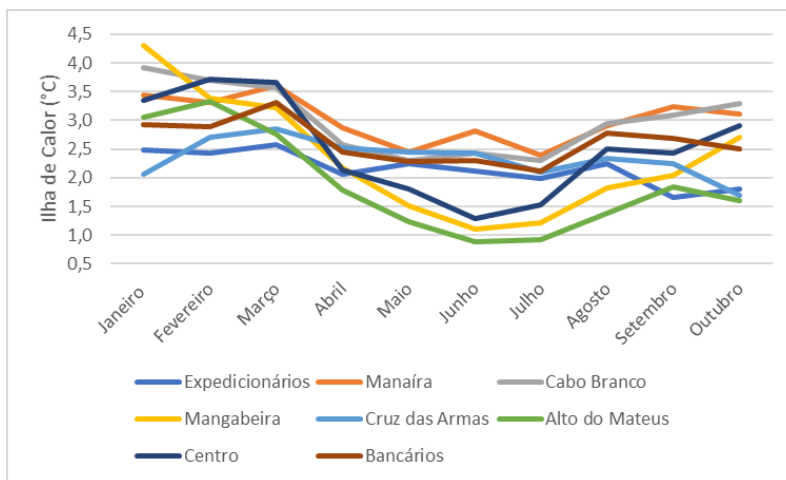
A FORMAÇÃO E INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR URBANA NA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB

Através da análise dos dados coletados, verificou-se que o curso mensal mínimo de ilha de calor na cidade João Pessoa/PB ocorreu entre os meses de junho e julho, especialmente no P07 - Alto do Mateus (0,9 °C) classificado como fraca magnitude. A intensidade máxima da ICU ocorreu em janeiro no P05 – Mangabeira (4,3 °C) classificada como de forte magnitude. Simultaneamente o P04 – Cabo Branco (3,9 °C) apresentou ICU de média magnitude. No mês de março, verificou-se no P08 – Centro (3,7 °C), P04 – Cabo Branco e P03 – Manaíra (ambos com 3,6 °C), ilhas de calor de média magnitude (Figura 5). O material de uso e cobertura do solo, mas especificamente materiais de construção civil, influenciam na absorção e manutenção do calor nesses pontos, e conseqüentemente potencializou, a formação e intensidade das ilha de calor, principalmente no período seco da região, quando a precipitação é baixa (MURPHY, et al., 2011).

Por haver variação na organização do espaço urbano e no uso e cobertura do solo da cidade de João Pessoa/PB, face à especulação imobiliária, existem diferenciações nas temperaturas e ilhas de calor entre os pontos localizados em diferentes bairros no perímetro urbano da área de estudo. Entretanto, o comportamento semanal e mensal das ilhas de calor demonstrou que em março ocorreu temperaturas mais altas (principalmente no P08 – Centro e P03 - Manaíra) com alta intensidade de ilha de calor no mês de janeiro (P04 – Cabo Branco e P05 – Mangabeira). Em março também ocorreu o mesmo fenômeno de intensidade da ICU para P03 – Manaíra, P04 – Cabo Branco e P08 – Centro. Por outro lado, em junho (período chuvoso) ocorreram as menores ilha de calor especialmente no P07 - Alto do Mateus. Essa variação no espaço intra-urbano foi corroborada por Oliveira et al. (2015), Chatzidimitriou e Yannas (2016) e Ragheb et al. (2016) quando encontraram resultados semelhantes

No que diz respeito ao comportamento horário da ilha de calor urbana (Figura 6) dos pontos monitorados, observou-se que durante o período de seco, a ICU ocorreu das 19h (noite) até 06h (manhã) no P09 – Bancários (variando de 0,1 °C a 0,5 °C); P04 – Cabo Branco (variando de 0,7 °C a 1,2 °C) e P03 – Manaíra (variando de 0,5 °C a 0,8 °C) classificados em fraca magnitude. O pico ocorreu entre 10h (manhã) e 14h (tarde) com a formação de ilha de calor em todos os pontos, variando de 4,9 °C (P02 – Expedicionários) a 11,1 °C (P03 – Manaíra), classificados como de forte magnitude a muito forte magnitude.

Figura 5. Curso temporal mensal de ilha de calor dos pontos experimentais em João Pessoa, PB.

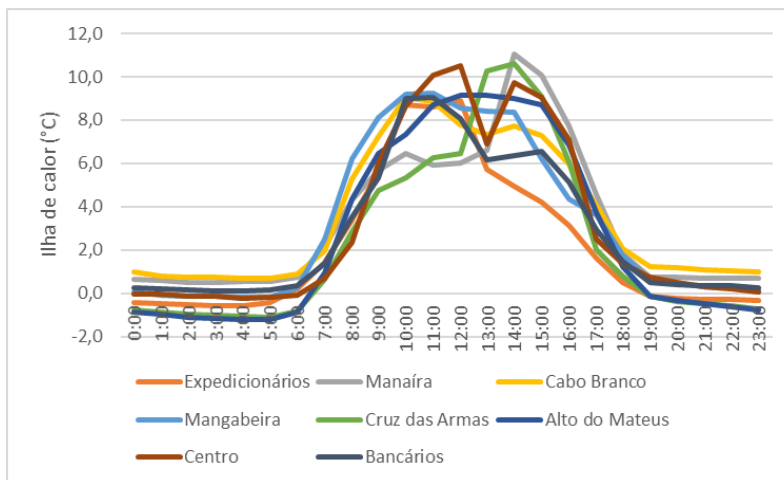


Fonte: Organização da autora (2018).

Das 19h (noite) às 05h (manhã) verificou-se os seguintes valores: no P07 - Alto do Mateus (-0,1 °C a -1,2 °C), P06 - Cruz das Armas (0,1 °C a -1,1 °C) e P02 - Expedicionários (0,1 °C a -0,6 °C) onde ocorreram ilhas de frescor e ilhas de fraca magnitude. Também foi observada ilha neutra e de frescor no P05 - Mangabeira (no intervalo horário de 00h – 05h)

oscilando entre 0 °C a -0,2 °C e ilhas de frescor no P08 - Centro (no intervalo horário de 00h - 06h) entre -0,1 °C a -0,2 °C (Figura 6).

Figura 6. Curso horário de ilha de calor dos pontos experimentais, no período seco, em João Pessoa, PB.

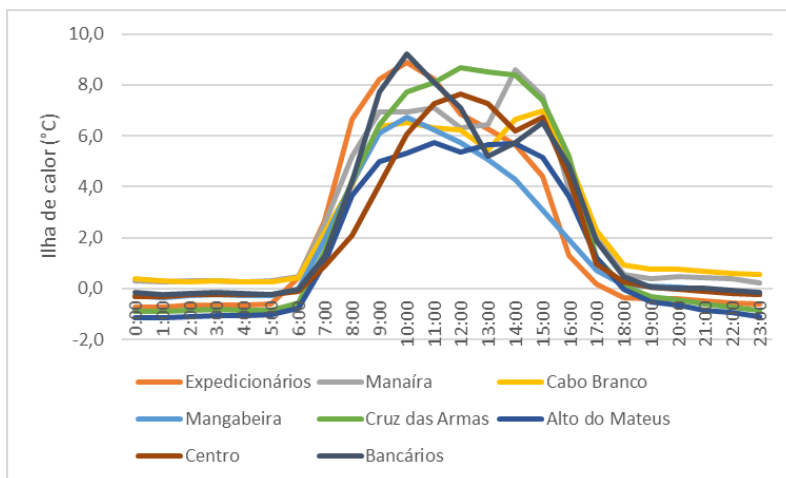


Fonte: Organização da autora (2018).

No período chuvoso, as ilhas de calor (Figura 7) ocorreram das 00h (manhã) às 23h (noite) no P04 - Cabo Branco (0,2 °C a 7,0 °C) e P03 – Manaíra (0,2 °C a 7,6 °C) classificando de fraca magnitude a muito forte magnitude. O pico ocorreu entre 9h (manhã) e 15h (tarde), com destaque para P09 – Bancários (9,2 °C) e P02 – Expedicionários (8,9 °C). Ilhas de frescor foram encontradas entre 18h (tarde) e 06h (manhã) no P07 – Alto do Mateus (-0,5 °C a -1,2 °C), P09 – Bancários (-0,1 °C a -0,2 °C), P08 – Centro (-0,1 °C a -0,3 °C), P06 – Cruz das Armas (-0,3 °C a -0,9 °C), P02 – Expedicionários (-0,4 °C a -0,7 °C), e P05 – Mangabeira (-0,1 °C a -0,3 °C) (Figura 7).

Corroborando com o presente estudo Martini et al. (2013) e Oliveira et al. (2015) também verificaram oscilações das variáveis microclimáticas (temperatura, umidade e ilha de calor ou frescor) durante o ciclo horário.

Figura 7. Curso horário de ilha de calor dos pontos experimentais, no período chuvoso, em João Pessoa, PB.



Fonte: Organização da autora (2018).

De acordo com Santos (2017), a expressão da ilha de frescor em uma área urbanizada é reflexo do seu superaquecimento, no uso e cobertura do solo, com posterior troca de calor tornando-se ligeiramente resfriada. Embora resulte em temperatura menor do que aquelas desempenhadas pelo ponto de referência (área com vegetação), isso não quer dizer que o núcleo urbano tenha baixas temperaturas frequentemente, quando relacionado com a área arborizada.

É importante ressaltar que a configuração da ilha de calor diurna, mais intensa, é formada pela incidência direta dos raios solares sobre o material e geometria do uso e cobertura do solo do ambiente urbano, enquanto a noturna, menos intensa, forma-se pela troca de calor entre o material e geometria do uso e cobertura do solo urbano e o céu. Por isso a diferenciação na sua intensidade (SOUZA, 2010), podendo surgir ilha neutra e de frescor durante a noite (19h) e nas primeiras horas do dia (6h).

Verifica-se que o crescimento desordenado das cidades tem repercussões no microclima, com a evolução mensal das ilhas de calor apresentando características que variam de acordo com a radiação solar em cada horário e com o período do ano (seco ou chuvoso). Tais fatores também foram investigados no trabalho de Amorim e Dubreuil (2017) corroborando com os resultados da presente pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na caracterização física do uso e cobertura do solo dos pontos monitorados na cidade de João Pessoa/PB evidenciou a presença de cobertura constituída por materiais impermeáveis de construção civil e de materiais permeáveis e naturais, no qual o ponto P01 (Castelo Branco - Mata do DSE/UFPB) apresentou a maior taxa percentual de cobertura vegetal com porte arbóreo/arbustivo favorecendo na redução de temperatura e ilha de calor. Por outro lado, os demais pontos, como, o P03 (Manaíra) apresentou as menores taxas de vegetação arbórea/arbustiva e a maior parte do uso e cobertura do solo composto por materiais impermeáveis que repercutem negativamente no microclima potencializam a formação das ilhas de calor urbanas.

Devido à forte especulação imobiliária e a diferenciação na configuração geográfica do espaço urbano da área de estudo, verificou-se variação no uso e ocupação do solo com reflexos direto na formação e diferentes intensidades das ilhas de calor urbano no perímetro urbano da capital paraibana.

O comportamento mensal demonstra que o P07 - Alto do Mateus com menores temperaturas obteve formação de ilha de frescor a ilha de calor de menor intensidade, enquanto, P03 – Manaíra, P04 – Cabo Branco e P08 – Centro ocorre o oposto, ou seja, as maiores ilhas de calor.

No que diz respeito ao comportamento horário da intensidade da ilha de calor, verificou-se que entre os horários que das 18h (noite) e 07h (manhã) no período seco e de 17h (tarde) e 06h (manhã) no chuvoso

chegam a ocorrer ilhas de frescor nos pontos monitorados. Observou-se também que no período chuvoso as ilhas de calor são mais amenas.

O estudo da climatologia urbana ser reveste assim de importância significativa para o planejadores do espaço urbano. A conservação de áreas verdes na cidade de João Pessoa/PB e ordenamento territorial são medidas imprescindíveis para a amenização das temperaturas na área de estudo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. Intensity of urban heat islands in tropical and temperate climates. **Climate**, v. 5, n. 91, p. 1-13, 2017.

CHAKRABORTY, T. et al. Disproportionately higher exposure to urban heat in lower-income neighborhoods: a multi-city perspective. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 10, p. 1-11, 2019.

CHATZIDIMITRIOU, A.; YANNAS, S. Microclimate design for open spaces: ranking urban design effects on pedestrian thermal comfort in summer. **Sustainable Cities and Society**. v. 26, p. 27-47, 2016.

COSTA, A. D. L. O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. Campinas, 2007, 242 p.

EDMONDSON, J. L. Soil surface temperatures reveal moderation of the urban heat island effect by trees and shrubs. **Science Reports**, v. 6, n. 33708, p. 1-8, 2016.

ELLIS, E. C. Sustaining biodiversity and people in the world's antropogenic biomas. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 3-4, p. 368-372, 2013.

GARCÍA, F. F. Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Síntesis. S. A. 1996.

KATZSCHNER, L; BOSCH, U.; ROTTEGEN, M. Behaviour of people in open spaces in dependency of thermal comfort conditions. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE. Anais, France, James & James Ltd., p. 411-415, 2002.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Variação diária e estacional do microclima urbano em ruas arborizadas de Curitiba-PR. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n.4, p. 460-469, 2013.

MARTINI, A.; BIONDI, D. Microclima e conforto térmico de um fragmento de floresta urbana em Curitiba, PR. **Floresta e Ambiente**. v. 22, n. 2, p. 182-193, 2015.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Distance and intensity of microclimate influence provided by urban forest typologies. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 2, p. 1-12, 2018.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. USP. São Paulo, 1976. 236 p.

MURPHY, D. J. *et al.* The relationship between land cover and the urban heat island. In northeastern Puerto Rico. **International Journal of Climatology**, v. 31, n. 8, p. 1222-1239, 2011.

NOGUEIRA, A. M. P. et al. Impacto da verticalização no microclima urbano: o caso do bairro Guaxuma, em Maceió-AL, Brasil. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**. v. 9, n. 2, p. 72-85, 2018.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment Pergamon Press**. v. 7, p. 769-779, 1973.

OKE, T. R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. Geneva: World Meteorological Organization, 2004.

OLIVEIRA, P. C. *et al.* Análise da influência do uso da terra no microclima urbano: caso Irati-PR. **Floresta e Ambiente**. v. 22, n. 4, p. 465-471, 2015.

RAGHEB, A. A. *et al.* Microclimate and human comfort considerations in planning a historic urban quarter. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 5, n. 1, p. 156-167, 2016.

SANTOS, J.S. Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida. Campina Grande, Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - UFCG, 2011.

SANTOS, E. C. A. Clima urbano e sua relação com uso e cobertura do solo na cidade de Bayeux – Paraíba: subsídio ao planejamento e a gestão ambiental. João Pessoa, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – UFPB, 2017.

SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; BRITO, R. S.; CAMPOS, J. H. B. C. Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil. **Environ Monit Assess**. 2010.

SOUZA, L. C. L. Relações entre ilhas de calor, geometria urbana e consumo de energia elétrica. **Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2010.

WANG, Y. *et al.* Effects of urban trees on local outdoor microclimate: synthesizing field measurements by numerical modelling. **Urban Ecosyst.**, v.18, p. 1305-1331, 2015.

WANG, K. et al. Urban heat island modelling of a tropical city: case of Kuala Lumpur. **Geoscience Letters**, v. 6, n. 4, p. 1-11, 2019.

YAHIA, M. W. *et al.* Effect of urban design on microclimate and thermal comfort outdoors in warm-humid Dar es Salaam, Tanzania. **International Journal Biometeorology**, v. 62, p. 373-385, 2018.

YANG, X. *et al.* Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behavior of different ground surfaces. **Building and Environmental**, v. 60, p. 93-104, 2013.

YUAN, Y. et al. Seasonal variations of the urban thermal environment effect in a tropical coastal city. **Advances in Meteorology**, p. 1-18, 2017.

ESTUDO DAS CONDIÇÕES SOCIOAMBIENTAIS E A ESPACIALIZAÇÃO DE ARBOVIROSES NO PERÍMETRO URBANO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB

Anne Falcão de Freitas

Joel Silva dos Santos

Eduardo Viana

Bartolomeu Israel de Souza

INTRODUÇÃO

O ser humano, ao longo da sua existência, sempre manteve uma relação de dependência com a natureza. Entretanto, o seu domínio a partir dos diversos modos de produção imprimiram sua pegada ecológica, alterando o equilíbrio dos diversos sistemas ambientais com repercussões diversas na qualidade de vida dos organismos em geral (REES e WACKERNAGEL, 2008). Ellis (2013), afirma que os seres humanos alteram mais de 75% da biosfera transformando os ecossistemas em uma espécie de bioma antropogênico (antroma), e apesar da taxa de extinção continuar crescendo devido essas transformações, as condições do antroma pode ser sustentável para algumas espécies, principalmente para aquelas associadas ao ambiente urbano.

Costa (2001) afirma que a Dengue, bem como outras doenças associadas à proliferação do *Ae. aegypti*, afeta grande parte da população mundial porque sua área de abrangência susceptível são as áreas tropicais de clima quente e úmido espalhadas pelo mundo.

O Brasil possui características ambientais e sócio-econômicas que contribuem para a reprodução e disseminação do *Ae. aegypti*,

ocorrendo assim, aumento expressivo na sua competência vetorial para os vírus de ZIKV e CHIKV em um ano (AGUIAR et al., 2018). Os referidos autores demonstram que ocorreram 285.700 casos de Chikungunya em 2.933 municípios e 225.229 casos de Zika afetando 2.759 municípios brasileiros (AGUIAR et al., 2018).

No contexto desta realidade, observa-se para o ano de 2018 no Estado da Paraíba a notificação de 10.486 casos de Dengue, 320 de Zika e 929 de Chikungunya no , sendo a maior predominância dessas epidemias nas regiões de João Pessoa, Campina Grande, Patos e Sousa (PARAÍBA, 2018). Essas doenças têm assolado a população e deixado sequelas irreversíveis em várias pessoas, tornando assim um grave problema de saúde pública.

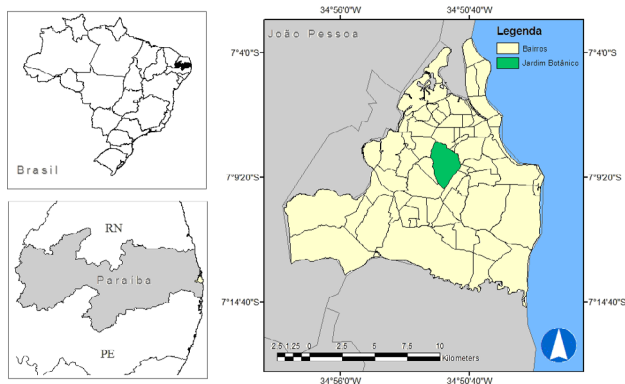
Nesse sentido, o presente estudo objetiva espacializar as notificações das doenças de Dengue, Zika e Chikungunya, em 2018 para a cidade de João Pessoa/PB. Com isso, espera-se contribuir com mapas indicadores de risco urbano de transmissão dessas arboviroses nos bairros investigados na área de estudo, visando assim, subsidiar a elaboração de políticas públicas de gestão e planejamento ambiental de áreas urbanas em colaboração com Órgãos Públicos nas tomadas de decisões relacionadas às intervenções (estratégias de adaptação) nos sistemas de saúde.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O município de João Pessoa está localizado no Litoral Oriental da região Nordeste do Brasil, entre as seguintes coordenadas geográficas: Latitude Sul 7°14'29" e Longitude Oeste 34°58'36", Latitude Sul 7°03'18" e Longitude Oeste 34°47'36" (Figura 1). A cidade apresenta os seguintes limites municipais: ao Sul com o município do Conde, a Oeste com os municípios de Bayeux e Santa Rita, ao Norte como município de Cabedelo e ao Leste com o Oceano Atlântico.

Figura 1. Localização geográfica do município de João Pessoa, PB.



Fonte: Organização da autora (2018).

O clima da cidade é do tipo Tropical Úmido que permanece durante todo o ano dentro da influência dos ventos alísios de sudeste, que têm a sua frequência alterada através dos ventos de leste e de nordeste e da Zona de Convergência Intertropical. Já o período chuvoso da região vai de março a agosto, e seu período mais seco, compreende os meses de setembro a fevereiro (SANTOS, 2011).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

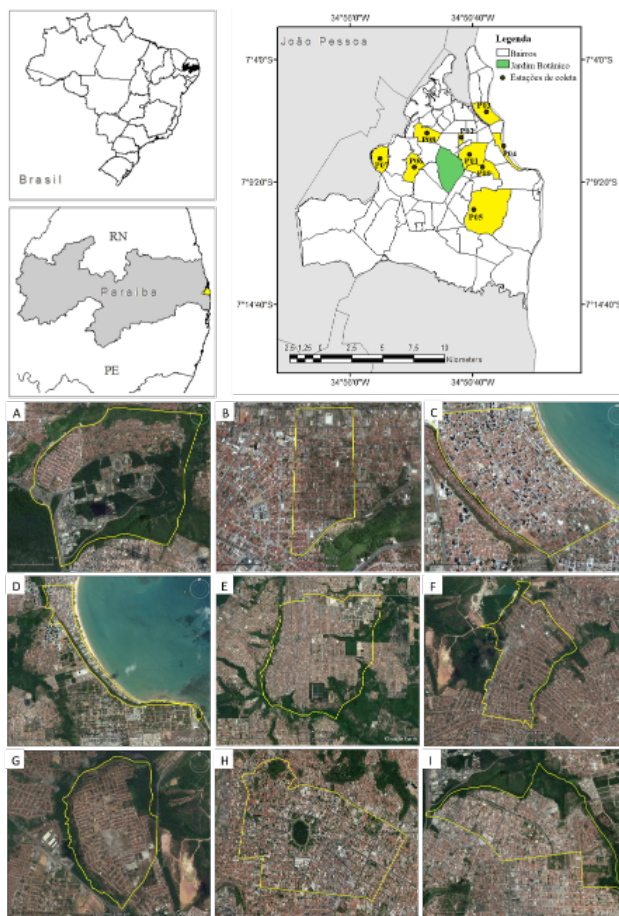
Delimitação dos pontos

Foram escolhidos na malha urbana de João Pessoa, nove bairros para a pesquisa: Castelo Branco (Figura 2A), Expedicionários (Figura 2B), Manaíra (Figura 2C), Cabo Branco (Figura 2D), Mangabeira (Figura 2E), Cruz das Armas (Figura 2F), Alto do Mateus (Figura 2G), Centro (Figura 2H) e Bancários (Figura 2I), nas diferentes zonas da cidade (Tabela 1).

Para a caracterização socioambiental da área de estudo foi realizado o levantamento dos dados socioambientais: densidade

demográfica, nível educacional e renda média por domicílios, abastecimento de água, tratamento de esgoto e coleta dos resíduos, bem como, a quantidade de residências e moradores. Tais dados foram coletados em bases de dados do IBGE (<https://www.ibge.gov.br/>).

Figura 2. Localização dos pontos experimentais: Castelo Branco (A), Expedicionários (B), Manaira (C), Cabo Branco (D), Mangabeira (E), Cruz das Armas (F), Alto do Mateus (G), Centro (H) e Bancários (I) em João Pessoa, PB.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2018).

Tabela 1. Localização dos pontos experimentais.

Localização dos pontos	Ponto	Zona
Castelo Branco (Mata do DSE/UFPB)	P01	Leste
Bairro Expedicionários	P02	Norte
Bairro Manaíra	P03	Leste
Bairro Cabo Branco	P04	Leste
Bairro Mangabeira	P05	Sul
Bairro Cruz das Armas	P06	Oeste
Bairro Alto do Mateus	P07	Oeste
Bairro Centro	P08	Norte
Bairro Bancários	P09	Sul

Caracterização das condições socioambientais

A partir da renda média por domicílio, foi definido o nível social, classificado de acordo com as classes definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE (2016), disposto na tabela 2 abaixo:

Tabela 2. Classificação das classes sociais.

Classe social	Renda familiar
A	18.740,01 ou mais
B	9.370,01 – 18.740
C	3.748,01 – 9.370
D	1.874,01 – 3.748
E	Até 1.874

Fonte: IBGE (2016).

O instrumento de coleta dos dados investigados trata-se de uma planilha eletrônica do programa Microsoft Excel[®] para organização e tabulação.

Levantamento de dados sobre arboviroses

A quantificação de notificações de Dengue, Zika e Chikungunya foi realizada através de dados secundários coletados junto à Secretaria Municipal de Saúde do Município. Para a contagem das notificações durante os meses do período seco (janeiro, fevereiro, setembro e outubro de 2018) e chuvoso (março a agosto de 2018) levou-se em consideração o registro da data dos primeiros sintomas.

Em seguida, foi realizada a espacialização das notificações das doenças dos pontos monitorados em UTM e Datum planimétrico SAD 69 utilizando a Imagem Landsat do ano 2018 no programa Google Earth Pro[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos pontos experimentais na área de estudo

O ponto P02 (Expedicionários) possui uma área de aproximadamente 2.85 Km² e é em sua maior parte, composto por residências (1.112 domicílios) que abrigam 3.625 moradores (0.5% da população do município) com densidade demográfica de 1.27 hab/km². Em contraponto, o P05 (Mangabeira) possui uma área de aproximadamente 13.44 Km² composta por residências e prédios (21.893 domicílios) que abrigam 75.988 moradores (10.5% da população do município) com densidade demográfica de 5.65 hab/km² (Tabela 3). Segundo Ribeiro et al. (2006) os diferentes graus de concentração urbana refletem no tamanho do problema social, por exemplo, quanto maior a aglomeração de residentes em um determinado espaço maior a ocorrência de notificações de doenças infecciosas, como a Dengue. Carvalho e Nascimento (2012) e Costa et al. (2018) encontraram correlação positiva entre a densidade populacional e as notificações de arbovírus.

Dentre os pontos monitorados na área de estudo, constatou-se que o ponto com menor nível educacional foi o P07 (Alto do Mateus) com 87.5% (de pessoas alfabetizadas) e P06 (Cruz das Armas) com 88.3% da população alfabetizada. Quando comparados com os demais pontos de monitorados, observou-se que todos estão acima dos 90% da taxa de alfabetização. Segundo Silva e Machado (2018) a falta do acesso à informação ou baixa escolaridade dificultam a solução de problemas sociais, principalmente no que se refere à saúde pública.

No que diz respeito às condições socioeconômicas, verificou-se que a renda por domicílio foi menor em P05 (Mangabeira), P06 (Cruz das Armas) e P07 (Alto do Mateus), que apresentou classe social classificada no estrato E. Os demais pontos P02 (Expedicionários), P03 (Manaira) e P04 (Cabo Branco), apresentaram classe social classificada em C (Tabela 3). De acordo com Valadares et al. (2013) a classe social pode ser uma variável que não interfere diretamente na incidência de doenças transmitidas por *Ae. aegypti*.

No que diz respeito ao abastecimento de água, verifica-se que é realizado por meio da rede geral, no qual o ponto P08 (Centro) possui o fornecimento em 89,2% do bairro, enquanto os demais estão acima dos 90%, com destaque para P01 (Castelo Branco – Mata do DSE/UFPB). O abastecimento realizado de forma irregular faz com que a população junte a água para momentos em que não é fornecido o serviço. Silva e Machado (2018) afirmam que essa problemática é um dos fatores que auxiliam no desenvolvimento de vetores que dependem da água e possível transmissão de doenças. Arrivillaga e Barrera (2004) reforçam a ideia de que água parada acumulada em recipientes/depósitos proporcionam o desenvolvimento do mosquito, além disso, o fator ecológico limitante nesse ambiente é a quantidade de matéria orgânica, a qual é essencial para a sobrevivência e o desenvolvimento do *Ae. aegypti*.

No que diz respeito ao tratamento de efluentes gerados pela população, observou-se que no ponto P07 (Alto do Mateus) é de apenas 5,7% seguido de P06 (Cruz das Armas) com 58,2% e P05 (Mangabeira) com

73,3%. Miceli e Fonseca (2017) reforçam que a falta do saneamento básico adequado, composto por coleta de lixo e de águas residuais proveniente das atividades humanas, não está diretamente relacionado com a incidência das notificações de doenças causadas por arbovírus. Beserra et al. (2010) verificaram que o vetor *Ae. aegypti* é adaptado a uma gama de ambientes, reproduzindo e desenvolvendo em água da chuva, água desclorada.

Verificou-se também nos pontos monitorados que a coleta dos resíduos pelo serviço de limpeza é regular variando de 85,4% (P08 - Centro) a 99,5% (P02 – Expedicionários) (Tabela 3). O lixo doméstico, entulhos e o descarte de materiais, como pneus tendem a juntar água, logo a sua coleta regular pode implicar em significativa redução da proliferação, por exemplo, do *Ae. aegypti* (SOBRAL e SOBRAL, 2019).

Tabela 3. Quantificação das variáveis socioambientais dos pontos experimentais: Castelo Branco (P01), Expedicionários (P02), Manaíra (P03), Cabo Branco (P04), Mangabeira (P05), Cruz das Armas (P06), Alto do Mateus (P07), Centro (P08) e Bancários (P09) em João Pessoa, PB.

Variáveis	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09
Área (Km)	7,88	2,85	6,67	12,08	13,44	8,58	6,24	6,9	7,96
Domicílios	3.283	1.112	8.567	2.649	21.893	7.353	4.608	1.184	3.596
Habitantes	11.642	3.625	26.369	7.906	75.988	25.549	16.281	3.644	11.863
População (%)	1,6	0,5	3,6	1,0	10,5	3,5	2,3	0,5	1,6
Densidade	1,48	1,27	3,95	0,65	5,65	2,98	2,61	0,53	1,49
Nível educacional	92,1	95,7	97,7	97,8	92,9	88,3	87,5	93,5	91,9
Nível de renda (por domicílio)	2.017	4.099	7.620	8.652	1.610	1.285	1.144	2.869	3.323
Classe social	D	C	C	C	E	E	E	D	D
Abastecimento de água (%)	98,5	95,7	96,7	95,7	97,5	99,1	97,3	89,2	95,4
Tratamento de esgoto (%)	83,7	98,5	92,5	96,9	73,3	58,2	5,7	95,6	89,9
Coleta de resíduos (%)	99,3	99,5	94,0	88,1	98,5	98,1	94,1	85,4	96,9
Saneamento (%)	93,8	97,9	94,4	93,6	89,8	85,1	65,7	90,1	94,1

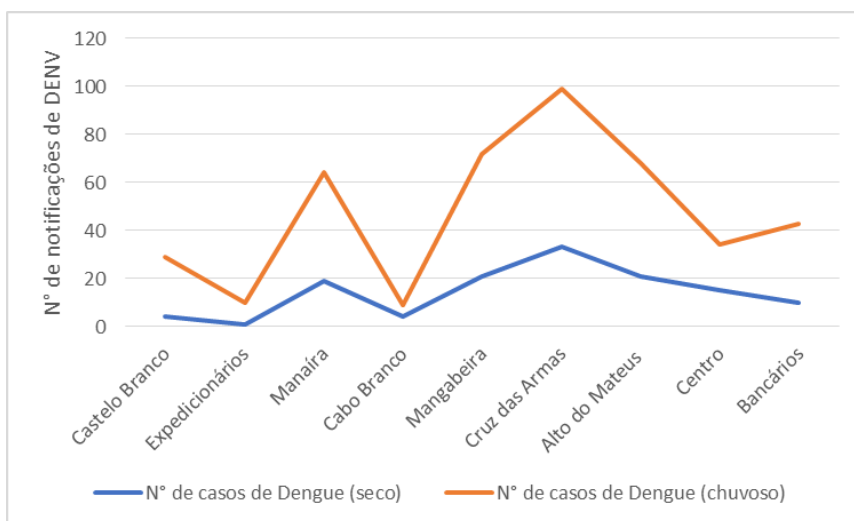
Fonte: IBGE (2010).

Quantificação das arboviroses na área de estudo

No que se refere à quantificação das arboviroses, em 2018, não foram registradas notificações de Zika nos pontos monitorados, isso não quer dizer que não ocorreu casos da doença no município de João Pessoa durante esse período. Segundo Almeida et al. (2019) a distribuição espacial dessa doença é desigual e influenciada por variáveis sociais já mencionados anteriormente.

No ano de 2018 ocorreram 128 notificações de Dengue no período seco (janeiro, fevereiro, setembro e outubro) e 428 notificações de Dengue no período chuvoso (março a agosto) da área de estudo, com destaque para o P05 – Mangabeira (seco = 21 notificações e chuvoso = 72), P06 – Cruz das Armas (seco = 33 notificações e chuvoso = 99) e P07 - Alto do Mateus (seco = 21 notificações e chuvoso = 68) (Figura 3).

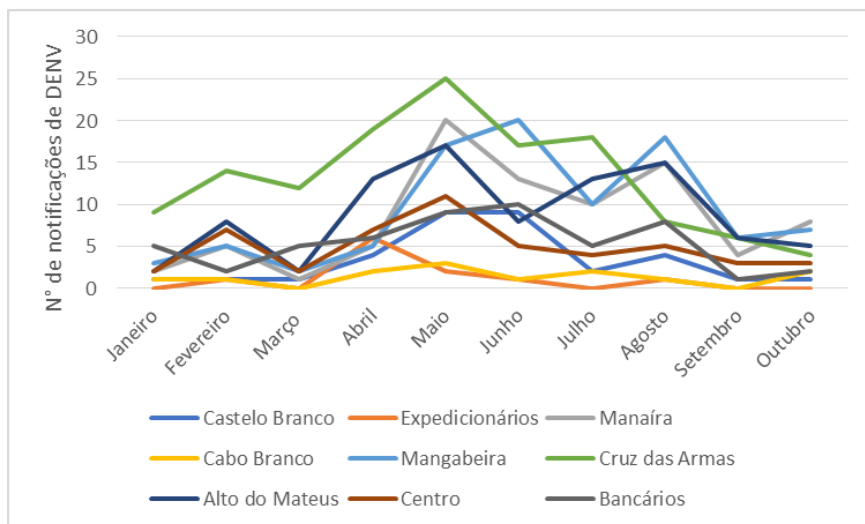
Figura 3. Quantidade de notificações de Dengue nos pontos experimentais, no período seco, em João Pessoa, PB.



Fonte: Organização da autora (2018).

No que diz respeito aos meses do período chuvoso, há um destaque para o mês de maio (totalizando 130 notificações) e junho (totalizando 96 notificações) como pode ser observado nos pontos: P06 – Cruz das Armas (com picos em maio = 25 notificações e julho = 18 notificações), P05 – Mangabeira (com picos em junho = 20 notificações e agosto = 18 notificações) e P03 – Manaíra (com picos em maio = 20 notificações e agosto = 15 notificações) obtiveram maior quantidade de notificações de Dengue (Figura 4).

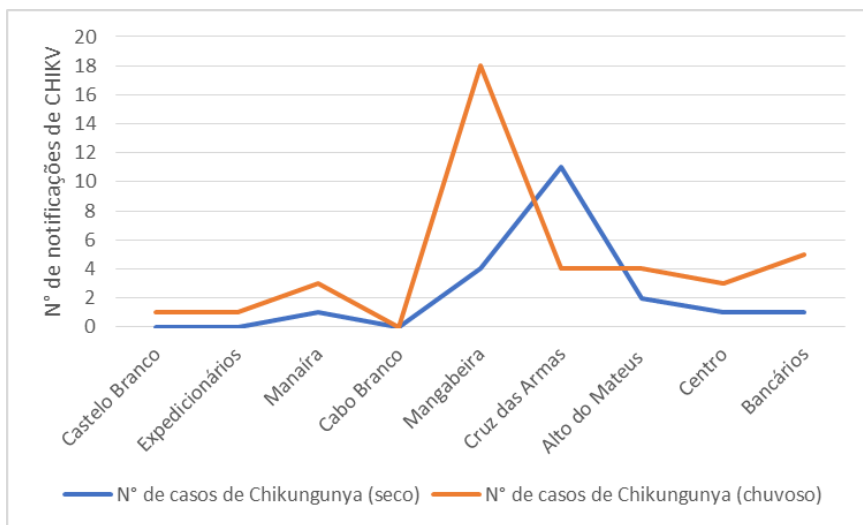
Figura 4. Quantidade de notificações de Dengue por mês, nos pontos experimentais, em João Pessoa, PB.



Fonte: Organização da autora (2018).

Em 2018, foram realizadas 20 notificações de Chikungunya no período seco (janeiro, fevereiro, setembro e outubro) e 39 no período chuvoso (março a agosto), com destaque para o P05 – Mangabeira (seco = 4 notificações e chuvoso = 18) e P06 – Cruz das Armas (seco = 11 notificações e chuvoso = 4) (Figura 5).

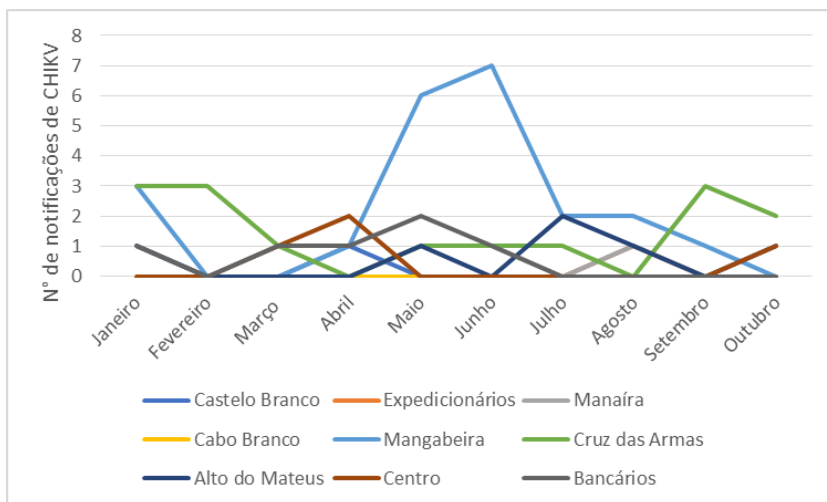
Figura 5. Quantidade de notificações de Chikungunya nos pontos experimentais, no período seco, em João Pessoa, PB.



Fonte: Organização da autora (2018).

Nos meses do período chuvoso, houve destaque novamente para os meses de maio (totalizando 11 notificações de CHIKV) e junho (totalizando 10 notificações de CHIKV), conforme pode ser observado: no ponto P05 – Mangabeira (com picos em maio = 6 e junho = 7 notificações) obteve maior quantidade de notificações da doença (Figura 6).

Figura 6. Quantidade de notificações de Chikungunya por mês, nos pontos experimentais, em João Pessoa, PB.



Fonte: Organização da autora (2018).

A espacialização espaço-temporal das notificações de Dengue, nos pontos experimentais analisados (Figura 7), demonstra a existência de *hotspots* no espaço urbano da área de estudo. Nesses *hotspots* as pessoas afetadas com a doença servem como depósitos do vírus para posterior disseminação, caso haja o contato mosquito-humano contaminados. Esses espaços também são considerados áreas prioritárias para planejamento e ações de controle do mosquito, principalmente antes do período chuvoso, quando os casos aparecem com maior frequência.

De acordo com Carvalho et al. (2017) as características sociais influenciam na distribuição das notificações de Dengue. Os autores reforçam que essa dinâmica de distribuição espacial das notificações evidenciam as localidades vulneráveis, e ao mesmo tempo, importantes para realização de estratégias para combate ao mosquito para que estes não disseminem os arbovírus.

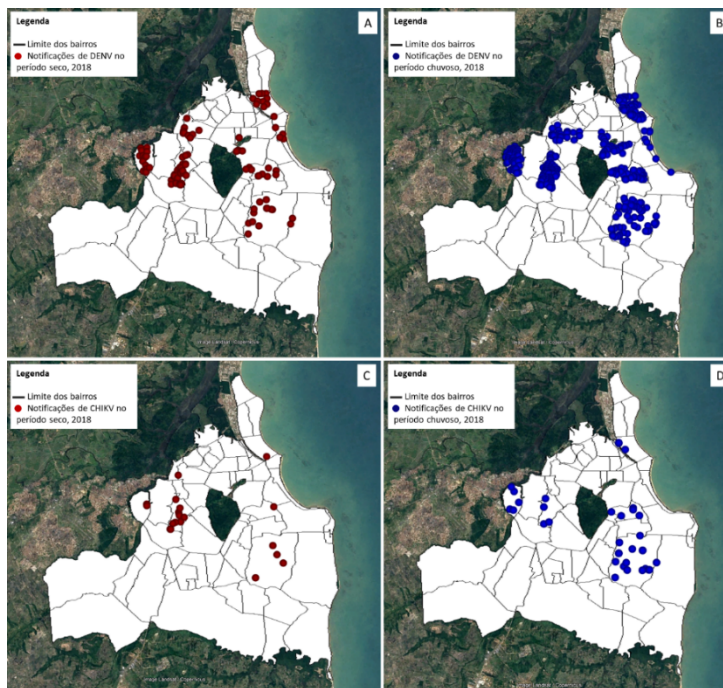
Majid et al. (2019) alerta que a urbanização, as características ambientais, o comportamento humano e a ecologia do *Ae. aegypti* contribuem para a distribuição de doenças, como a Dengue. Para Costa et al. (2018) a densidade populacional auxilia nas incidências de arboviroses, já que esses ambientes populosos criam condições ideais para proliferação do mosquito transmissor, além de obter uma maior quantidade de indivíduos susceptíveis as (re)infecções.

Vega et al. (2019) corroborando com este estudo, registraram majoritariamente notificações de Dengue em detrimento aos de Chikungunya (Figura 52). No entanto, de acordo com Silva et al. (2018) a baixa incidência de CHIKV pode ser explicada por ser uma doença recente com os primeiros relatos de casos suspeitos entre 2014 e 2016.

A seguir são apresentados a espacialização das arboviroses nas áreas de estudo durante os períodos climáticos seco e chuvoso da região.

Costa e Calado (2016) além de verificar essa diferença entre o quantitativo de DENV e CHIKV detectou também maior incidência de notificações das arboviroses no período chuvoso, possivelmente por possibilitar condições ideais para a reprodução e desenvolvimento do vetor transmissor, justamente na interface entre o período seco e chuvoso. Siqueira et al. (2018) evidenciaram que há uma relação não aleatória entre o período chuvoso, com aumento nas precipitações, e o acréscimo no quantitativo de notificações de doença causada por arbovírus em áreas urbanas.

Figura 7. Espacialização das notificações de Dengue no período seco (A) e chuvoso (B) e de Chikungunya no período seco (C) e chuvoso (D), nos pontos experimentais, em João Pessoa, PB.



Fonte: Organização da autora (2018).

Além disso, o tratamento de efluentes, abastecimento de água e coleta de resíduos nos pontos experimentais, principalmente nos pontos: P05 (Mangabeira), P06 (Cruz das Armas) e P07 (Alto do Mateus), não são realizados de forma efetiva, podendo ter relação com as notificações de doenças virais, como a Dengue e a Chikungunya. Silva e Machado (2018) corroboram essa afirmativa e acrescenta que além desses fatores de saneamento básico, o clima é primordial para criar um ambiente favorável para o desenvolvimento do vetor da doença, e posteriormente disseminação dos vírus.

A quantidade de pessoas em um determinado local também facilita na disseminação da arbovirose entre vetor-humano (PEDRO et al., 2016), nesse sentido, no presente estudo há um destaque para P05 (Mangabeira) e P06 (Cruz das Armas).

Segundo Ribeiro et al. (2006) os diferentes graus de concentração urbana refletem no tamanho do problema social, por exemplo, quanto maior a aglomeração de residentes em um determinado espaço maior a ocorrência de notificações de doenças infecciosas, como a Dengue. Carvalho e Nascimento (2012) e Costa et al. (2018) encontraram correlação positiva entre a densidade populacional e as notificações de arbovírus.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as variáveis socioambientais do input do S.A.U. foi possível detectar que o P05 – Mangabeira é densamente habitado; o menor nível educacional ocorre no P07 – Alto do Mateus, P06 Cruz das Armas e P05 – Mangabeira com menor classe social.

O abastecimento de água se dá pela rede geral da cidade onde o P08 – Centro é o único a estar abaixo dos 90% do abastecimento. Ou seja falta água eventualmente, e a população muitas vezes precisa estocar água para consumo, o que contribui para a proliferação do *Ae. Aegypti*.

No que diz respeito ao tratamento de efluentes observa-se que é precário no P07 – Alto do Mateus, P06 – Cruz das Armas e P05 – Mangabeira. Já a coleta de resíduos é regular, entretanto, não é coletado 100% do lixo propiciando materiais que servem como criadouro do mosquito transmissor de arbovirose.

Na espacialização espaço-temporal verificou que no período chuvoso e em bairros adensados, como P05 – Mangabeira, possuiu maior ocorrência de notificações. Esse dado é importante, pois evidenciam a época e os locais vulneráveis, para o delineamento de estratégias para combate ao mosquito e prevenção das arbovirose.

Apesar da quantidade das notificações de Dengue e Chikungunya na área de estudo ocorrerem principalmente durante o período chuvoso da região (com picos em maio e junho), analisando o ciclo de vida do *Aedes aegypti*, verifica-se sua reprodução, eclosão e disseminação principalmente em março, ou seja, na interface do seco para o chuvoso.

Com isso, conclui-se que a cidade de João Pessoa possui condições socioambientais favoráveis ao *Ae. aegypti* na reprodução do mosquito e conseqüentemente na ocorrência de notificações de arboviroses. A incidência das notificações de Dengue e Chikungunya são multifatoriais (ecologia, microclima, epidemiologia, transporte/movimentação de mercadorias e pessoas, condições sociais e urbanas) e complexas, pois tais fatores se relacionam e forma uma rede imbricada de causas e efeitos que se retroalimentam

REFERÊNCIAS

AGUIAR, B. S. *et al.* Potential risks of Zika and Chikungunya outbreaks in Brazil: a modeling study. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 70, p. 20-29, 2018.

ALMEIDA, L. S. *et al.* Distribuição dos casos de infecção por Zika vírus (ZIKV) na região metropolitana de Maceió. **Cofins** [online], 41, 2019. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/21976>. Acessado: 31 de outubro de 2019.

ARRIVILLAGA, J.; BARRERA, R. Food as a limiting factor for *Aedes aegypti* in water-storage containers. **Journal of Vector Ecology**, v. 29, p. 11-20, 2004.

BESERRA, E. B. *et al.* Efeito de qualidade da água no ciclo de vida e na atração para oviposição de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). **Public Health**, v. 39, p. 1016-1023, 2010.

CARVALHO, R. M.; NASCIMENTO, L. F. C. Spatial distributin of Dengue in the city of Cruzeiro, São Paulo state, Brazil: use of geoprocessing tools. *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo*, v. 54, n. 5, p. 261-266, 2012.

CARVALHO, S. *et al.* Analysis of the spatial distribution of Dengue cases in the city of Rio de Janeiro, 2011 and 2012. *Revista de Saúde Pública*, v. 51, p. 1-9, 2017.

COSTA, M. A. R. A Ocorrência do *Aedes aegypti* na Região Noroeste do Paraná: um estudo sobre a epidemia de Dengue em Paranaíba. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, 2001.

COSTA, I. M. P.; CALADO, D. C. Incidência dos casos de Dengue (2007-2013) e distribuição sazonal de culicídeos (2012-2013) em Barreiras, Bahia. **Epidemiologia e Serviço de Saúde**, v. 25, n. 4, p. 735-744, 2016.

COSTA, S. S. B. *et al.* Spatial analysis cases of Dengue fever, Chikungunya fever and Zika virus infections in Maranhão state, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, n. 60, p. 1-10, 2018.

ELLIS, E. C. Sustaining biodiversity and people in the world's antropogenic biomas. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 3-4, p. 368-372, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Disponível em: <http://ibge.gov.br/home/>. Acessado em: 20 abr. 2018.

MAJID, N. A. *et al.* Distribution and spatial pattern analysis on Dengue cases in Seremban Dictrict, Negeri Sembilan, Malaysia. **Sustainability**, n. 11, p. 1-14, 2019.

MICELI, B. S.; FONSECA, A. B. A. Dengue e saúde pública na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Sustinere**, v. 5, n. 2, p. 260-278, 2017.

PARAÍBA. Situação Epidemiológica das arbovirozes na Paraíba. 2018. Disponível em:

<<https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-da-saude/consultas/vigilancia-em-saude-1/boletins-epidemiologicos>>. Acesso em: 13 de novembro de 2019.

PEDRO, K. *et al.* Frequência de casos de Dengue nos distritos do município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 7, n. 1, p. 100-108, 2016.

REES, W.; WACKERNAGEL, M. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable – and why they are a key to sustainability. **Urban Ecological Footprints**, v. 16, p. 537-555, 2008.

RIBEIRO, A. F. *et al.* Associação entre a incidência de dengue e variáveis climáticas. **Revista Saúde Pública**, v. 40, n. 4, p. 1-6, 2006.

RIBEIRO, I. G. *et al.* Microcefalia no Piauí, Brasil: estudo descritivo durante a epidemia do vírus Zika, 2015-2016. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 27, n. 1, p. 1-11, 2018.

SANTOS, J.S. Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida. Campina Grande, Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - UFCG, 2011.

SILVA, N. M. *et al.* Vigilância de Chikungunya no Brasil: desafios no contexto da saúde pública. **Epidemiologia e Saúde Pública**, v. 27, n. 3, p. 1-10, 2018.

SIQUEIRA, I. S. *et al.* A relação entre a incidência de casos de Dengue com a precipitação na área urbana de Belém-PA, 2007-2011, através de modelos multivariados de séries temporais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 2, p. 380-389, 2018.

SOBRAL, M. F. F.; SOBRAL, A. I. G. P. Casos de Dengue e coleta de lixo urbano: um estudo na cidade do Recife, Brasil. **Ciência Saúde Coletiva**, v. 24, n. 3, p. 1075-1082, 2019.

VALADARES, A. F. *et al.* Impacto da dengue em duas principais cidades o Estado de Tocantins: infestação e fator ambiental (2000-2010). **Epidemiologia e Serviço de Saúde**, v. 22, n. 1, p. 59-66, 2013.

VEGA, F. L. R. *et al.* Emergence of chikungunya and Zika in a municipality endemic to dengue, Santa Luzia, MG, Brazil, 2015-2017. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 52, p. 1-9, 2019.

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DOS HIDROCARBONETOS BTEX E HPA NA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA NO DISTRITO DOS MECÂNICOS EM CAMPINA GRANDE- PB

*Cristian José Simões Costa
Raoni Batista dos Anjos
Djalma Ribeiro da Silva
Pedro Costa Guedes Vianna
Nataly Albuquerque dos Santos*

INTRODUÇÃO

O padrão de crescimento industrial das últimas décadas, condicionado à dependência do petróleo, estimulou o uso do automóvel e sua complexa rede de serviços e manutenção. Dentre estes serviços temos postos de combustíveis, lava-jatos e oficinas mecânicas. Observamos, no entanto, que nem sempre os prestadores destas atividades estão preparados para atender às necessidades de proteção ambiental.

As transformações sofridas nos ecossistemas com essas atividades podem contribuir para a perda da qualidade ambiental. Em se tratando dos automóveis, o aumento da frota levou ao alargamento e pavimentação das ruas e canalização dos rios (DUARTE, 2007), além do aumento das atividades de manutenção. Neste caso, percebemos duas situações: uma decorrente da transformação do ambiente natural e a outra refere-se à liberação de resíduos contaminantes provenientes da manutenção de veículos automotores.

O desenvolvimento de serviços específicos, oferecidos pelas oficinas mecânicas (troca de óleo, manutenção de motores e mecânica

geral diesel), foi destaque nesta pesquisa pelo fato de ter grande poder de degradação ambiental notadamente nos recursos hídricos. Esses serviços utilizam compostos químicos como os hidrocarbonetos capazes de contaminar a água, o solo e o ar. Porém, se por um lado a atividade mecânica representa elevado potencial de contaminação, por outro, é uma grande fonte de emprego e renda. Assim sendo, as ações humanas sobre o meio ambiente precisam ser ressignificadas, pois elas repercutem sobre as pessoas nos planos econômico e socioambiental.

Para se ter uma ideia da relevância dos serviços automotivos no Brasil, o setor possui mais de 100 mil oficinas mecânicas, dentre as quais 1.019 encontram-se na Paraíba (AUDAMEC 2014).

Os impactos provocados pelos produtos derivados do petróleo oriundos das oficinas mecânicas podem comprometer o ar, o solo e as águas com consequências para o ser humano.

O petróleo é constituído por diversos componentes e dentre eles, destacamos os hidrocarbonetos monoaromáticos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) e os HPAs (antraceno, acenafteno, acenaftaleno, fluoreno, naftaleno e fenantreno, pireno, fluoranteno, benzo(a)antraceno, benzo(g,h,i), perileno), que correspondem a compostos orgânicos semivoláteis, são classificados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S, EPA) e pela Comunidade Europeia como contaminantes ambientais prioritários (NETTO *et al.*, 2000 apud ANJOS, 2012).

Consideramos que o trabalho de avaliação ambiental pode estimular um balanço preliminar para preservação dos recursos hídricos, inclusive das águas subterrâneas pouco conhecidas e protegidas legalmente e cada vez mais exploradas.

Neste capítulo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a presença dos hidrocarbonetos de petróleo BTEX e HPA nas águas superficial e subterrânea em um complexo de oficinas mecânicas localizadas no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande - PB. As análises de BTEX e HPA em água subterrânea foram realizadas em

quatro pontos do Distrito selecionados a partir do fluxo subterrâneo, e os resultados foram comparados com a legislação vigente para o padrão de potabilidade e contaminação dos ecossistemas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local de Estudo:

O município de Campina Grande está localizado na microrregião e na mesorregião do agreste paraibano. Apresenta uma população de 385 mil habitantes (IBGE, 2010), com Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,718 (PNUD, 2005).

O Distrito dos Mecânicos, inaugurado na década de 1980 está localizado no bairro do Jardim Paulistano, Campina Grande-PB. É ocupado por 197 imóveis com atividades diversas, dentre elas as oficinas mecânica diesel.

Panorama das oficinas mecânicas

De acordo com a Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, atividades que envolvem parcelamento do solo, entre as quais os distritos e os polos industriais, são passíveis de licenciamento. Porém, tendo em vista as divergências na interpretação das leis, alguns estados como o Rio de Janeiro não consideraram que as oficinas mecânicas tenham elevada capacidade poluidora, segundo o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SLAP) elaborado pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA) com base no Manual MN 050.R-5 - Classificação de Atividades. Entretanto, sabemos que atividades que envolvem serviços automotivos, como as do Distrito dos Mecânicos, de uma forma geral apresentam elevado potencial para ocasionar passivo ambiental devido à natureza do empreendimento.

A contaminação da água pode ocorrer na etapa de transporte de substâncias tóxicas, dos seus subprodutos ou ainda no descarte ou

utilização inadequada de resíduos como estopas e lavagem de motores. A utilização diária de produtos que tem por base os hidrocarbonetos aliada à falta de um plano de gestão ambiental torna a região do Distrito dos Mecânicos vulnerável à poluição do solo e seus aquíferos.

No Brasil, as leis sobre o controle da poluição foram se consolidando após o debate público de uma agenda internacional que ocorreu principalmente após a Conferência de Estocolmo em 1970. Na legislação Brasileira, a Resolução CONAMA nº 1/86, art. 1º prevê o impacto ambiental como as alterações no ambiente de origem antrópica e a Lei Federal nº 6938/81 e o Decreto Federal nº 99.274/90 estabelece que as atividades com potencial poluidor são obrigados ao licenciamento ambiental.

Características dos contaminantes

- **BTEX**

Os hidrocarbonetos monoaromáticos chamados de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) segundo Costa *et al.* (2009) apud Anjos (2012) são os derivados de petróleo de maior movimentação no meio ambiente e associado a sua toxicidade tornam-se em compostos orgânicos de grande importância dos estudos ambientais (USEPA, 2003).

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2012), os hidrocarbonetos são uma série de compostos que possuem características distintas e grau periculosidade podendo gerar impactos socioambientais. Em termos de classificação, a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece um padrão de potabilidade para cada composto encontrado na água: O padrão para benzeno, é de 5 µg/L (microgramas por litro), o estireno é de 20 µg/L, o etilbenzeno é 300 µg/L, o tolueno é 700 µg/L, o xileno é 500 µg/L” (CETESB, 2012).

A Agência Internacional de Pesquisa de Câncer, da Organização Mundial da Saúde classifica o benzeno como produto carcinógeno. No Brasil, a ação cancerígena do benzeno está descrita pela portaria

da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho (SSST), nº3, de 10 de março de 1994 (IPEF, 1994).

- **HPA**

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) são contaminantes orgânicos de fonte naturais ou antrópicas (LOPES e ANDRADE, 1996) com destaque na área ambiental. Desta forma foi estabelecido pela *Environmental Protection Agency* (EPA) e a *Internacional Agency for Research on Cancer* uma lista de 16 HPAs prioritários para o seu monitoramento.

Convém observar que a legislação ambiental brasileira não estipula números de limites de emissão para todos os HPAs. A Resolução CONAMA 357/05, alterada pela Resolução 420/09 e pela 430/11, apresenta limites específicos apenas para alguns HPAs em águas superficiais e efluentes, não contemplando neste caso o Naftaleno.

Outros países apresentam uma legislação que contempla outros HPAs. A título de exemplo, destacamos Portugal que apresenta um programa (Portaria nº 50/2005 de 20/01/2005) de redução da poluição provocada por descargas que contenham naftaleno. Através do Decreto-Lei n.º 506/99, de 20 de Novembro, foram definidos os valores médios anuais de 1 µg/L para as águas superficiais.

No Brasil, diversos estudos sobre contaminação e monitoramento das águas superficiais e subterrâneas se concentram principalmente nas atividades dos postos de combustíveis, sendo poucos, na literatura, os trabalhos sobre os lava-jatos e oficinas mecânicas. Poucos pesquisadores abordam essa temática, descartando-se entre eles Dutra Filho (2012), da Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul (FEPAM), o qual evidencia que a poluição não ocorre apenas nos grandes negócios, mas sim, na sua cadeia de distribuição, o que inclui os empreendimentos de pequeno porte como as oficinas mecânicas. O problema é agravado pelo fato da legislação não deixar claro o potencial poluidor das oficinas

mecânicas ao não mencionar na lista da Resolução CONAMA nº 237/97 as atividades das oficinas mecânicas (DUTRA FILHO, 2012).

Amostragem e análise da água superficial

Foram realizadas três campanhas para amostragem das águas superficiais no Riacho das Piabas em dois pontos (Ponto 01 e 02) de coleta previamente definidos, sendo um à montante do Distrito dos Mecânicos e outro à jusante. As coordenadas geográficas foram registradas com o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

O trabalho de campo sobre a amostragem da água superficial foi realizado em dois períodos, sendo uma coleta realizada no inverno (agosto/2014) e duas outras realizadas no verão (outubro e dezembro/2014) para que pudéssemos fazer uma análise comparativa e confirmatória dos dados obtidos.

Amostragem e análise da água subterrânea

As águas subterrâneas foram coletadas em quatro poços (Pontos 03, 04, 05 e 06) do Distrito dos Mecânicos. Os poços analisados são caracterizados como tubulares em rochas cristalinas.

Na região semiárida, o volume de água subterrânea é menor e possui, na maioria das vezes, grande concentração de sais. Mesmo assim, esta água torna-se um bem essencial quando utilizadas tecnologias de dessalinização e gestão para utilização de um recurso escasso no espaço.

Metodologia para análise do BTEX da água superficial e subterrânea

As análises foram realizadas em parceria com o laboratório do Núcleo de Processamento Primário e Reúso de Água Produzida e Resíduos- NUPPRAR, na Universidade Federal do Rio Grande do

Norte (UFRN), em Natal - RN. Foi utilizada a técnica de cromatografia gasosa que atende aos limites estabelecidos pela Portaria 2914, do Ministério da Saúde. A cromatografia é uma importante técnica quantitativa com poder de resolução em baixos limites de detecção (COLLINS *et al.*, 2011; LANÇAS 1993, *apud* ANJOS 2012). Já a detecção dos compostos foi realizada através de detectores de ionização por chama (FID, do inglês *Flame Ionization Detector*), em série com o fotoionização (PID, do inglês *Photoionization Detector*) e a espectrometria de massas (EM ou MS) que apresentam elevada sensibilidade para compostos aromáticos.

Para preparar a amostra ao instrumento de detecção, utilizamos as técnicas de *headspace* (HS) com o objetivo de extração das amostras de BTEX em água. O *headspace* é uma metodologia utilizada para analisar substâncias em baixas concentrações. Nesta técnica, o analito é mais volátil que a matriz possibilitando a análise do vapor desprendido dele. (GOBATO e LANÇAS, 2001 *apud* LOPES, 2011).

Metodologia para análise do HPA

Para extração de amostras de HPA em água utilizaram-se técnicas de extração em fase sólida (SPE) que consiste em isolar um ou mais analitos presentes em uma matriz complexa para posterior análise (LANÇAS, 2004). Foi utilizada a técnica de cromatografia gasosa para determinação do HPA.

A cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS) é uma técnica utilizada na identificação e quantificação de componentes em misturas orgânicas semivoláteis como no caso dos HPA (HARRIS, 2012 *apud* ANJOS 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados dos ensaios realizados em água superficial quanto à presença de BTEX

Tabela 02 - 1ª Campanha de coleta de águas superficiais no Riacho das Piabas para análises de BTEX

BTEX	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	o-xileno
(Ponto 01)	< LD	3,29 µg/L	< LD	< LD
(Ponto 02)	< LD	5,20 µg/L	< LD	< LD

Tabela 03 - 2ª Campanha de coleta de águas superficiais no Riacho das Piabas para análises de BTEX

BTEX	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	Xilenos
(Ponto 01) Montante	< LD	19,98 µg/L	< LD	< LD
(Ponto 02) Jusante	< LD	< LD	< LD	< LD

Na primeira campanha (tabela 02) realizada para análise do BTEX na água superficial, foi encontrado apenas o Tolueno, porém os níveis se encontram abaixo dos recomendados pela resolução CONAMA 460/2013. A concentração à montante do Distrito dos Mecânicos estava menor (3,29 µg/L) do que à jusante (5,20 µg/L). Esse resultado pode indicar que há consumo de thinner e solventes à base do Tolueno localizadas à montante do Distrito dos Mecânicos.

Na segunda campanha (Tabela 03) para análise do BTEX, realizada no mês de novembro, com o volume do riacho reduzido, encontramos à montante um valor cinco vezes maior de Tolueno (19,98 µg/L) em relação à primeira campanha. O mesmo não foi encontrado à jusante do Distrito. Essa informação aponta para a possibilidade da fonte de

contaminação ser difusa, ou seja, ser proveniente da presença de postos de combustíveis e oficinas mecânicas localizada à montante do Distrito dos Mecânicos.

Na terceira campanha, realizada no início de dezembro, não foram encontrados BTEX nas águas superficiais do riacho das Piabas.

Resultados das análises realizadas em água superficial quanto à presença de HPA

Tabela 04. 1ª Campanha de coleta de águas superficiais no Riacho das Piabas para análises de HPA

Resultado das análises de HPAs em $\mu\text{g/L}$	P (01)	P (02)
Naftaleno	0,57	0,52

Tabela 05. 2ª Campanha de coleta de águas superficiais no Riacho das Piabas para análises de HPA

Resultado das análises de HPAs em $\mu\text{g/L}$	P (01)	P (02)
Naftaleno	1,13	1,11
Fluoreno	5,14	5,15
Benzo(b)fluoranteno	5,95	5,97
Benzo(k)fluoranteno	6,22	6,23
Indeno(1.2.3-cd)pireno	5,35	< LD

Durante a primeira campanha (tabela 04) para avaliação preliminar quanto à presença de HPA em água superficial, foi analisada apenas a presença do Naftaleno, que teve como resultado 0,57 $\mu\text{g/L}$ à montante e 0,52 $\mu\text{g/L}$ à jusante do riacho das Piabas. Apesar da legislação não prever níveis de naftaleno em águas superficiais, os mesmos podem ser perigosos por serem compostos lipofílicos e altamente persistentes com elevada tendência à bioacumulação.

Durante a segunda campanha (Tabela 05), realizada no início de novembro, observamos que os níveis de Naftaleno à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos estão mais elevados.

Durante a terceira campanha as concentrações de HPAs estavam abaixo do limite de detecção do equipamento. Esse resultado pode estar relacionada à redução do índice pluviométrico no período de coleta, dificultando, assim, o transporte do contaminante para outras áreas.

Resultados das análises de BTEX realizadas em água subterrânea.

Tabela 06. 1ª Campanha de coleta de águas subterrâneas para análises de BTEX.

BTEX (µg/L)	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	o-xileno
(Ponto 3)	< LD	< LD	< LD	< LD
(Ponto 4)	< LD	< LD	< LD	< LD
(Ponto 5)	< LD	12,37	< LD	< LD
(Ponto 6)	< LD		< LD	< LD

Os níveis de BTEX para água subterrânea nas campanhas 02 e 03 se encontram abaixo do limite de detecção do equipamento, ou seja, muito abaixo do limite da Resolução CONAMA 430. Apenas o Tolueno foi encontrado no poço tubular do ponto 5 na campanha 01 (Tabela 06) e não foi confirmado nas campanhas seguintes. Isso pode ser resultado dos poços serem construídos em espaços de rochas cristalinas, o que constitui uma barreira geológica para passagem dos hidrocarbonetos em direção à água subterrânea.

CONCLUSÕES

A pesquisa da contaminação por hidrocarbonetos sobre as águas superficiais e subterrâneas no Distrito dos Mecânicos em Campina

Grande-PB permitiu realizar uma avaliação preliminar sobre proteção dos rios urbanos e águas subterrâneas. Os dados mostram que o processo de contaminação por hidrocarbonetos no riacho das Piabas não é pontual, e sim, difuso.

A pesquisa indica que nas águas do Riacho das Piabas, localizado à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos, encontram-se presentes cinco HPAs dos dezesseis previstos na lista prioritária da USEPA. Apesar de estarem abaixo do limite de detecção, torna-se necessário que esse corpo hídrico tenha um melhor monitoramento. Fica também evidente a necessidade de ampliar a pesquisa no sentido de identificar as outras fontes poluidoras.

A presença de Tolueno acima do determinado pela Resolução CONAMA 357/05 reforça a necessidade de ampliar a investigação e monitoramento da qualidade da água visto que há relatos dos empresários e trabalhadores locais da utilização da água para consumo humano.

REFERÊNCIAS

ANJOS, R. B. *Avaliação de HPA e BTEX no solo e água subterrânea, em postos de revenda de combustíveis: Estudo de casa na cidade de Natal/RN*. Dissertação de Mestrado. Pós Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo UFRN. 2012.

AUDAMEC Marketing e Pesquisa Automotiva. *Número de oficinas mecânicas no Brasil*. Disponível em: <http://www.audamec.com.br/Numero-de-oficinas-mecanicas-no-Brasil/2/n/>. Acesso em 08 abril de 2014.

BRASIL, Lei no 6.938/81. *Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente*. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em 05/07/2014.

COSTA, A.H.R., NUNES, C.C; CORSEUIL, H. X. Biorremediação de águas subterrâneas impactadas por gasolina e etanol com o uso de nitrato. In: *Revista Eng. Sanitária Ambiental*. V.14 n.2, p 265-274, 2009.

COLLINS, C; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S., *Fundamentos de Cromatografia*. Campinas: Editora Unicamp, 2011.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 1/86. *Dispõe sobre a Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em 05/03/2014.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 237, em 19 de dezembro de 1997. *Dispõe sobre os critérios para o Licenciamento Ambiental*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em 22/08/2014.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. *Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 22/08/2014.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Significado Ambiental e Sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem*. 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>. Acesso em 12/12/2014.

DUARTE, Regina Horta. *À sombra dos ficus: Natureza e sociedade em Belo Horizonte*. Ambiente & Sociedade. Campinas, v.10, 2007.

DUTRA FILHO V T. Gestão de resíduos sólidos em oficinas mecânicas. *1º simpósio SINDIREPA RS*. 26/04/2012. Disponível em: [HTTP://www.grcs.com.br/sindirepa/palestra_02pdf](http://www.grcs.com.br/sindirepa/palestra_02pdf). Acesso em 28/06/2014.

GOBATO, E. A. A. F.; LANÇAS, F.M. *Comparação entre injeção na coluna (“on-column”) e herdspace dinâmico na determinação de benzeno, tolueno e xilenos (BTX) em amostras de água. Química Nova* [online], vol.24, n.2, pp. 176-179. 2001.

HARRIS, D. C. 2012. *Análise química quantitativa*. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2010*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 10/01/2014.

LANÇAS, F. M. *Extração em Fase Sólida (SPE)*. São Carlos: Rima, 2004.

LANÇAS, F. M. *Cromatografia em fase gasosa*. São Carlos: Acta, 1993.

LOPES, V. S. M., *Avaliação preliminar da contaminação por BTEX, em água subterrânea de poços tubulares, no município de Natal/RN*. Dissertação de Mestrado Pós Graduação em Engenharia de Produção UFRN. 70 f. Natal/RN, 2011.

LOPES, W. A. & ANDRADE, J. B. Fonte, formação, reatividade e quantificação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) na atmosfera. In: *Química Nova*, 19: 497-516. 1996.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 776/2004 *Dispõe sobre a regulamentação dos procedimentos relativos à vigilância da saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno, e dá outras providências*. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-776.htm>. Acesso em 12/12/2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA Nº 2914 em 12 de dezembro de 2011. *Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de*

potabilidade. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em 14/08/2013.

NETTO, A. D. P.; MOREIRA, J. C.; DIAS, A. E. X. O. ARBILLA, G.; FERREIRA, L. F. V.; OLIVEIRA, A. S.; BAREK, J. *Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e seus derivados nitrados (NHPA): Uma revisão metodológica*. Química Nova, v.6, p. 765 – 773, 2000.

PNUD – *Relatório de Desenvolvimento Humano*. Brasil, 2005. Disponível em: http://www.pnud.org.br/arquivos/brazil_2005_po.pdf. Acesso em 22/03/2014.

USEPA, 2003. *Procedures for the Derivation of Equilibrium Partitioning Sediment Benchmarks (ESBs) for the Protection of Benthic Organisms: PAH Mixtures*. U. S. Environmental Protection Agency sand Office of Science and Techology. Washington. Disponível em: http://www.epa.gov/nheerl/download_files/publications/PAHESB.%20Pdf Acesso em: 02/05/2013.

IPEF - Instituto de pesquisas e estudos florestais. 1994. Disponível em: <http://www.ipef.br/legislacao/bdlegislacao/detalhes.asp?ld=5154>. Acesso em 10/11/2014.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro RJ MN-050.R-5 – *classificação de atividades poluidoras* 2010. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/ResultadoPesquisa/index.htm?ssUserText=atividades+poluidoras>. Acesso em: 12/05/2012.

DIRETRIZES DA QUALIDADE DO AR NO BRASIL E NO MUNDO

Larissa C.S. Medeiros

Rhafael C. S Melo

João C. Miranda

Marcia H. Pontieri,

Nataly Albuquerque dos Santos

INTRODUÇÃO

“Atmosfera terrestre” é a camada formada por radiação, gases e material particulado (MP) que envolve nosso planeta e se estende por centenas de quilômetros. Tendo como limites inferiores as superfícies da crosta terrestre e dos oceanos, seus limites superiores não são bem delimitados. Uma vez que a altitude aumenta, a atmosfera vai se tornando cada vez mais rarefeita, até que adentremos o espaço interplanetário (DIAS; ANDRADE-NETO; MILTÃO, 2007).

Ainda segundo Dias *et al.* (2007), a eventual introdução de componentes estranhos à sua composição, que podem ter origem em processos naturais, como erupções vulcânicas, ou provenientes da atividade humana, isto é, antropogênicas; constitui mais um fator complicador na determinação desta.

Estes compostos exógenos passam a ser considerados poluentes atmosféricos quando apresentam níveis de concentração que os tornem prejudiciais à saúde humana, aos materiais e aos processos naturais do ecossistema (CETESB, 2016).

Dentre as fontes de poluentes atmosféricos na forma de gases e MP, as principais são as indústrias, os veículos automotores, usinas

termoelétricas e queima de biomassa ou combustíveis fósseis (ARBEX, *et al.*, 2012). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que 90% da população viva em áreas onde os poluentes excedem os níveis por ela preconizados, causando três milhões de mortes a cada ano (LEE *et al.*, 2019).

Neste contexto, as partículas atmosféricas podem ser classificadas como poluentes, pois tem o potencial de prejudicar a saúde, a visibilidade e o ciclo biogeoquímico nos ecossistemas (PRAHBU *et al.*, 2019).

O MP é uma mistura complexa de partículas sólidas e líquidas, com vários tamanhos, formas, composições químicas e provenientes de múltiplas fontes (MA *et al.*, 2019). Estas partículas se distinguem pelo seu diâmetro aerodinâmico em PTS (partículas totais em suspensão), PM10 (diâmetro de até 10 μm), PM2.5 (diâmetro de até 2.5 μm) e PM0.1 (diâmetro de até 100 nm).

O PTS corresponde a todas as partículas suspensas no ar; o PM10 é chamado de “partículas torácicas”, uma vez que estas ficam alojadas na parte superior do trato respiratório; o PM2.5 é conhecido como “partículas finas” e o PM0.1, como “partículas ultrafinas”.

Associadas a efeitos adversos à saúde humana, as partículas finas e, sobretudo, as ultrafinas, são as principais causadoras de doenças respiratórias e mortalidade; sendo geradas, em sua maioria, por processos de combustão (BUIARELLI *et al.*, 2019).

Estudos mostram o alto risco de morbidade e mortalidade devido ao PM2.5 para infarto do miocárdio (MUSTAFIĆ, *et al.*, 2012), doenças cardiovasculares (ANDERSON *et al.*, 2011), diabetes (DESIKAN, 2017), doenças pulmonares e câncer de pulmão (RAASCHOU-NIELSEN, *et al.*, 2013). Em gestantes, a exposição à poluentes atmosféricos, incluindo óxidos de nitrogênio (NO_2 , NO_x), PM10 e PM2.5, monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3) e suas combinações representadas por várias fontes, têm sido associadas a complicações na gravidez e problemas como pré-eclâmpsia, diabetes gestacional, parto prematuro e baixo peso ao nascer.

Também há efeitos no desenvolvimento fetal, especialmente o neurológico (YAN *et al.*, 2019).

Dado que as atividades humanas, como produção industrial, residencial, geração de energia, agricultura e transporte são as principais fontes de MP, impactando o ambiente a nível local e regional, nos centros urbanos, FENG *et al.* (2018) destacam que as emissões dos veículos rodoviários representam cerca de 70-80% dos poluentes presentes no ar. Assim, a mobilidade urbana é considerada a principal fonte de poluição atmosférica. Vários fatores em conjunto com o tráfego nas cidades e o ambiente no qual ele acontece podem influenciar estes níveis, como por exemplo, a idade média dos veículos, tipo de energia utilizada, a potência do motor, condições de tráfego, estado das infraestruturas rodoviárias, posição e altura dos edifícios, entre outros.

Este cenário, segundo MRAIHI *et al.* (2015), exige que as autoridades locais implementem políticas de mobilidade sustentável.

POLÍTICAS PÚBLICAS E LEGISLAÇÃO PARA PROMOÇÃO DA QUALIDADE DO AR

Observamos, nas últimas décadas, a degradação da qualidade do ar, associada ao MP aerotransportado de tamanhos respiráveis, em regiões com economias de crescimento rápido em todo o mundo.

Esse tipo de poluente afeta a saúde humana, o clima, a visibilidade e ecossistemas naturais, impactando grandes áreas urbanas (TORO *et al.*, 2019; THACH, *et al.*, 2010; UHEREK, *et al.*, 2010; KIM, *et al.*, 2006; KIM, *et al.*, 2017).

Além de levar em consideração seus efeitos em diferentes escalas, a identificação e a quantificação de fontes são cruciais para uma gestão adequada da qualidade do ar e estratégias de controle de emissões (ZHANG *et al.*, 2018).

POLÍTICAS PÚBLICAS E LEGISLAÇÃO PARA PROMOÇÃO DA QUALIDADE DO AR

Organização Mundial da Saúde (OMS)

A OMS é uma agência ligada à Organização das Nações Unidas (ONU) e tem como atribuição atuar na definição de diretrizes gerais sobre saúde a nível global (SANTANA *et al*, 2012). A mesma, estabelece Orientações de Qualidade do Ar, os chamados “*Air quality guidelines*” (AQGs), usados como uma referência para que as lideranças mundiais estipulem padrões e metas, na gestão dos níveis de poluentes atmosféricos, e protejam a saúde humana. Sob sua coordenação, estes parâmetros são desenvolvidos e atualizados por meio de um esforço considerável da comunidade científica. Toda diretriz da OMS deve ser desenvolvida a partir das evidências disponíveis, juntamente com a viabilidade tecnológica, econômica e fatores políticos; tendo em vista a heterogeneidade dos Estados aos quais se destina (WHO, 2015). Seus AQGs, representam a avaliação mais amplamente aceita e atualizada dos efeitos adversos da poluição atmosférica, recomendando metas para a qualidade do ar nas quais os riscos à saúde são significativamente reduzidos (WHO, 2020). Estes parâmetros estão listados abaixo, na Tabela 1.

Tabela 1. Padrões de qualidade do ar da OMS, suas concentrações limite (AQGs) e tempos de amostragem.

Poluente	Tempo de amostragem	Concentração limite
PM _{2,5}	24 horas	25 µg/m ³
PM _{2,5}	1 ano	10 µg/m ³
PM ₁₀	24 horas	50 µg/m ³
PM ₁₀	1 ano	20 µg/m ³
O ₃	8 horas	100 µg/m ³
NO ₂	1 hora	200 µg/m ³
NO ₂	1 ano	40 µg/m ³
SO ₂	24 horas	20 µg/m ³
SO ₂	10 minutos	500 µg/m ³

Fonte: WHO, 2015.

União Europeia

Desde a década de 1970, quando políticas públicas para a qualidade do ar foram adotadas na União Europeia (UE), a injeção de poluentes na atmosfera foi consideravelmente reduzida.

As emissões que partem, principalmente, do setor de transportes, indústria e geração de energia elétrica são reguladas e mostram redução, mesmo que ainda não acompanhem a demanda prevista. Uma medida que permitiu a melhoria desse cenário foi a definição de limites para a liberação de determinados poluentes em toda Europa (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2013).

De acordo com o documento Estratégia Temática sobre Poluição Atmosférica, publicado pelo Instituto do Ambiente, do Governo de Portugal (MAOTDR/IA, 2006), em 2001, a UE passou a considerar que os problemas provenientes dos níveis de poluição atmosférica só seriam contornados a partir de uma ação integrada. Para tanto, como consequência do 6º Programa Comunitário de Ação em Matéria de Ambiente (6º PAA), a Comissão Europeia lançou o programa CAFE (*Clean Air for Europe*), que consistiu em coletar informações de qual seria o prognóstico da evolução da qualidade do ar e do desenvolvimento econômico, no continente, uma vez adotadas todas as medidas vigentes para controle de emissões. Também foram efetuados estudos para avaliar ações que pudessem trazer benefícios maiores que os já esperados. A intenção era saber se a legislação em vigor seria suficiente para alcançar os objetivos traçados no 6º PAA, até 2020. Estas projeções, apesar de preverem uma diminuição considerável nas emissões poluentes, apontavam persistência de riscos significativos para saúde humana e meio ambiente, especialmente relacionados ao MP e ozônio troposférico. Por consequência, em 2005, o programa CAFE resultou na publicação da Estratégia Temática sobre Poluição Atmosférica. O documento trata da estratégia, das propostas para revisão das Diretivas sobre qualidade do ar e dos estudos para avaliação dos impactos destas alterações.

Em 21 de maio de 2008, reconhecendo a necessidade de reavaliar as Diretivas e Decisões, a UE instituiu a Diretiva 2008/50/EC; que, dentre outras coisas, instrui um sistema gestor da qualidade do ar na busca de atender os diversos cenários econômicos, sociais, políticos e culturais de todos os Estados-membros. Cada país é responsável por aplicar mecanismos que garantam com que os níveis das emissões sejam inferiores ao valor máximo determinado para o poluente abordado (SANTANA *et al.*, 2012).

Foram estabelecidos valores limites para os seguintes componentes: MP10 e MP2.5, SO₂, NO₂, CO, Pb e benzeno. Também foram determinados, valores-alvos mais restritivos, para o MP2.5, ozônio (O₃), arsênio (As), cádmio (Cd), níquel (Ni) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Os valores alvo se distinguem dos valores limite no sentido de que, na medida do possível, devem ser atendidos até a data estipulada, não havendo penalizações em função da impossibilidade de atingir os prazos definidos (SANTANA *et al.*, 2012).

Os principais poluentes capazes de impactar negativamente nos ecossistemas e na saúde humana podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2. Padrões europeus de qualidade do ar, suas concentrações limite e tempos de amostragem.

Diretriz Europeia de Qualidade do Ar		
Poluente	Tempo de amostragem	Concentração limite
PM _{2,5}	1 ano	25 µg/m ^{3(a)}
PM ₁₀	24 horas	50 µg/m ^{3(a)}
PM ₁₀	1 ano	40 µg/m ^{3(a)}
O ₃	8 horas	120 µg/m ^{3(b)}
NO ₂	1 hora	200 µg/m ^{3(a)}
NO ₂	1 ano	40 µg/m ^{3(a)}
SO ₂	1 ano	350 µg/m ^{3(a)}
SO ₂	24 horas	125 µg/m ^{3(a)}
Pb	1 ano	0.5 µg/m ^{3(a)}
CO	8 horas	10 mg/m ^{3(a)}

Fonte: European Commission (2019).

- (a) valor limites
- (b) valor alvo a ser atendido em 01/01/2010

Para fins de reporte das informações relativas à qualidade do ar, os Estados-Membros da UE fazem monitoramento em cerca de 3000 localidades. Com o objetivo de se ter uma visão global, em todo o território, desde 1997, com a Decisão 97/101/CE, instituiu-se o intercâmbio recíproco das informações obtidas das redes e estações espalhadas por todos os integrantes do bloco, onde os organismos governamentais de cada um, juntamente com a Comissão Europeia, tornaram-se responsáveis pela troca dos dados coletados, a partir de um questionário normalizado, sob especificações da decisão 2004/462/EC. À Agência Europeia do Ambiente cabe a função de coordenar o sistema de informação e torna-lo público (Diálogo Setorial União Europeia/Brasil sobre Gestão da Qualidade do Ar, 2016).

Estados Unidos da América

Nos Estados Unidos da América (EUA), a Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) foi criada em 1970, tendo a definição dos padrões nacionais de qualidade do ar como uma de suas incumbências, além da gestão dos estudos, diretrizes e a sistematização dos dados coletados. Em seguida, em 1971, com a aprovação de uma política nacional chamada de "*Clean Air Act*" (CAA), foram definidos estes parâmetros, que atualmente estabelecem níveis limite para CO, Pb, NO₂, O₃, MP₁₀, MP_{2.5} e SO₂, (SANTANA *et al*, 2012). Segundo a EPA (2016), os padrões primários fornecem proteção à saúde pública, incluindo pessoas com mais sensibilidade como asmáticos, crianças e idosos; enquanto os padrões secundários fornecem proteção ao bem-estar público, como proteção à fauna e flora, aos materiais e meio ambiente em geral. Os parâmetros nacionais de qualidade do ar, para os EUA, estão descritos conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Padrões Americanos de qualidade do ar, suas concentrações limite e tempos de amostragem.

Padrões Americana de Qualidade do Ar			
Poluente	Primário/Secundário	Tempo de Amostragem	Concentração
CO	Primário	8 horas	9 ppm ⁽¹⁾
CO	Primário	1 hora	35 ppm ⁽¹⁾
Pb	Primário e Secundário	Médiamóvel trimestral	0,15 µg/m ³⁽²⁾
NO ₂	Primário	1 hora	100 ppb ⁽³⁾
NO ₂	Primário e Secundário	1 ano	53 ppb ⁽⁴⁾
O ₃	Primário e Secundário	8 horas	0,070 ppm ⁽⁵⁾
PM _{2,5}	Primário	1 ano	12 µg/m ³⁽⁶⁾
PM _{2,5}	Secundário	1 ano	15 µg/m ³⁽⁶⁾
PM _{2,5}	Primário e Secundário	24 horas	35 µg/m ³⁽³⁾
PM ₁₀	Primário e Secundário	24 horas	150 µg/m ³⁽⁷⁾
SO ₂	Primário	1 hora	75 ppb ⁽⁸⁾
SO ₂	Secundário	3 horas	0.5 ppm ⁽¹⁾

1: não pode ser excedido mais de uma vez ao ano; 2: não deve ser ultrapassado; 3: 98% da média de três anos

4: média anual; 5: quarta maior média anual em três anos; 6: média anual sobre 3 anos; 7: média anual que não pode ser excedida sobre média de três anos 8: 99% da média de três anos.

Fonte: EPA, 2016

Cada Estado norte-americano tem a incumbência de definir um plano de controle de qualidade do ar, o chamado “*State Implementation Plan*” (SIP). Este plano de monitoramento é exigido, pela EPA, anualmente, e deve conter informações sobre os tipos de instalações de monitoramento e inventário da liberação de poluentes. A agência especifica procedimentos gerais de elaboração desses documentos e disponibiliza modelos para estimativa de emissões e tipificação das fontes selecionadas. Devem ser classificados os tipos e quantidades das reduções que cada área necessita para se adequar aos padrões nacionais.

A EPA oferece um sistema de informação, permitindo acesso público aos dados provenientes dos inventários de emissões e da rede de monitoramento. Assim, qualquer pessoa pode checar as bases sobre principais fontes poluentes e em quais categorias estas estão situadas, além de aferir qual a classificação da qualidade do ar, por região.

Vale ressaltar que os SIPs, uma vez aprovados pela EPA, têm caráter de lei a nível federal e estadual. Ao descumprimento destes, cabem ações judiciais, que podem resultar no contingenciamento de verbas ou mesmo na federalização do plano de gestão, quando a Agência toma para si o gerenciamento da área e institui um Plano Federal de Implementação (FIP – Federal Implementation Plan) (SANTANA *et al*, 2012).

Brasil

Em 1989, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), criou o PRONAR, Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar, por intermédio da Resolução CONAMA 05/1989. Nela, foi definida a classificação dos padrões de qualidade do ar em dois tipos: primários, que poderão afetar a saúde da população, caso as concentrações de poluentes atmosféricos sejam ultrapassadas; e secundários, para concentrações abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população. Os padrões primários e secundários se referem

aos níveis máximos toleráveis e níveis desejados de concentração de poluentes, respectivamente.

Em 1990 foram estabelecidos os valores para os padrões de qualidade do ar, através da Res. CONAMA 03/1990, que deveriam ser seguidos por todos os Estados da Federação. Entre os parâmetros estabelecidos por essa resolução estavam o controle de Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas inaláveis (MP10) (SANTANA *et al*, 2012).

No ano de 2018, para atender as diretrizes da OMS, foi instituída uma nova resolução, a Res. CONAMA 491/2018, que substituiu a Res. CONAMA 03/1990, alterando alguns limites dos padrões de qualidade do ar e adicionando o MP2.5 como parâmetro de controle obrigatório. Esta Resolução estabelece, para os padrões atmosféricos, duas classes distintas. São chamados Padrões Intermediários (PI), aqueles estabelecidos com valores a serem atingidos em etapas; e Padrões Finais (PF), os valores guia (AQGs), definidos pela OMS, em 2005. Estes parâmetros foram estipulados a fim de serem adotados em quatro etapas, com o primeiro deles (PI-1) entrando em vigor a partir de 21 de novembro de 2018 (BRASIL, 2018).

Os padrões nacionais para qualidade do ar, no Brasil, são observados na Tabela 4.

Tabela 4. Padrões brasileiros de qualidade do ar.

Poluente Atmosférico	Período de referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm
MP10	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
MP2.5	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-

1 – média aritmética anual; 2 – média horária; 3 – máxima média móvel obtida no dia; 4 – média geométrica anual; 5 – medido nas partículas totais em suspensão.
Fonte: BRASIL, 2018.

O artigo 5º, dessa Resolução, estabelece que os órgãos estaduais e distritais devem, num período de até 3 anos, a partir da data de publicação da medida, elaborar um Plano de Controle de Emissões Atmosféricas. O mesmo deve considerar as diretrizes contidas no PRONAR e os padrões de qualidade do ar definidos na Resolução de 2018; especificando a forma como os PIs e PFs serão, sequencialmente,

implementados. Caso não seja possível a migração para o padrão subsequente, determina-se que parâmetro anterior deve ser mantido.

A legislação estabelece, ainda, que anualmente as entidades governamentais locais devem elaborar um Relatório de Avaliação da Qualidade do ar e, a cada três anos, um relatório de acompanhamento do Plano, informando se houver necessidade de reavaliação. A Resolução exige, também, que todos esses documentos sejam públicos e acessíveis à população (BRASIL, 2018).

Nota-se a ausência da delimitação de prazos para a evolução dos Pls, até que se alcancem os PFs; ou da tipificação de penalizações aplicáveis ao não cumprimento dos níveis preconizados.

Em 2019, como cumprimento do artigo 8º da Res. CONAMA 491/2018, o Ministério do Meio Ambiente publicou o Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do ar. Este documento especifica o objetivo das redes de monitoramento, orienta a implantação e gestão das mesmas, estabelece uma formalização para a representação temporal dos dados coletados, define métodos padronizados de operação e calibração de equipamentos, assim como das análises de amostras (BRASIL, 2019).

Segundo pesquisa do Instituto Saúde e Sustentabilidade-ISS em parceria com o Ministério Público Federal- MPF (ISS, 2019), em 2018, o Procurador Regional da República solicitou às Secretarias de Meio Ambiente de todas as Unidades Federativas (UFs), que respondessem um questionário informando a situação atual da rede de monitoramento da qualidade do ar no âmbito de seus territórios. Com prazo estabelecido de 30 dias, prorrogado por 5 meses, apenas 16 UFs responderam à solicitação. Destas, 8 declararam não realizar nenhuma espécie de monitoramento, alegando desde falta de necessidade até dificuldades técnicas de operação. Dentre os demais respondentes, aqueles que realizam algum tipo de avaliação dos níveis de poluentes atmosféricos, o Amazonas declarou realiza-lo apenas em âmbito acadêmico, por intermédio de suas Universidades, sem nenhum tipo de divulgação

oficial para a população. O Mato Grosso, por sua vez, declarou realizar monitoramento apenas por uma única estação, que mede PTS e CO, mas esta encontrava-se inativa. A Tabela 5 demonstra os resultados da pesquisa, distribuindo as UFs de acordo com as respostas, ou a falta delas, obtidas.

Tabela 5. Unidades Federativas, divididas por região, que realizam ou não, monitoramento de qualidade do ar.

Região	Sem Res-posta	Com Res-posta	Respondentes sem monitoramento	Respondentes com monitoramento
Norte	AC, PA, RO	AM, AP, RR, TO	AP, RR, TO	AM*
Nordeste	AL, BA, MA, PB	CE, PE, PI, RN, SE	CE, PI, RN, SE	PE
Centro-Oeste	GO, MS	DF, MT	MT	DF
Sudeste	-	ES, MG, RJ, SP	-	ES, MG, RJ, SP
Sul	PR, SC	RS	-	RS
Total	11	16	8	8

*Realiza monitoramento com fins acadêmicos sem a gestão oficial do Estado.

Fonte: ISS, 2019

Assim, apenas 6 estados e o Distrito Federal realizam monitoramento de qualidade do ar. Outro dado interessante, abordado pela pesquisa, se refere ao fato de que 47,7% das estações espalhadas pelo país pertencem a empreendimentos privados, destinadas à licenciamento ambiental, mas utilizadas, pelo Estado, para monitoramento de qualidade do ar. Neste quesito, o destaque negativo é Minas Gerais, onde a totalidade das estações pertencem à iniciativa

privada. O Rio de Janeiro é o primeiro lugar em número de estações ativas (161), seguido de São Paulo, com 90 estações em funcionamento, todas públicas. Em contraste, há Pernambuco e o Distrito Federal, ambos com apenas 4 estações (ISS, 2019).

Estes dados demonstram que, apesar da legislação vigente, o Estado brasileiro ainda tem um longo caminho a percorrer, no sentido de fazer com que as políticas públicas em qualidade do ar sejam efetivamente aplicadas, e tragam benefícios reais à população.

A cidade de João Pessoa, na Paraíba, é um dos municípios que não possui monitoramento dos índices de poluentes atmosféricos. Apesar disso, no âmbito da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), profissionais realizam pesquisas para investigar esta problemática, dentre as quais, a realização medição da concentração de MP no centro da cidade, a fim de verificar se seus níveis estão em conformidade com os valores permitidos pela legislação brasileira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário atual da qualidade do ar no mundo, reforça ainda mais a necessidade de seguir as orientações determinadas pela Organização Mundial da Saúde em prol da proteção da saúde humana.

A implementação de políticas públicas e monitoramento contínuo dos índices de qualidade do ar devem ser efetivadas em todo mundo, salientando a cenário brasileiro, no qual, essa iniciativa ainda é escassa na maioria dos estados.

A partir da atualização na Resolução CONAMA 491/2018, que estabelece o monitoramento da qualidade do ar pelos órgãos ambientais dos estados, assim como a elaboração de relatórios anuais para divulgação dos dados levantados, espera-se um avanço contínuo no quadro referente a qualidade do ar no Brasil, assim como o desenvolvimento de medidas para reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.

REFERÊNCIAS

ARBEX, M. A.; SANTOS, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. Air pollution and the respiratory system. *J Bras Pneumol*, vol.38 no.5 São Paulo Sept./Oct. 2012.

ANDERSON, J. O., THUNDIYIL, J. G., & STOLBACH, A. (2011). Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *Journal of Medical Toxicology*, 8(2), 166–175. doi: 10.1007/s13181-011-0203-1.

ANDERSON, T. R.; HAWKINS, E.; JONES, P. D. CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. **Endeavour**. Volume 40, Issue 3, September 2016, Pages 178-187.

BRASIL. Resolução do Conama nº491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DO AR – PRONAR. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/pronar_163.pdf> Acesso em: 01/11/2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. GUIA TÉCNICO PARA O MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR, 2019. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/images/agenda_ambiental/qualidade-do-ar/Guia_Tecnico_para_o_Monitoramento_e_Avaliacao_da_Qualidade_do_Ar.pdf> Acesso em: 22/06/2020.

BUIARELLI *et al.* Ultrafine, fine and coarse airborne particle mass concentration in workplaces. *Atmospheric Pollution Research* (2019), doi: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.06.009>.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade do ar, poluentes. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/poluentes/>> acesso em: 20 abr 2016.

DESIKAN, A. Outdoor air pollution as a possible modifiable risk factor to reduce mortality in post-stroke population. *Neural Regen Res* (2017); 12:351-3

Diálogo Setorial União Europeia/Brasil sobre Gestão da Qualidade do Ar, 2016). Disponível em: <<http://www.sectordialogues.org/projetos/dialogo-uniao-europeia-brasil-sobre-gestao-da-qualidade-do-ar>>, acesso em: 20/06/2020

DIAS, A. A. C.; ANDRADE-NETO, A. V.; MILTÃO, M. S. R. **A atmosfera terrestre**: composição e estrutura. Caderno de Física da UEFS, Feira de Santana, 2007.

EUROPEAN COMMISSION. Air Quality Standards, 2019. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>> acesso em: 16/06/2020.

EPA United States Environmental Protection Agency. NAAQS table, 2016. Disponível em: <<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>> acesso em: - 16/06/2020

FENG, Y.; LI, Y.; CUI, L. Critical review of condensable particulate matter. **Fuel**. Volume 224, 15 July 2018, Pages 801-813.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. Monitoramento da Qualidade do ar no Brasil, 2014. Disponível em : <<https://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2014/07/Monitoramento-da-Qualidade-do-Ar-no-Brasil-2014.pdf>>

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. Análise do Monitoramento de Qualidade do Ar no Brasil, 2019. Disponível em : <<https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2019/06/An%C3%A1lise-do-Monitoramento-de-Qualidade-do-Ar-no-Brasil-ISS.pdf>> acesso EM 19/06/2020.

IODICE, P.; SANATORE. A.; LANGELLA, G.; AMORESANO, A. Effect of ethanol–gasoline blends on CO and HC emissions in last generation SI engines within the cold-start transient: An experimental investigation. **Applied Energy** **179** (2016) 182–190.

Kim, Y. J., *et al.*, (2006). Fine particulate matter characteristics and its impact on visibility impairment at two urban sites in Korea: Seoul and Incheon. *Atmospheric Environment*, 40, 593–605. doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.11.076

Kim, S., *et al.*, (2017). Exploring Sustainable Street Tree Planting Patterns to Be Resistant against Fine Particles (PM_{2.5}). *Sustainability*, 9(10), 1709. doi: 10.3390/su9101709.

LEE, D. *et al.* Estimating the health impact of air pollution in Scotland, and the resulting benefits of reducing concentrations in city centres. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology* 29 (2019) 85–96.

LIU *et al.* Cellulosic ethanol production: Progress, challenges and strategies for solutions. *Biotechnology Advances*, Volume 37, Issue 3, May–June 2019, Pages 491-504.

MA, Y. A study on the short-term impact of fine particulate matter pollution on the incidence of cardiovascular diseases in Beijing, China. **Atmospheric Environment**, Available online 6 August 2019, 116889.

MA, M. *et al.*, (2018). Quantifying impacts of crop residue burning in the North China Plain on summertime tropospheric ozone over East Asia. *Atmospheric Environment*, 194, 14–30. doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.09.018

MAÇZYŃSKA *et al.* Production and use of biofuels for transport in Poland and Brazil – The case of bioethanol. *Fuel* 241 (2019) 989–996.

MAOTDR/IA - Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional- Instituto do Ambiente. *Estratégia Temática Sobre Poluição Atmosférica*. Amadora, Portugal, 2006.

MUSTAFIĆ, H. *et al* (2012). Main Air Pollutants and Myocardial Infarction. *JAMA*, 307(7), 713. doi: 10.1001/jama.2012.126

MRAIHI *et al.* Urban air pollution and urban daily mobility in large Tunisia s cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 43, March 2015, Pages 315-320.

PRAHBU, *et al.* Exposure to atmospheric particulates and associated respirable deposition dose to street vendors at residential and commercial site in Dehradun city. *Safety and Health at Work* (2019), <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2019.01.005>

RAASCHOU-NIELSEN, O. *et al.*, (2013). Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *The Lancet Oncology*, 14(9), 813–822. doi: 10.1016/s1470-2045(13)70279-1

SANTANA, E.; CUNHA, K. B.; FERREIRA, A. L.; ZAMBONI, A. **Padrões de qualidade do ar**. Experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia. Instituto de Energia e Meio Ambiente, São Paulo, 2012.

THACH, T.-Q., *et al.* (2010). Daily visibility and mortality: Assessment of health benefits from improved visibility in Hong Kong. *Environmental Research*, 110(6), 617–623. doi: 10.1016/j.envres.2010.05.005

TORO *et al.* Exploring atmospheric stagnation during a severe particulate matter air pollution episode over complex terrain in Santiago, Chile. *Environmental Pollution*. Volume 244, January 2019, Pages 705-714.

UHEREK, E., *et al.* (2010). Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport. *Atmospheric Environment*, 44(37), 4772–4816. doi: 10.1016/j.atmosenv.2010.01.002

VENTURA, L. M. B. *et al.*, (2017). Chemical composition of fine particles (PM_{2,5}): water-soluble organic fraction and trace metals. **Air Quality, Atmosphere & Health**, 10(7), 845–852. doi: 10.1007/s11869-017-0474-z

WALLINGTON, T. J.; ANDERSON, J. E.; KURTZ, E. M.; TENNISON, P. J. Biofuels, vehicle emissions, and urban air quality. *The Royal Society of Chemistry. Faraday Discuss*, 2016, 189, 121-136p.

WHO. **Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs)** - Bonn: WHO, 2015.

WHO. World Health Organization – Regional Office for Europe. Disponível em: <<https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/policy/who-outdoor-air-quality-guidelines>> acesso em: 16/06/2020.

YAN, Q. *et al.* Maternal serum metabolome and traffic-related air pollution exposure in pregnancy. *Environment International*. Volume 130, September 2019, 104872.

ZHANG *et al.* Particulate matter pollution in Kunshan High-Tech zone: Source apportionment with trace elements, plume evolution and its monitoring. **Journal of Environmental Sciences**. Volume 71, September 2018, Pages 119-126.

CARACTERIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CHAFARIZ, PARAÍBA, BRASIL

José Jerônimo de Souza Nascimento

Bartolomeu Israel de Souza

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Thyago de Almeida Silveira

INTRODUÇÃO

Cerca de 33 % dos solos do mundo estão degradados, devido a processos que causam a erosão, a salinização e a compactação (ABDALLA et al., 2015). O emprego de práticas inadequadas resulta no empobrecimento do solo e na baixa produtividade das culturas, diminuindo o nível socioeconômico da população rural (RAMPIM et al., 2012).

Adequar o uso dos solos se faz necessário para atender as demandas de determinadas atividades, entre elas a agricultura, para isso, é importante utilizar técnicas coerentes com a sua capacidade de uso, proporcionando produtividade sem degradar o solo (PINO et al., 2010; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017; MARINHESKI, 2017).

O sistema de capacidade de uso da terra é uma das melhores metodologias utilizadas para a ocupação racional e ordenada do meio físico, com vistas à conservação dos solos (FLAUZINO et al., 2016). A classificação de terras no sistema de capacidade de uso constitui uma metodologia que envolve um grupamento qualitativo de condições ligadas aos atributos das terras independentemente da localização e características econômicas (LEPSCH et al., 2015).

Nesse sistema, os grupos de capacidade de uso são constituídos com base nos tipos de intensidade de uso das terras. As classes conforme o grau de limitação de uso e as subclasses de acordo com a natureza das limitações de uso. Já as unidades de capacidade de uso, são estabelecidas conforme condições específicas que afetam o uso ou manejo da terra (CUNHA; PINTON, 2012).

O solo é o fator natural fundamental para a classificação da capacidade de uso da terra. Sendo assim, a análise desse sistema vem sendo empregado em diversos estudos, a maioria, realizados em bacias hidrográficas de distintas dimensões (MELO; GUERRA, 2013)

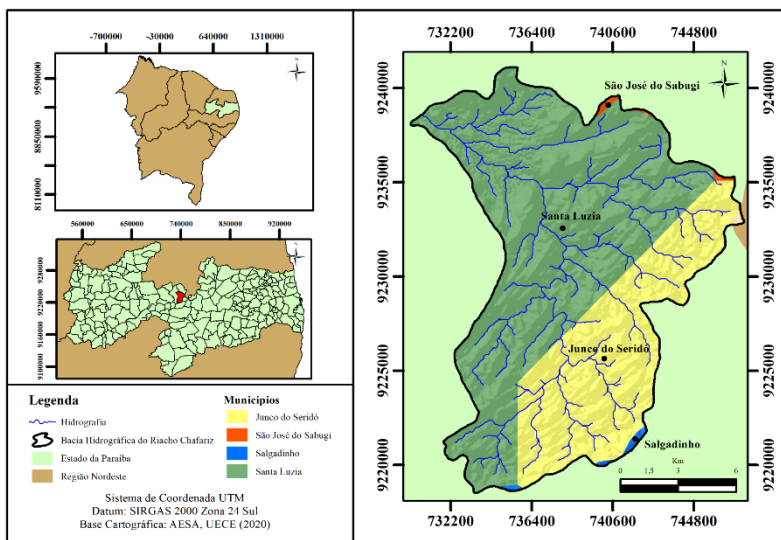
Nesse contexto, o trabalho buscou caracterizar a capacidade de uso da terra da Bacia Hidrográfica do Riacho Chafariz – BHRC, estado da Paraíba. Possibilitando seu monitoramento e propondo ações mitigadoras adequadas. O qual parte da hipótese de que nas últimas décadas, a intensificação do uso do solo tem potencializado a degradação ambiental na referida bacia hidrográfica.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Área de estudo

A BHRC está localizada entre as coordenadas UTM 9.240.000 mE e 732.200 mN e 9.220.000 mE e 744.800 mN. Na mesorregião da Borborema, Estado da Paraíba, com uma área de drenagem de 215,5 Km² (FIGURA 1).

Figura 1. Localização geográfica da BHRC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Inserida na subbacia hidrográfica do Rio Seridó, no baixo curso da bacia hidrográfica dos Rios Piancó-Piranhas-Açu, a BHRC tem uma rede de drenagem formada por riachos com regime intermitente sazonal, com padrão do tipo dendrítico (CPRM, 2005).

O clima predominante é do tipo Semiárido BSh (quente e seco), correspondente à dinâmica da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), característica de áreas de baixas latitudes (KAYANO; ANDREOLI, 2009).

O período chuvoso ocorre entre os meses de janeiro e abril, concentrando 79% das precipitações, com uma precipitação média anual em torno de 547,8 mm. A temperatura do ar possui média anual por volta de 32° C, com médias máximas de 36° C entre os meses de agosto e setembro e médias mínimas de 26° C nos meses de junho e julho (CPRM, 2005).

A vegetação é do tipo Caatinga hiperxerófila com porte arbustivo a arbustivo-arbóreo como as espécies: o marmeleiro (*Croton ssp*) e a jurema (*Mimosa ssp*). Conforme Cordeiro e Oliveira (2010), este tipo de vegetação é característico de regiões com baixos índices pluviométricos e temperaturas elevadas, que potencializa a aridez do solo.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), a BHRC engloba uma população de 30.558 habitantes e conforme o IBGE (2017) comporta um total de 1.449 estabelecimentos agropecuários, distribuídos em quatro municípios (TABELA 1).

Tabela 1– Habitantes e estabelecimentos agropecuários na BHRC.

Municípios	População	Estabelecimentos agropecuários
Junco do Seridó	7.150	432
São José do Sabugi	4.141	296
Salgadinho	3.885	338
Santa Luzia	15.382	383

Fonte: Censos demográfico (2010) e agropecuário (2017). Elaborada pelo autor (2020).

Coleta, processamento e análise de dados

Foram realizados levantamentos de dados bibliográficos em periódicos, livros e legislações específicas; e digitais em distintas instituições. Além da utilização de técnicas de geoprocessamento e visitas em campo para constatações e registros fotográficos.

Todos os procedimentos de geoprocessamento foram realizados a partir de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com o uso do software ArcGIS 10.3. Logo, foi criado um banco de dados e adotado o sistema de coordenadas UTM e o *Datum* SIRGAS-2000, Zona 24 Sul.

Imagem de satélite SRTM, no formato TIFF e resolução espacial de 30 metros.

A declividade foi identificada com base na metodologia da EMBRAPA (1979). Já os tipos de solos, foram obtidos a partir dos dados vetoriais disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba – AESA e conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCs (EMBRAPA, 2018).

Na determinação da capacidade de uso da terra, foram empregadas, com adaptações, as especificações do Levantamento Utilitário e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso da Terra – SCUT (LEPSCH, 2015).

Desse modo, as classes de capacidade de uso da terra para a BHRC foram relacionadas à cada tipo de solo, conforme os níveis categóricos (ordem e subordem) e às classes de declividade da bacia hidrográfica.

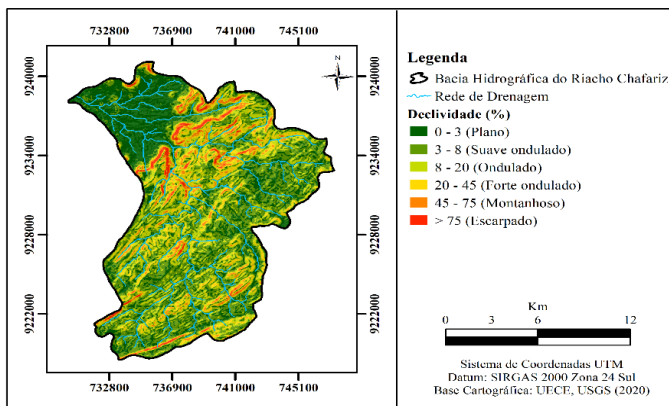
Por fim, a partir da álgebra de mapas, com auxílio da ferramenta *Overlay*, foi realizada a sobreposição dos mapas de solos e declividade. Então, a sobreposição foi reclassificada conforme as características de cada classe de solo e das limitações da declividade, obtendo-se os valores espaciais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A declividade da BHRC demonstra que as classes de com maior representatividade, são: plano (30,6 %), suavemente ondulado (33,4 %) e ondulado (19,2 %). As quais juntas correspondem a 83 % da área da BHRC.

Ressalta-se que essas áreas abrangem partes à Leste e Sudeste da BHRC, correspondente ao território do município de Santa Luzia. Já as áreas de relevo forte ondulado (10,5%), montanhoso (4,6%) e escarpado (1,6%) representam feições geomorfológicas do Planalto da Borborema, ao Sul e Sudeste da BHRC, englobando o território do município de Junco do Seridó (FIGURA 2).

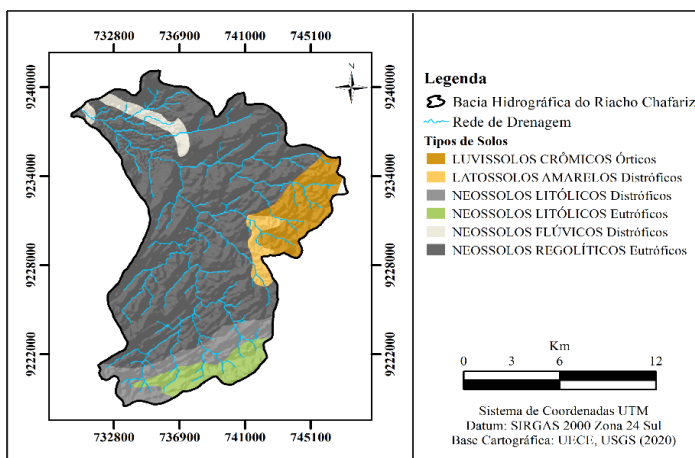
Figura 2. Declividade da BHRC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Figura 3, evidencia os tipos de solos existentes na BHRC, a partir da classificação do SIBICs, em específico, o 3º nível categórico (grandes grupos) de classificação (EMBRAPA, 2018).

Figura 3. Tipos de solos da BHRC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os tipos de solos e suas espacializações na BHRC são: os LUVISSOLOS CRÔMICOS Órticos (TCo) em 9% da área, os LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos (LAd) em 3% e os NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos (RLd) em 11%, os NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos (RLe) em 68%, os NEOSSOLOS FLÚVICOS Distróficos (RYbd) em 3% e os NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Eutróficos (RRe) em 6%.

Foram identificadas seis classes de capacidade de uso das terras na BHRC. A Classe VI é predominante, com 40,9 % da área, seguida da Classe V que abrange 33,5%. Já as Classes VIII e VII representam cerca de 13,5% e 13,2%, respectivamente. E as Classes II com 22,8% e a Classe I com 13,6% (TABELA 2).

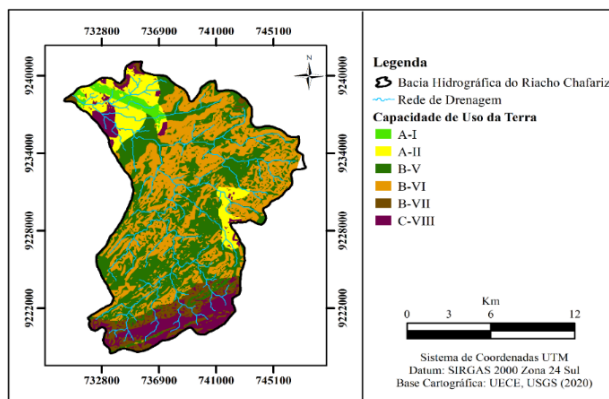
Tabela 2. Área ocupada pelos grupos e suas respectivas classes de capacidade de uso da terra da BHRC.

GRUPOS	CLASSES DE CAPA- CIDADE DE USO	ÁREA (%)	ÁREA (Km²)
DE CAPACIDADE DE USO			
A	I	6,3	13,6
A	II	10,6	22,8
B	V	15,5	33,5
B	VI	40,9	88,1
B	VII	13,2	28,4
C	VIII	13,5	29,1
Total	---	100%	215,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Figura 4 comprova que as terras da BHRC não são aptas para cultivos agrícolas intensivos, pois aproximadamente 70% da área foram classificadas no Grupo B, nas Classes V, VI e VII. Mas, conforme Lepsch (2015) essas áreas podem ser aproveitadas para outras atividades, como pastagens e reflorestamento, porém, com a ressalva de se realizar práticas de manejo e conservação do solo, uma vez que são áreas susceptíveis à degradação, devido as elevadas declividades, e aos solos com pouca profundidade.

Figura 4. Mapa do enquadramento das classes de capacidade de uso da BHRC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

As terras correspondentes à Classe VI, se localizam na porção central com uma área de 40,9% da BHRC. Logo, são terras impróprias para o desenvolvimento de culturas, porque apresentam limitações relacionadas às declividades acentuadas e a ocorrência de Neossolos Litólicos (LEPSCH, 2015) (FIGURA 5).

Figura 5 – Afloramento rochoso em processo de intemperismo, com desagregação de seus minerais formadores, dando origem aos solos Neossolos Litólicos.



Fonte: Acervo fotográfico próprio (2020).

Evidencia-se ainda a Classe VIII, com uma área equivalente a 29%, caracterizada por sua disposição para fins de proteção da flora e armazenamento de água. São terras inapropriadas para diferentes culturas, pastagens ou reflorestamentos (LEPSCH, 2015). De acordo com observações em campo, percebe-se que a área representada no mapa condiz com a realidade observada (FIGURA 6).

Figura 6 – Área com vegetação de Caatinga, com características de proteção, evidenciando-se uma baixa interferência antrópica.



Fonte: Acervo fotográfico próprio (2020).

Apesar de boa parte das terras da BHRC se enquadrarem como impróprias para determinados tipos de cultivos, os resultados apontaram que as Classes I e II, com áreas correspondentes a 6,3% e 10,6%, respectivamente. Estão localizadas na porção Noroeste da bacia, com a presença de solos Neossolos Flúvicos, oriundos de sedimentos aluviais, com significativa profundidade. Assim, a Classe II, que não apresenta ou tem poucas limitações para o uso agrícola, apresentou as terras ocupadas por culturas de subsistência (FIGURAS 6 e 7).

Figura 7 – Área plantada por agricultores familiares com culturas temporárias de milho e feijão, de modo consorciado.



Fonte: Acervo fotográfico próprio (2020).

Figura 8 – Área plantada por agricultores familiares, com certo grau de degradação.



Fonte: Acervo fotográfico próprio (2020).

CONCLUSÃO

A classificação da capacidade de uso das terras da bacia hidrográfica do Riacho Chafariz demonstrou que, de acordo com a declividade do relevo e os tipos de solo, os usos mais propícios são as

pastagens, o reflorestamento e a preservação da flora e fauna silvestre, exceto na porção noroeste.

As áreas identificadas com as Classes I e II consistem nas partes que apresentam maior potencial para usos agrícola na BHRC, uma vez que dispõem de solos Neossolos Flúvicos e declividades baixas, necessitando somente do emprego de práticas de conservação.

Já as áreas mapeadas com a Classe VI necessitam de uma certa atenção quanto às práticas conservacionistas empregadas, especialmente, nas áreas cuja presença de atividades como a mineração que pode contribuir para o aumento de degradação, uma vez que essa classe se enquadra no grau muito severo.

A compreensão desse estudo pode colaborar com futuros planejamentos de uso e ocupação da terra de forma coerente com as características físicas da bacia hidrográfica do Riacho Chafariz.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, M. A. et al. **Status of the world's soil resources: main report.** FAO - The Food and Agriculture Organization of United Nations, 650 p., 2015.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 10ª ed. São Paulo: Ícone, 2017. 355 p.

CORDEIRO, J. M. P.; OLIVEIRA, A. G. **Phytogeographical survey in the caatinga hypoxerophytic – Site canafístula, sertãozinho – paraíba state, brazil.** Okara: Geografia em debate, v.4, n.1-2, p. 54-65, 2010.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de santa luzia, estado da paraíba.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CUNHA, C. M. L.; PINTON, L. G. **Avaliação da capacidade de uso da terra da bacia do córrego do cavalheiro – analândia, sp.** Geociências, v.31, n.3, p. 459-471, 2012.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 4º Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2018. 353p.

EMBRAPA. **Súmula 10 reunião técnica de levantamento de solos.** Rio de Janeiro, RJ: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. 83 p.

FLAUZINO, B. K. et al. **Mapeamento da capacidade de uso da terra como contribuição ao planejamento de uso do solo em subbacia hidrográfica piloto no sul de minas gerais.** Revista Geociências, UNESP. v. 35, n.2, p. 277-287, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados censo demográfico, 2010.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 04 de jan. de 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados censo agropecuário, 2017.** Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017>>. Acesso em 04 de jan. de 2020.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da região nordeste do brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. **Tempo e clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 213-231.

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** 1º. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 171 p.

MARINHESKI, V. **Land use capacity in a representative property in the catchment area of the atalho river, cruz machado - pr (brazil)**. *Espacios*, v. 38, n. 27 p. 1-13, 2017.

MELO, A. C.; GUERRA, H. O. **Análise da capacidade da terra utilizando à fórmula mínima obrigatória no assentamento patativa do assaré no município de patos-pb**. *Acta Geográfica*, v.7, n. 14, p. 55-75, 2013.

PINO, R. et al. **Predicting the potential habitat of oaks with data mining models and ther system**. *Environmental Modelling & Software*, v. 25, n. 7, p. 826-836, 2010.

RAMPIM, L. et al. **Determination of use of land aimed for sustainable management on medium size farm in londrina-pr**. *Bioscience Journal*, v. 28, n. 2, p. 251-264, 2012.

AVALIAÇÃO VOLTAMÉTRICA DE CARBENDAZIM EM ÁGUAS USANDO ELETRODO DE PASTA DE CARBONO

*Maria Clara Rodrigues de Lima
Williame Farias Ribeiro
Flaviana Justino Rolim Severo
Daniel Jackson Estevam da Costa
Mário César Ugulino de Araújo*

INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação com a quantidade e qualidade dos recursos hídricos é temática recorrente na agenda de todos os países (MOLDEN, 2007).

Desde a antiguidade, o uso de substâncias, geralmente empregadas na agricultura com funções de acaricidas, herbicidas, inseticidas e fungicidas, a exemplo dos sistêmicos benzimidazólicos benomil, tiofanato-metílico e carbendazim (CAR, massa molar $192,2 \text{ g mol}^{-1}$), constitui uma estratégia economicamente viável para combater e prevenir plantas daninhas, doenças e pragas em culturas agrícolas (MANISANKAR, VEDHI e SELVANATHAN, 2005a).

No entanto, o uso intensivo dessas substâncias tem causado danos à saúde humana e ao meio ambiente impactando diretamente sob as águas superficiais e subterrâneas, atmosfera, os solos e os alimentos (SPADOTTO, 2006). Em nível mundial, um marco histórico que alertou sobre a gravidade desses impactos ambientais e promoveu a conscientização da comunidade científica foi a publicação do livro *Silent Spring* (CARSON, 2002)

Considerando os fatos apresentados e que o CAR é um poluente de degradação lenta (BOUDINA *et al.*, 2003; GONZÁLEZ DE LA HUEBRA *et al.*, 2000b) e o produto majoritário da degradação de benomil e tiofanato-metílico (GONZÁLEZ DE LA HUEBRA *et al.*, 2000a), o desenvolvimento de métodos e técnicas analíticas exatas e precisas que visem à melhoria na rapidez e sensibilidade para análise *in situ* de teores residuais dessas substâncias em níveis traços, em matrizes aquáticas.

No contexto brasileiro, CAR foi incluído como contaminante prioritário para definição do padrão de potabilidade das águas destinadas ao consumo humano (BRASIL, 2011), uma vez que a contaminação de mananciais destinados ao abastecimento público, sejam de águas superficiais ou subterrâneas, pode afetar a qualidade da água distribuída à população.

O método padrão para análise de CAR é a cromatografia líquida de alta eficiência com detector de arranjo de diodos (NOLLET, 2004). Contudo, as técnicas cromatográficas tornam-se mais dispendiosas (alto consumo de reagentes e equipamentos sofisticados) e requerem um longo tempo nas etapas para preparação das amostras. Assim, faz-se necessário a adoção de técnicas tão sensíveis e seletivas quanto às técnicas cromatográficas, contudo mais rápidas e de baixo custo instrumental e de reagentes sem a necessidade de adoção de etapas de separações prévias (SOUZA, MACHADO, AVACA, 2003), e exemplo das técnicas eletroanalíticas (em destaque a voltametria).

A voltametria abrange um grupo de métodos eletroanalíticos em que as informações sobre a substância de interesse químico baseiam-se na medição da corrente elétrica decorrente de uma reação de oxidação e/ou redução na superfície de um eletrodo de trabalho (em geral, sólidos, líquidos ou quimicamente modificados) durante a aplicação de uma diferença de potencial na célula eletroquímica em função de um eletrodo de referência e um eletrodo auxiliar, que fecha o circuito elétrico (BARD, FAULKNER, 2001; BRETT, BRETT, 1996). O marco inicial, das análises de

resíduos de pesticidas por técnicas eletroanalíticas (em destaque a voltametria) em águas, data da década de 70, por Hance (1970) *apud* Galli *et al.*, (2006).

Métodos voltamétricos (diretos ou com pré-concentração usando as modalidades cíclica ou pulsadas – pulso diferencial e onda quadrada) para determinação de CAR em baixos níveis de concentração (mg L^{-1} a $\mu\text{g L}^{-1}$) empregando diferentes eletrodos sólidos de carbono vítreo (ECV), quimicamente modificados ou não, podem ser encontrados na literatura para estudos de matrizes ambientais e de alimentos, a saber: Piao e Wang (1998), Manisankar *et al* (2002), Manisankar, Vedhi e Selvanathan (2004), Manisankar, Selvanathan e Vedhi (2005b e 2006), Manisankar *et al.*, (2008), Li e Chi (2009), Sundari, Palaniappan e Manisankar (2010), Guo *et al.* (2011), Ribeiro *et al.* (2011), Luo, Wu e Gou (2013) e Yao *et al.* (2014).

A sensibilidade e a reprodutibilidade das medições voltamétricas podem ser comprometidas ao empregar ECV não modificados. Tal complicação pode ser decorrente da dificuldade da renovação superficial desses eletrodos, principalmente devido à adsorção e/ou à baixa solubilidade de produtos de reações de oxidação de compostos na superfície do ECV, que mascaram a resposta analítica do analito de interesse voltamétrico (GARBELLINI, AVACA e SALAZAR-BANDA, 2010). Sendo assim, o desenvolvimento de membranas descartáveis e eletrodos compósitos de pasta de carbono (EPC) apresentaram-se como opções (NASCIMENTO e ANGNES, 1998), visto que estas superfícies são de fácil renovação, apresentam amplo intervalo de potencial de trabalho e baixa corrente de fundo, além da facilidade de preparação com baixo custo de fabricação (ŠVANCARA *et al.*, 2009).

Inúmeras metodologias voltamétricas foram desenvolvidas empregando EPC para a determinação de pesticidas, a exemplo de diquat, metilparation e paraquat, cujas citações podem ser encontradas em importantes trabalhos de revisão publicados por Švancara *et al.*,

(2009) e Zima *et al.*, (2009). O uso destes eletrodos também tem sido encontrado para determinação de CAR em amostras de vinho, maçã e solo (HERNANDEZ *et al.*, 1996), água de rio (ASHRAFI *et al.*, 2012), cana-de-açúcar (YA *et al.*, 2015), água e suco de laranja (ARRUDA, LIMA e CARDOSO, 2016).

Sob outro aspecto, é importante comentar que a inclusão de CAR na legislação brasileira, que define os padrões de potabilidade das águas destinadas ao consumo humano, demandou e ainda demanda adaptações dos prestadores de serviços de águas, públicos ou privados, em âmbito nacional (BRASIL, 2011). Conforme a Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento, esforços são necessários para que a legislação seja cumprida, integralmente, no menor tempo possível, tornando relevante o desenvolvimento de metodologias alternativas simplificadas, com rápida velocidade analítica e de baixo custo operacional.

Por esses motivos, neste capítulo, a eletrooxidação do CAR foi estudada usando um EPC em uma ampla faixa de pH e diferentes técnicas voltamétricas, visando o desenvolvimento de uma metodologia usando a modalidade pulso diferencial para determinação deste fungicida em níveis traço de concentração em amostras de água (consumo humano e de rio).

As variáveis operacionais da voltametria de pulso diferencial (VPD) foram otimizadas empregando planejamentos fatoriais completos do tipo 2^k , onde 2 é o nível de resposta e k é o número de fatores a serem estudados (NETO, SCARMÍNIO e BRUNS, 1996). Esses planejamentos, já empregados com sucesso na otimização das condições experimentais para análise voltamétrica do herbicida glifosato (TEÓFILO *et al.*, 2004), permitem otimizar o sistema com um número reduzido de experimentos quando comparados com os métodos univariados, além de possibilitarem a verificação dos efeitos entre as variáveis de controle nos diferentes níveis de interação (NETO, SCARMÍNIO e BRUNS, 1996).

MATERIAL E MÉTODOS

Reagentes e soluções

CAR (97,0%) e todos os demais reagentes foram adquiridos da Sigma-Aldrich. As soluções aquosas foram preparadas com água deionizada (Milli-Q Plus 18 MΩ cm⁻¹). Soluções estoque de CAR (1 x 10⁻² mol L⁻¹) foram preparadas em ácido sulfúrico 0,1 mol L⁻¹ e diluições posteriores foram realizadas conforme o interesse de análise. Ácido sulfúrico 0,1 mol L⁻¹ (pH 1,0) e solução tampão Britton-Robinson (BR) 0,1 mol L⁻¹ foram usadas como eletrólito de suporte. O tampão BR foi preparado para 1 L de solução mediante a mistura de 2,3 mL de ácido acético glacial, 2,7 mL de ácido fosfórico e 5g de ácido bórico diluídas, segundo os procedimentos adotados por Ensafi, Khayamian e Khaloo (2004). Ajustes de pH com adições de uma solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹, faixa de valores de 1,0 a 13,0, foram feitos através do uso de um medidor de pH (pHmetro 713 da Metrohm).

Equipamentos

Um potenciostato/galvanostato Eco Chemie acoplado a um microcomputador (modelo μAutolab® Tipo II), funcionando no modo potenciostático, foi empregado para a realização das medições voltamétricas. Os ensaios voltamétrico foram conduzidos em uma célula eletroquímica de 3,0 mL equipada com três eletrodos: um eletrodo de referência Ag/AgCl (3,0 mol L⁻¹ – KCl), um fio de platina como eletrodo auxiliar e como eletrodo de trabalho, empregou-se um EPC (φ= 2 mm), confeccionado artesanalmente.

Preparo do eletrodo de trabalho e procedimento de medida

O EPC foi preparado misturando-se em almofariz por cerca de 20 min (até obter uma mistura homogênea) proporções de pó de grafite (75%) e óleo mineral (25%). Uma pequena quantidade de pasta foi introduzida em uma seringa de 1,0 mL e o contato elétrico externo foi feito com uma haste de cobre. O EPC foi polido mecanicamente sob um papel vegetal e lavado cuidadosamente com água deionizada para remover excesso de pasta nas paredes externas da seringa. Eletroquimicamente, o EPC foi condicionado em ácido sulfúrico 0,1 mol L⁻¹ através do registro de 10 ciclovoltagemogramas sucessivos (janela de potencial de -1,2 até 1,5 V), com velocidade de 1,0 V s⁻¹. Repetiu-se o tratamento sempre que a reprodutibilidade do eletrodo era comprometida pela adsorção de CAR ou possíveis produtos de oxidação/redução (eletroativos ou não) na sua superfície.

Para CAR, experimentos de VC foram realizados para avaliar a eletroatividade usando uma velocidade de varredura (v) de 100 mV s⁻¹. Para VPD, utilizou-se uma amplitude de pulso (a) de 25 mV, um tempo de modulação (t_m) de 70 ms, um incremento de potencial (ΔE_s) de 2 mV e v de 5 mV s⁻¹.

As condições de análise por VPD foram otimizadas com planejamentos experimentais para realizar medidas quantitativas de CAR. As variáveis envolvidas foram t_m , a e v . Um planejamento fatorial completo 2³ foi empregado para investigar os efeitos das variáveis sob a máxima resposta voltamétrica (intensidade de corrente de pico) do CAR sobre a superfície do EPC. Os níveis desses fatores foram obtidos através de estudos prévios e estão apresentados na **Tabela 1**. Todos os experimentos voltamétricos foram efetuados de forma aleatória para evitar erros sistemáticos e realizados em temperatura ambiente (298 K). Todos os voltamogramas apresentados são originais, ou seja, não foram submetidos a etapas de pré-processamento.

Tabela 1 – Níveis reais e codificados das variáveis estudadas no planejamento 2³

Variáveis	Nível (-)	Nível (+)
Amplitude de pulso – a , mV	25	50
Tempo de modulação – t_m , ms	5	15
Velocidade de varredura – v , mV s ⁻¹	5	10

Resposta: corrente de pico – I_p , μA

Coletas e preparo de amostras

Foram coletadas amostras de água do rio Paraíba em três pontos distintos (40 cm de profundidade), no município de Cruz do Espírito Santo – PB, região onde se localizam plantações de abacaxi de significativa importância econômica para o estado. As amostras foram submetidas à filtração prévia em papel de filtro para remoção de partículas suspensas.

As amostras de água potável foram coletadas no cavalete de entrada de três residências localizadas nos bairros de Mangabeira, Tambauzinho e Jardim Planalto, geograficamente distribuídas na cidade de João Pessoa – PB, contemplando água distribuída provenientes das duas estações de tratamento de água da cidade (ETA Gramame e ETA Marés), abastecidas por águas dos mananciais rio Gramame e açude Marés. As amostras foram analisadas em triplicatas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

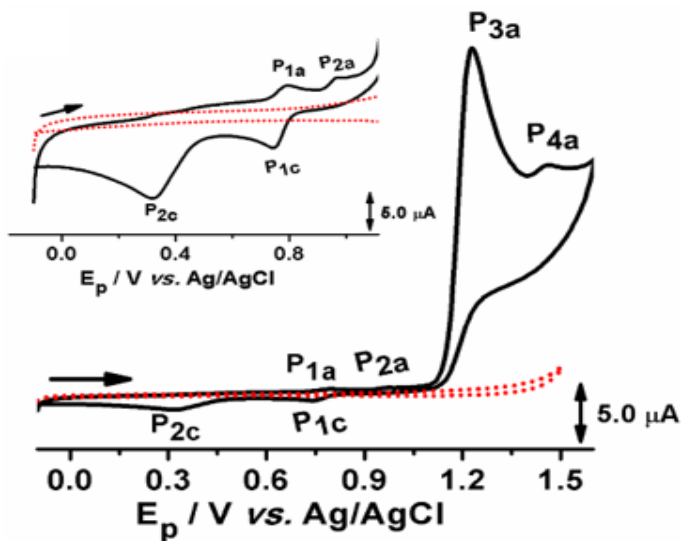
Comportamento eletroquímico do CAR sobre EPC

A oxidação do CAR foi investigada sobre um EPC e um comportamento eletroquímico bastante complexo foi observado para

uma solução 2,0 mmol L⁻¹ em ácido sulfúrico 0,1 mol L⁻¹ usando VC, em uma faixa de potenciais de -0,1 a 1,5 V vs. E_{Ag/AgCl} **Figura 1**.

Na varredura direta de potencial, quatro processos de oxidação (quatro picos anódicos) foram observados em P_{1a} ≈ + 0,80 V, P_{2a} ≈ + 0,97 V, P_{3a} ≈ + 1,19 V e P_{4a} ≈ + 1,45 V, sendo P_{3a} mais sensível para fins analíticos e investigações futuras. Na varredura reversa de potencial, dois processos de redução (dois picos catódicos) são registrados em P_{1c} ≈ + 0,75 V e P_{2c} ≈ + 0,34 V. Processo de eletrodo semelhante foi diagnosticado por Hernandez *et al.*, (1996) usando tampão BR como eletrólito de suporte e eletrodo de grafite modificado com silicone OV-17.

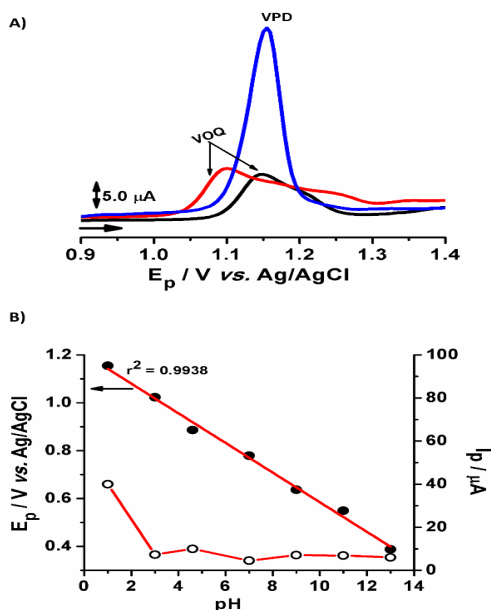
Figura 1 – Voltamogramas cíclicos de uma solução 2,0 mmol L⁻¹ de CAR em ácido sulfúrico 0,1 mol L⁻¹ (pH 1,0) sobre EPC. A) (...) na ausência de MBC e (—) presença de CAR ($v = 100 \text{ mV s}^{-1}$). Inserção: Ampliação dos voltamogramas na faixa de potencial de -0,1 a 0,95 V



Influência do pH sobre a resposta voltamétrica do CAR

Para valores de $1,0 \leq \text{pH} \leq 13$, o potencial de pico P_{3a} exibe uma relação linear com o pH e desloca-se para valores menos positivos em decorrência do aumento de pH, **Figura 2**.

Figura 2 – Relação do E_p e I_p com em função do pH do meio eletrolítico, com dados de ensaios por VPD para uma solução $100 \mu\text{mol L}^{-1}$ de CAR



A corrente de pico apresentou um valor máximo em pH ácido (pH 1,0), sendo este meio mais adequado para monitoramento da oxidação de CAR sobre EPC, por estabelecer uma boa condição de compromisso entre a sensibilidade e a resposta analítica. Condição semelhante foi encontrada por Manisankar, Vedhi e Selvanathan (2004) e Manisankar, Selvanathan e Vedhi (2005b) usando ECV.

Otimização da resposta voltamétrica de CAR

A **Tabela 2** mostra os resultados dos experimentos realizados de forma aleatória e em duplicata autêntica para o planejamento fatorial completo 2^3 . Os resultados obtidos mostraram que as variáveis amplitude de pulso e tempo de modulação apresentaram os maiores efeitos primários sobre a intensidade de corrente: o aumento da primeira corresponde a um maior valor de intensidade de corrente de pico, enquanto o tempo de modulação ocasiona um efeito negativo sobre a resposta analítica, **Tabela 2**.

A variação da velocidade de varredura, na faixa estudada, não produziu variação significativa da intensidade de corrente de pico, para um nível de confiança de 95%. Além disso, o valor médio de intensidade de corrente de pico para o experimento 6 foi calculado em 28,57 mA, superior àqueles obtidos para os demais experimentos, sem comprometimento do perfil voltamétrico. Dessa forma, foram definidas as seguintes condições experimentais para as medidas analíticas: amplitude de pulso de 50 mV, tempo de modulação de 5 ms e velocidade de varredura de 10 mV s⁻¹.

Tabela 2 – Resultados dos experimentos para o planejamento fatorial 2^3 (em duplicata)

*Exp.	Variáveis			I_p (μA)		$I_{p\text{ médio}}$ (μA)	s_i^2 (μA^2)
	a	t_m	v	I_{p1}	I_{p2}		
1	-	-	-	3,70	3,73	3,72	0,0004
2	+	-	-	11,80	11,60	11,70	0,0200
3	-	+	-	1,98	1,97	1,98	0,0001
4	+	+	-	4,72	4,68	4,70	0,0008
5	-	-	+	5,67	5,72	5,70	0,0012
6	+	-	+	28,28	28,85	28,57	0,1625
7	-	+	+	2,15	2,15	2,15	0,0000
8	+	+	+	6,20	6,17	6,19	0,0005
Σ							0,19
s^2 conjunta							0,02
s conjunta (efeito)							0,15
Variância (efeito)							0,01
s (efeito)							0,08
s (efeito) x t_g **							0,18

*Experimento. ** Valor limite para a significância (95%) de um efeito com t_g (coeficiente de Student) = 2,31.

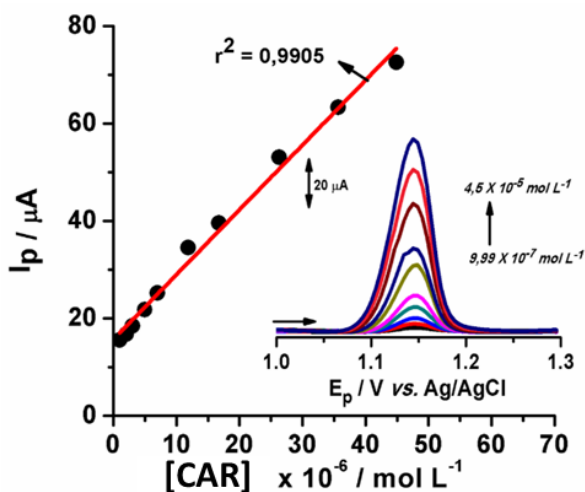
Curva analítica, parâmetros de desempenho analítico e aplicação real

Após a otimização das melhores condições de trabalho para o EPC, medidas voltamétricas foram realizadas para avaliar os parâmetros de desempenho analítico do método. A curva analítica para CAR (**Figura 3**) foi obtida por VPD, nas condições otimizadas no planejamento fatorial, utilizando alíquotas de volume crescente de uma solução de CAR.

Uma relação linear entre a corrente de pico e a concentração foi verificada: $(I_{p3}/\mu\text{A} = 15,7 (\pm 0,9) + 1,3 \times 10^6 (\pm 0,04 \times 10^6) [\text{MBC}]/\text{mol L}^{-1}; R^2 = 0,9905$ for $n = 10$). A precisão do método proposto foi avaliada em termos de repetibilidade e reprodutibilidade e valores aceitáveis de rsd abaixo de 5 % foram encontrados (solução [MBC] $5,5 \times 10^{-6}$ mol L^{-1}). A faixa linear dinâmica obtida foi de $9,9 \times 10^{-7}$ a $4,5 \times 10^{-5}$ mol L^{-1} , com limite de detecção (LD) de $3,9 \times 10^{-7}$ mol L^{-1} ($74,9 \mu\text{g L}^{-1}$), calculado a partir do desvio padrão de 13 medidas de brancos e o coeficiente angular da curva analítica (MOCÁK *et al.*, 1997).

A **Tabela 4** mostra uma comparação dos LD alcançados por outros estudos que empregaram EPC para análise de CAR em amostras de água. O LD alcançado no presente trabalho é comparável ao obtido por Ashrafi *et al.*, (2012) e cerca de sete vezes superior ao obtido por Manisankar, Selvanathan, Vedhi (2006), com a ressalva de que estes autores realizaram uma modificação química ao eletrodo, o que possivelmente contribuiu com a baixa significativa no LD.

Figura 3 – Curva analítica para análise de CAR por VPD usando EPC. Inserção de voltamogramas de pulso diferencial para CAR obtidos pelo método de adição de padrão.



Um LD da ordem de 70 vezes maior que o obtido por Arruda, Lima, Cardoso (2016) foi também observado. Esses autores realizaram seus estudos em meio tamponada em pH 4,0 (pH igual a 1,0 em nosso estudo) e os voltamogramas foram registrados a uma velocidade de varredura de 20 mV s⁻¹ (o dobro da usada no nosso estudo) e amplitude de pulso de 200 mV (4 vezes maior que a usada em nosso estudo). Ambos os parâmetros operacionais da técnica VPD contribuem significativamente com o aumento da sensibilidade analítica, fato este que pode ter contribuído com o LD alcançado por Arruda, Lima, Cardoso (2016). Resultados semelhantes talvez possam ser obtidos se no nosso estudo fossem aplicadas as condições usadas por Arruda, Lima, Cardoso (2016).

Tabela 4 – Métodos eletroanalíticos empregando EPC e VPD para quantificação de CAR em amostras de água

LD, (µg L ⁻¹)	Amostra	Referência
9,94	Água	(MANISANKAR, SELVA-NATHAN, VEDHI, 2006)
57,36	Água de rio	(ASHRAFI <i>et al.</i> , 2012)
0,96	Água de rio	(ARRUDA, LIMA, CARDOSO, 2016)
74,9	Água de rio e potável	Este trabalho

^aLD = limite de detecção do método

O método foi aplicado para a avaliação de CAR em duas amostras de água de rio e três de água potável, com os experimentos analisados em triplicata.

O método não detectou contaminação por CAR em nenhuma das amostras, pois possivelmente os teores deste contaminante nas amostras analisadas ficaram abaixo do limite de detecção do método.

Resultados semelhantes foram também observados por Arruda, Lima e Cardoso (2016), ao empregar metodologias voltamétricas associadas ao uso de EPC, como detector eletroanalítico, para determinação de CAR (em baixas concentrações) por VPD em 60 amostras de água de rio coletadas durante 6 meses.

CONCLUSÃO

A simplicidade, rapidez de análises e baixos custos de aquisição e operação do instrumento, além da versatilidade de confecção desse tipo de eletrodo no próprio laboratório, constituem a grande vantagem do método. Ainda, o procedimento proposto não requer qualquer tipo de preparação prévia das amostras, o que viabiliza análises *in loco*, uma vez que equipamentos portáteis estão comercialmente disponíveis. Por fim, os resultados aqui obtidos evidenciam estudos futuros promissores envolvendo eletrodos de pasta de carbono modificados, visando limites de detecção ainda menores para a determinação de CAR em alimentos, em águas superficiais, subterrâneas e, conseqüentemente, em águas destinadas ao consumo humano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte recebido do CNPq, CAPES e INCTAA.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, G. J.; LIMA, F. D.; CARDOSO, C. A. L. Ultrasensitive determination of carbendazim in water and orange juice using a carbon paste electrode. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 51, n. 8, p. 534–539, 2016.

ASHRAFI, A. M.; ĐORĐEVIĆ, J.; GUZSVÁNY, V.; ŠVANCARA, I.; TRTIĆ-PETROVIĆ, T.; PURENOVIĆ, M.; VYTRÁS, K. Trace Determination of Carbendazim Fungicide Using Adsorptive Stripping Voltammetry with a Carbon Paste Electrode Containing Tricresyl Phosphate. **Int. J. Electrochem. Sci.**, v. 7, p. 9717–9731, 2012.

BARD, A. J.; FAULKNER, L. R. **Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, INC, 2001.

BOUDINA, A.; EMMELIN, C.; BAALIOUAMER, U.; GRENIER-LOUSTALOT, M.; CHOVELON, J. M. Photochemical behaviour of carbendazim in aqueous solution. **Chemosphere**, v. 50, n. 5, p. 649–655, 2003.

BRASIL. PORTARIA No 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011. 12 dez. 2011.

BRETT, A. M. O.; BRETT, C. M. A. **Electroquímica: Princípios, Métodos e Aplicações**. Edição: 1 ed. Coimbra: Almedina, 1996.

CARSON, R. (1962). **Silent Spring**. Boston, MA: Houghton Mifflin, 2002.

ENSAFI, A. A.; KHAYAMIAN, T.; KHALOO, S. S. Application of adsorptive cathodic differential pulse stripping method for simultaneous determination of copper and molybdenum using pyrogallol red. **Analytica Chimica Acta**, v. 505, n. 2, p. 201–207, 2004.

GALLI, A.; SOUZA, D. de; GARBELINNI, G. S.; COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H.; AVACA, L. A.; MACHADO, S. A. S. Utilização de técnicas eletroanalíticas na determinação de pesticidas em alimentos. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 105–112, 2006.

GARBELLINI, G. S.; AVACA, L. A.; SALAZAR-BANDA, G. R. Potencialidades do uso de ultrassom na determinação do pesticida

carbaril empregando eletrodos de diamante. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2261–2265, 2010.

GONZÁLEZ DE LA HUEBRA, M. J.; HERNÁNDEZ, P.; NIETO, O.; BALLESTEROS, Y.; HERNÁNDEZ, L. Determination of carbendazim in soil samples by anodic stripping voltammetry using a carbon fiber ultramicroelectrode. **Fresenius' Journal of Analytical Chemistry**, v. 367, n. 5, p. 474–478, 2000a.

GONZÁLEZ DE LA HUEBRA, M. J.; HERNÁNDEZ, P.; BALLESTEROS, Y.; HERNÁNDEZ, L. Rapid identification of carbendazim and linuron by adsorptive stripping on a carbon fiber ultramicroelectrode. **Fresenius' Journal of Analytical Chemistry**, v. 368, n. 8, p. 853–856, 2000b.

GUO, Y.; GUO, S.; LI, J.; WANG, E.; DONG, S. Cyclodextrin–graphene hybrid nanosheets as enhanced sensing platform for ultrasensitive determination of carbendazim. **Talanta**, v. 84, n. 1, p. 60–64, 2011.

HERNANDEZ, P.; BALLESTEROS, Y.; GALAN, F.; HERNANDEZ, L. Determination of carbendazim with a graphite electrode modified with silicone OV-17. **Electroanalysis**, v. 8, n. 10, p. 941–946, 1996.

LI, J.; CHI, Y. Determination of carbendazim with multiwalled carbon nanotubes-polymeric methyl red film modified electrode. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 93, n. 3, p. 101–104, 1 2009.

LUO, S.; WU, Y.; GOU, H. A voltammetric sensor based on GO–MWNTs hybrid nanomaterial-modified electrode for determination of carbendazim in soil and water samples. **Ionics**, v. 19, n. 4, p. 673–680, 2013.

MANISANKAR, P.; SELVANATHAN, G.; VISWANATHAN, S.; PRABU, H. G. Electrochemical Determination of Some Organic Pollutants Using Wall-Jet Electrode. **Electroanalysis**, v. 14, n. 24, p. 1722–1727, 2002.

MANISANKAR, P.; SUNDARI P. L. A.; SASIKUMAR, R.; PALANIAPPAN, S. P. Electroanalysis of some common pesticides using conducting polymer/multiwalled carbon nanotubes modified glassy carbon electrode. **Talanta**, v. 76, n. 5, p. 1022–1028, 2008.

MANISANKAR, P.; SELVANATHAN, G.; VEDHI, C. Utilisation of polypyrrole modified electrode for the determination of pesticides. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 85, n. 6, p. 409–422, 2005a.

MANISANKAR, P.; SELVANATHAN, G.; VEDHI, C. Utilization of sodium montmorillonite clay-modified electrode for the determination of isoproturon and carbendazim in soil and water samples. **Applied Clay Science**, v. 29, n. 3, p. 249–257, 2005b.

MANISANKAR, P.; SELVANATHAN, G.; VEDHI, C. Determination of pesticides using heteropolyacid montmorillonite clay-modified electrode with surfactant. **Talanta**, v. 68, n. 3, p. 686–692, 2006.

MANISANKAR, P.; VEDHI, C.; SELVANATHAN, G. Electrochemical studies of carbendazim. Bulletin of Electrochemistry. **Bulletin of Electrochemistry**, v. 20, p. 81–86, 2004.

MOCÁK, J.; BOND, A. M.; MITCHELL, S.; SCOLLARY, G. A statistical overview of standard (IUPAC and ACS) and new procedures for determining the limits of detection and quantification: Application to voltammetric and stripping techniques (Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 297–328, 1997.

MOLDEN, D. (ED.). **Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture**. London ; Sterling, VA: Earthscan, 2007.

NASCIMENTO, V. B.; ANGNES, L. Eletrodos fabricados por “silk-screen”. **Química Nova**, v. 21, n. 5, p. 614–629, 1998.

NETO, B. B.; SCARMINIO, I. E.; BRUNS, R. E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. 2. ed. Campinas-SP: Editora da Unicamp, 1996.

NOLLET, L. M. L. **Handbook of Food Analysis, Physical Characterization and Nutrient Analysis**. 2. ed. v. 2. New York, NY: CRC Press, 2004.

PIAO, Y. Z.; WANG, G. F. The Electrochemical Behavior and the Determination of Bavistin on Glassy Carbon Electrode. **Chinese Chemical Letters**, n. 8, p. 747–748, 1998.

RIBEIRO, W. F.; SELVA, T. M. G.; LOPES, I. C.; COELHO, E. C. S.; LEMOS, S. G.; ABREU, F. C de; NASCIMENTO, V. B. do; ARAÚJO, M. C. U. Electroanalytical determination of carbendazim by square wave adsorptive stripping voltammetry with a multiwalled carbon nanotubes modified electrode. **Analytical Methods**, v. 3, n. 5, p. 1202–1206, 2011.

SOUZA, D. DE; MACHADO, S. A. S.; AVACA, L. A. Voltametria de onda quadrada. Primeira parte: aspectos teóricos. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 81–89, 2003.

SPADOTTO, C. A. ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE AGROTÓXICOS. **Revista do Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar**, p. 9, 10 maio 2006.

SUNDARI, P. A.; PALANIAPPAN, S.; MANISANKAR, P. Enhanced Sensing of Carbendazim, a Fungicide on Functionalized Multiwalled Carbon Nanotube Modified Glassy Carbon Electrode and Its Determination in Real Samples. **Analytical Letters**, v. 43, n. 9, p. 1457–1470, 2010.

ŠVANCARA, I.; WALCARIUS, A.; KALCHER, K.; VYTRÁS, K. Carbon paste electrodes in the new millennium. **Central European Journal of Chemistry**, v. 7, n. 4, p. 598–656, 2009.

TEÓFILO, R. F.; REIS, E. L.; REIS, C.; SILVA, G. A. da; KUBOTA, L. T. Experimental design employed to square wave voltammetry response optimization for the glyphosate determination. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 15, n. 6, p. 865–871, 2004.

YA, Y.; WANG, T.; XIE, L.; ZHU, J.; TANG, L.; NING, D.; YAN, F. Highly sensitive electrochemical sensor based on pyrrolidinium ionic liquid modified ordered mesoporous carbon paste electrode for determination of carbendazim. **Analytical Methods**, v. 7, n. 4, p. 1493–1498, 2015.

YAO, Y.; WEN, Y.; ZHANG, I.; WANG, Z.; ZHANG, H.; XU, J. Electrochemical recognition and trace-level detection of bactericide carbendazim using carboxylic group functionalized poly(3,4-ethylenedioxythiophene) mimic electrode. **Analytica Chimica Acta**, v. 831, p. 38–49, 2014.

ZIMA, J.; ŠVANCARA, I.; BAREK, J.; VYTRÁS, K. Recent Advances in Electroanalysis of Organic Compounds at Carbon Paste Electrodes. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 39, n. 3, p. 204–227, 2009.

A INTER-RELAÇÃO DO “MARCO DE SENDAI PARA A REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES 2015-2030” COM OS “OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL” E O “RELATÓRIO 1,5 °C DO IPCC”, NO CONTEXTO DA REDUÇÃO DE RISCO A DESASTRES (RRD)

Amanda Alves Queiroga

Maiane Barbalho da Luz

Randolpho Savio de Araújo Marinho

Hamilcar José Almeida Filgueira

INTRODUÇÃO

Os impactos negativos oriundos das mudanças climáticas tem sido um grande entrave na busca pelo desenvolvimento sustentável. Países das mais diversas partes do planeta têm direcionado seus esforços para a mitigação dessas consequências adversas, com o intuito de que as perdas e danos provocados sejam os menores possíveis.

Os desastres relacionados com fenômenos naturais são um dos protagonistas nesse cenário, contribuindo para infortúnios em todos os setores da sociedade e interferindo nas áreas econômicas, sociais e ambientais. Segundo Cohen e Werker (2008), desde o ano de 1900, se tem registrado que mais de 62 milhões de pessoas faleceram no mundo devido a ocorrência de desastres, número esse bem maior do que a quantidade de pessoas mortas nas duas grandes guerras mundiais.

O relatório do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)*, publicado em 2019, mostrou que no ano de 2018 ocorreram 315 eventos de desastres relacionados com fenômenos naturais, com 11.804

mortes, mais de 68 milhões de pessoas afetadas e US\$131.7 bilhões em perdas econômicas ao redor do mundo (CRED, 2019).

Ainda em relação ao impacto econômico, o relatório *“Weather, climate & catastrophe insight: 2019 Annual Report”*, elaborado pela corretora multinacional AON Benfield, considerou o período de 2010 a 2019 como “a década mais cara do mundo”. Os dez anos apresentaram o maior valor em perdas diretas relacionadas aos desastres, somando US\$ 98 trilhões, US\$ 1 trilhão a mais do que a última década. Só no ano de 2019, as perdas causadas por desastres relacionados com fenômenos naturais chegaram a US\$ 232 bilhões (AON, 2019).

Os indivíduos têm buscado com o passar dos anos não só a prevenção de desastres, mas também a adaptação aos tais, tendo em vista que dependendo da região e de um conjunto de fatores, eles podem ser recorrentes ou ocasionais. Sabendo da magnitude e intensidade desses eventos, diversos setores têm se organizado visando reduzir os impactos causados pelos desastres, sendo o seu principal objetivo, a preservação da vida.

A cultura prevencionista tem se instalado pouco a pouco nas legislações e ações dos países. Contudo, de maneira mais presente ainda está a fase “pós desastre”, onde são gastos muitos recursos e não havendo uma boa gestão, a recuperação desses locais impactados não ocorrerá com o sucesso devido. Ou seja, não haverá desenvolvimento após o desastre, deixando os indivíduos sujeitos aos mesmos entraves existentes antes da ocorrência do evento adverso.

Com essa conjuntura de caos é que diversas entidades têm se formado e se estruturado, evidenciado sua preocupação e buscando mecanismos de reverter ou de melhorar a situação planetária. Para a tomada de qualquer tipo de decisão se fazem necessários estudos que contemplem a situação atual, os acontecimentos do passado e os possíveis cenários futuros.

Três importantes documentos foram elaborados recentemente elencando temas importantes da atualidade: a “Agenda 2030, contendo

os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”; o “Marco de Ação de Sendai (2015-2030) para a Redução de Riscos de Desastres”; e o “Relatório do IPCC - Aquecimento Global de 1,5 °C”. É possível identificar muitos pontos que convergem entre os três, o que será visto ao longo do capítulo, mas antes, é necessário entender alguns conceitos norteadores.

RISCO E VULNERABILIDADE

Risco de desastre pode ser caracterizado como sendo “a magnitude provável de dano de um ecossistema específico, em um período determinado, ante a presença de uma atividade específica com um potencial perigoso” (VARGAS, 2002, p. 15). É constituído por dois elementos: a vulnerabilidade e a ameaça.

A ameaça pode ser conceituada como a probabilidade de um evento físico adverso venha a ocorrer com certa intensidade em determinado lugar, durante um período específico de exposição (CARDONA, 2003). Não há como controlar uma ameaça, muito menos prever ao certo as perdas causadas por ela, mas é possível reduzir a vulnerabilidade da população que poderá ser afetada. Trata-se do fator externo do risco de desastre (CARDONA, 2001).

De acordo com UNISDR (2009, p. 30) a vulnerabilidade é definida como “as características e circunstâncias de uma comunidade, sistema ou bens que o tornam suscetível aos efeitos prejudiciais de uma ameaça”. A vulnerabilidade envolve diversos aspectos que podem interferir na exposição, na suscetibilidade ou sensibilidade e na capacidade adaptativa do ser humano aos perigos. É o fator interno do risco de desastre (CARDONA, 2001).

A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES (GRD) NO BRASIL

Em um levantamento encomendado pelo Ministério da Integração Nacional, que resultou no “Atlas Brasileiro de Desastres

Naturais: 1991 a 2012” (UFSC, 2013), o Brasil foi afetado por mais de 30 mil desastres relacionados com fenômenos ditos naturais entre 1991 e 2012, o que reflete uma média de 1.363 desastres por ano. Esse documento mostrou que, nesse período ocorreram 31.909 desastres no país, sendo 73% desses entre 2002 e 2012. O ano em que mais aconteceram desastres foi 2009, com 10% dos registros – ou cerca de 3.000. Segundo o Atlas, as tipologias mais recorrentes no Brasil são as inundações bruscas, alagamentos e estiagens e secas.

De acordo com EM-DAT (2013), dos 10 maiores desastres relacionados com fenômenos naturais ocorridos no Brasil, ocorridos entre 1900 e 2013 e com vítimas fatais, oito estão associados às precipitações pluviométricas. Dentre esses estão às enchentes e movimentos de massa ocorridos em Santa Catarina em 2008, as chuvas extremas na região litorânea da divisa dos estados de Alagoas e Pernambuco em 2010 e os movimentos de massa e as inundações que aconteceram na Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011. As consequências mais graves foram sentidas, principalmente pela população de baixa renda, que habitavam as áreas de encostas, margens de rios e outras regiões propensas a risco de desastres relacionados a eventos pluviométricos extremos.

No que se refere à prevenção, o Brasil ainda apresenta dificuldades, pois ainda existe um grande déficit em investimentos em políticas públicas para a habitação, mobilidade urbana e saneamento. Isso contribui para que um grande contingente populacional venha a ocupar, de forma irregular, áreas inadequadas. Por exemplo, segundo UFSC (2013) cerca de 800 mil famílias residiam em locais suscetíveis a desastres relacionados com fenômenos naturais nas regiões Sul e Sudeste do país.

No sentido do enfrentamento do problema dos desastres relacionados com fenômenos naturais no Brasil, a partir dos anos de 2010 o governo federal procurou investir mais na temáticas dos desastres, como na ativação do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres

(CENAD), órgão vinculado ao Ministério da Integração Nacional, hoje Ministério do Desenvolvimento Regional, e na criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

O CEMADEN foi criado com o intuito de monitorar as regiões brasileiras quanto ao risco de desastres relacionados com fenômenos naturais, para proporcionar a redução e/ou minimização dos impactos socioambientais e econômicos. A partir de dezembro de 2011, quando começou a funcionar, por exemplo, a instituição emitiu 880 alertas, sendo 18 em 2011, 253 em 2012 e 609 ainda no curso do ano de 2013. Esses alertas são enviados para o CENAD, que é o órgão responsável para comunicar as defesas civis municipais e estaduais, do risco de desastres relacionados com fenômenos pluviométricos extremos, como alagamento, inundação e movimento de massa úmida (BRASIL, 2013).

As iniciativas do governo federal, tais como a promulgação da Lei Nº 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, e o fortalecimento de órgãos públicos para o apoio de ações voltadas para a gestão de risco a desastres (GRD), ainda não estão sendo eficientes e eficazes para a redução de risco de desastres (RRD) em todo o território brasileiro. Pouco foi avançado no tocante de impedir o principal fator causador dos desastres, principalmente nas zonas urbanas: a ocupação indevida de áreas propensas a riscos, como os sopés e encostas de morros e planícies de inundação de córregos, riachos e rios. Sendo assim, se não forem tomadas medidas drásticas para coibir a ocupação dessas áreas, a tendência é o aumento da ocorrência dos desastres, tanto em magnitude quanto em frequência, trazendo transtornos sociais, econômicos, ambientais e de saúde pública, muitas vezes com vítimas fatais.

REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES (RRD)

Mesmo os desastres estando presentes nas nações por muitos anos, as ações que visam a RRD têm caminhado a passos relativamente

lentos. Algum marco conceitual surgiu com o objetivo de minimizar os impactos causados pelos desastres, os quais tem uma boa aceitação nos países e serão comentados posteriormente.

Sabendo do impacto negativo que pode causar um desastre na economia, no meio social e no meio ambiente, os esforços dos países devem ser voltados a RRD.

Já o conceito de RRD pode ser entendido de acordo com UNISDR (2009, p.27) como:

Conceito e a prática de reduzir risco de desastre através de esforços sistemáticos voltados à análise e gestão dos fatores causais dos desastres, que inclui a redução do grau de exposição à ameaça, diminuição da vulnerabilidade da população e da propriedade, manejo sensível do solo e meio ambiente, e a melhoria do preparo para eventos adversos.

Outro quesito imprescindível na temática da redução dos desastres é sua relação com a cultura local. Segundo Sulaiman e Jacobi (2018) a forma que a população desenvolve suas atividades comuns e também como reagem a um desastre, é reflexo da cultura que pode diferir em todas as regiões geográficas. Ainda de acordo com os autores supracitados, a cultura prevencionista pode se dividir em memória cultural, subcultura preventiva, cultura da cidade, cultura de segurança e cultura institucional.

No contexto da cultura institucional há órgãos, como o Corpo de Bombeiros Militar e as coordenadorias municipais e estaduais de proteção e defesa civil, que têm profissionais que lidam diretamente quando o assunto é desastre e devem estar totalmente habilitados para resolver toda e qualquer situação. Essa capacitação deve ser vista como um investimento dado com o intuito de contribuir com a Redução dos Desastres, sendo um viés de cunho prevencionista que colabora com o desenvolvimento sustentável.

A AGENDA 2030 E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

O reconhecimento internacional da importância do desenvolvimento sustentável para o crescimento e desenvolvimento das nações concretizou-se em 2015, na instituição pela Organização das Nações Unidas (ONU) do documento “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” (ONU, 2015). A iniciativa busca avançar nas três dimensões do desenvolvimento sustentável – social, econômica e ambiental – propondo modelos de desenvolvimento nos quais “ninguém fique para trás” (ONU, 2015).

A Agenda 2030, formulada a partir da experiência com os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), vigentes entre 2000 e 2015, avança em diversos sentidos, inclusive na quantidade de objetivos propostos e na diversidade de áreas temáticas de que trata. Os objetivos e metas são mais ambiciosos e arrojados que os anteriores, além de serem integrados entre si, devendo ser alcançados até o ano de 2030 (ONU, 2015).

A proposta da Agenda 2030 é ser “um plano de ação para pessoas, para o planeta e para a prosperidade” (ONU, 2015, p. 1), incentivando as nações na busca de ações para o desenvolvimento sustentável. Assim, são propostos os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que elencam 169 metas universais, cujo avanço é monitorado por 232 indicadores globais. Por exigir um planejamento de longo prazo para atingimento dos Objetivos, a Agenda 2030 deve perpassar diferentes governos que se sucederem, devendo se refletir nos planejamentos governamentais dos próximos quinze anos, influenciando planejamentos de médio e longo prazo.

O documento foi formulado para dar conta de múltiplas realidades nacionais, de países desenvolvidos e em desenvolvimento. Reconhece que os países enfrentam problemas em intensidades distintas, e prevê adaptação das metas e indicadores às realidades

nacionais. Além disso, aponta que há indisponibilidade de dados para determinadas metas e que a coleta de dados deve ser aperfeiçoada para monitoramento dos progressos obtidos (ONU, 2015, p. 17).

O governo brasileiro iniciou as atividades de implementação da Agenda 2030. Foi instituída pelo Decreto Nº 8.892, de 27 de outubro de 2016, a Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que tem na sua composição representantes das três esferas de governo e da sociedade civil, e tem como competências, conforme o artigo 2º da referida lei, a elaboração de Plano de Ação para implementação da Agenda, propor estratégias para sua implantação e monitorar seus avanços, dentre outras. A partir da instituição da Comissão, outras ações estão em curso para a implementação dos ODS (BRASIL, 2017).

Para o cumprimento da Agenda 2030, foi proposto um acompanhamento sistemático, voluntário e liderado pelos países para o monitoramento do progresso dos objetivos e metas, de forma a garantir a prestação de contas à sociedade, além de promover a cooperação internacional e a disseminação de boas práticas entre os países. Com orientação de longo prazo, o monitoramento possibilitaria o acompanhamento dos resultados alcançados, dos desafios e dificuldades enfrentadas, além de subsidiar tomadas de decisão (ONU, 2015, p. 44).

O grande destaque dado à dimensão social pela Agenda, que elenca a erradicação da extrema pobreza como o maior desafio global, e aponta a desigualdade como impeditivo ao desenvolvimento, se relaciona com o contexto brasileiro, que enfrenta graves problemas relacionados à desigualdade (AZEVEDO, 2018).

MARCO DE SENDAI (2015-2030)

No ano de 2015, na cidade japonesa de Sendai, foi realizada a Terceira Conferência Mundial da ONU para a Redução de Riscos e Desastres, cujo evento reuniu representantes de 187 Estados que

adotaram a Declaração de Sendai e o Marco para a Redução de Riscos de Desastres 2015-2030. Esse marco tem como principal objetivo a redução significativa de mortes e prejuízos econômicos, físicos, sociais, ambientais e culturais de pessoas, empresas, comunidades e países, ocasionados por desastres naturais até o ano de 2030. O meio pelo qual esse acordo foi fundamentado se baseia no aprimoramento das ações de planejamento e fortalecimento das comunidades para torná-las mais resilientes contra os efeitos danosos dos desastres (AZEVEDO, 2018).

O Marco para Redução de Riscos de Desastres 2015-2030 é a consequência de uma série de negociações que iniciaram em março de 2012 e se encerraram em 18 de março 2015 durante a Conferência Mundial para a RRD em Sendai (Japão). Mesmo que a estrutura tenha sido aprovada no período relatado, era indispensável que um grupo de trabalho intergovernamental e de peritos, coordenado pelo *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR), que trabalhou em mais dois quesitos que ficaram pendentes em Sendai: 1) indicadores globais para medir o progresso na consecução do 2) atualizar a terminologia da ONU sobre RRD (NAÇÕES UNIDAS, 2016).

O comprometimento e o engajamento político das nações participantes se tornam essenciais para alcançar as metas estabelecidas. Dentre as estratégias definidas, quatro foram priorizadas: compreender os riscos de desastres, reforçar o gerenciamento dos riscos, aumentar o investimento na redução dos riscos e na resiliência, e intensificar as ações de prevenção a desastres dando respostas mais eficazes por meio de medidas econômicas, estruturais, sociais, tecnológicas, políticas e institucionais de forma integrada (UNISDR, 2015).

Apesar de a responsabilidade geral recair sobre os Estados-membros do tratado, ela deve ser compartilhada entre os governos e demais partes interessadas, sendo elas públicas ou privadas, atuando como facilitadores na aplicação do marco em seus diversos níveis. Para tanto, serão fundamentais o empenho, engajamento, conhecimento, recursos e experiência por essas partes interessadas. Sociedade civil

organizada, voluntários, representações comunitárias, organizações não-governamentais devem ser partícipes na elaboração normativas das ações e de planos para a RRD, tornando as comunidades cada vez mais resilientes, e capazes de implementar planos e estratégias de mitigação dos danos em casos de desastres (ARRIAL, 2017).

RELATÓRIO DO IPCC - AQUECIMENTO GLOBAL DE 1,5 °C

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), em português “Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas”, é um órgão internacional que avalia a ciência relacionada às mudanças climáticas. Esse Painel foi criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Tem o intuito de fornecer aos formuladores de políticas informações sobre as “mudanças climáticas, seus impactos, riscos futuros e opções para adaptação e mitigação” (IPCC, 2013).

O relatório intitulado em português “Aquecimento Global de 1,5 °C” é um documento que expõe os impactos do aquecimento global de 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais, no sentido do fortalecimento da resposta global frente à ameaça das mudanças climáticas. O referido Relatório foi fruto da resposta do convite do IPCC feito em 2016, na 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima para adoção do Acordo de Paris.

Segundo o IPCC, é provável que o aquecimento global atinja 1,5 °C entre 2030 e 2052 caso continue a aumentar o ritmo anual. O referido relatório conta com uma gama de impactos negativos que poderão ser enfrentados mediante essa alteração climática, como o aumento do nível dos oceanos (e os impactos associados a isto); aumento da temperatura média; ocorrência de chuvas intensas; aumento de secas e déficits de chuvas em algumas regiões; perda e extinção de espécies; aumento da acidez nos oceanos e diminuição de oxigênio dos mesmos; e aumento de riscos associados ao clima para a saúde, meios de subsistência, segurança

alimentar, abastecimento de água, segurança humana e crescimento econômico (BRASIL, 2019).

O documento ainda enfoca que os riscos associados à mudança climática serão diferentes dependendo da localização geográfica, níveis de desenvolvimento, vulnerabilidade e escolhas da implementação de opções de adaptação e mitigação. Esse documento também aponta que existem várias opções de adaptação voltadas para a redução dos riscos relacionados com as mudanças climáticas.

A INTER-RELAÇÃO ENTRE A AGENDA 2030, O MARCO DE AÇÃO DE SENDAI E O RELATÓRIO DO IPCC E A RRD

Notando a urgência e a importância dessa temática, a RRD tem sido integrada nas políticas nas nações, bem como em instrumentos e marcos internacionais, tendo em vista que é um assunto transversal e que deve estar presente em todos os departamentos e áreas do saber. Quando bem aplicada e administrada, ela pode trazer desenvolvimento regional, alcançando seu principal objetivo que é a preservação da vida, como é o caso do Chile, que tem aperfeiçoado com o passar dos anos seus instrumentos de RRD.

Um dos temas mais comentados na temática da RRD são as mudanças climáticas. As mudanças climáticas agravam alguns perigos, que por sua vez contribuem para os desastres. A alteração do clima aumentará a incidência de eventos extremos, o que é um dos fatores que compõem o risco e o fator externo, que é a ameaça. A ameaça quando associada a condições de vulnerabilidade, aumenta o risco a desastres.

Outro fator importante que vale a pena ressaltar no contexto da RRD é a participação popular nesse processo. É importante que o Estado esteja articulado com a população a qual ele quer atingir, sendo imprescindível que a população esteja ciente das ações que estão sendo planejadas, e que possua voz com o intuito de que haja

sucesso na implantação de medidas preventivas e que buscam o desenvolvimento da nação.

O cenário mundial com relação a ocorrência de desastres que tem influência das alterações climáticas é preocupante. Por isso, é importante avaliar os estudos que trazem consigo a evolução da situação planetária, bem como possíveis cenários nas diversas formas de consumo e suas consequências ambientais, sociais e econômicas.

O relatório do IPCC traz consigo a comparação do risco que traria um aumento de 1,5 °C na temperatura e do que acompanharia uma elevação de 2 °C, onde os riscos futuros dependerão do ritmo, pico e duração do aquecimento. O risco é tão importante nesse contexto que o relatório dedica um tópico que o inclui, intitulado “Mudanças Climáticas Projetadas, Impactos Potenciais e Riscos Associados”. O referido tópico cita que entre as consequências da mudança do clima estão o aumento da incidência de chuvas extremas e também da intensidade e frequência de secas. Chuvas extremas e secas associadas às condições de vulnerabilidade são fatores que podem desencadear desastres, compondo uma situação de risco.

De acordo com Marengo *et al.* (2011) esses extremos climáticos relacionados à precipitação pluviométrica influenciam de maneira direta nos recursos hídricos, nos indivíduos e na agricultura, com acréscimo de perdas econômicas e de mortes. Apesar da deficiência no registro de séries históricas e de outros dados pluviométricos diários, estudos têm sido desenvolvidos buscando a compreensão dos elementos envolvidos na produção do cenário vivido pela população que reside nesses locais, como é o caso de Haylock *et al.* (2006), que observaram um aumento da umidade sobre a América do Sul.

Ainda falando sobre tópico supracitado, voltando a questão da comparação entre os impactos causados por um aumento de 1,5 °C e 2 °C, especifica-se que os riscos de seca e de chuvas intensas (propensas a ocasionar desastres hidrometeorológicos) seriam maiores no cenário do aumento de 2 °C. Destaca-se a exposição de pequenas ilhas, zonas

costeiras baixas e deltas aos riscos associados a elevação do nível do mar. Os riscos relacionados com a elevação do nível do mar serão maiores em uma condição de aumento de 2 °C do que de 1,5 °C na temperatura, mostrando que uma taxa mais lenta de elevação reduz o risco da população exposta a inundações. Essa redução está ligada a ações de adaptação, manejo e restauração de ecossistemas costeiros naturais e reforço na infraestrutura.

O crescimento desordenado das cidades à beira-mar é um assunto que vem inquietando diversos pesquisadores em relação ao aumento do nível do mar devido às alterações climáticas. Essa preocupação gira em torno da qualidade de vida, segurança e condições socioeconômicas, onde o avanço temporal das mudanças climáticas é diferente do avanço político, sendo priorizadas ações corretivas e não as preventivas (BELÉM, 2007).

Um ponto importante é trazido quando o documento apresenta um subtópico que realça a questão da vulnerabilidade que diz

Populações com risco desproporcionalmente maior de consequências adversas do aquecimento global de 1,5 °C e além, incluem populações desfavorecidas e vulneráveis, alguns povos indígenas e comunidades locais dependentes de meios de subsistência agrícolas ou costeiros (alta confiança). As regiões que apresentam um risco desproporcionalmente mais elevado incluem os ecossistemas do Ártico, as regiões áridas, os pequenos estados insulares em desenvolvimento e os países menos desenvolvidos (alta confiança). Espera-se que pobreza e desvantagens aumentem em algumas populações com o aumento do aquecimento global; a limitação do aquecimento global a 1,5 °C, comparado a 2 °C, poderia reduzir o número de pessoas expostas ao risco climático e suscetíveis à pobreza até várias centenas de milhões até 2050 (confiança média) (IPCC, 2018, p. 9, traduzido).

Segundo o relatório, as mudanças climáticas irão interferir também em condições de vulnerabilidade, no que pode haver aumento da desigualdade e da pobreza, ressaltando um risco maior para determinadas regiões. Medidas de adaptação e de mitigação às mudanças climáticas poderiam, portanto, cooperar de forma direta e eficaz para a RRD.

É necessário advertir desde o princípio que o panorama social dos países pode intensificar os impactos socioambientais das alterações climáticas nas cidades. Longos períodos de segregação social influenciam no momento de determinar procedimentos para combater as mudanças conjecturadas pelos estudiosos do IPCC. Por esse motivo, combater a segregação socioambiental é uma medida primordial para preservar-se do pior: a perda de vidas humanas resultantes do acréscimo de eventos extremos nas cidades (RIBEIRO, 2008).

Entre opções de adaptação e mitigação, o IPCC apresenta alternativas disponíveis para reduzir os riscos em: ecossistemas naturais e manejados (por meio, por exemplo, da redução do desmatamento, aquicultura sustentável, conhecimento local e conhecimento indígena); saúde, meios de subsistência, alimentos, água (mediante, por exemplo da irrigação eficiente, gerenciamento de riscos de desastres, redes de segurança social, etc); e em áreas urbanas (por meio de infraestrutura verde, uso e ocupação da terra de forma planejada e gestão sustentável dos recursos hídricos).

A intenção ao trazer esses pontos de vista em relação às mudanças climáticas é tornar evidente que existe um somatório de causas que estão vinculadas aos desastres ambientais. Os desastres podem ocorrer e também ser potencializados devido à vulnerabilidade para enfrentar situações adversas referentes aos fenômenos naturais. Portanto, as mudanças climáticas aparecem como um dos fatores para o risco de desastres relacionados com fenômenos naturais, que necessitam ser compreendidas desde a perspectiva sistemática do contexto social. Segundo Farber *et al.* (2010) as consequências advindas

de um evento climático extremo poderão variar de acordo com as condições ambientais no qual esse venha atingir.

Assim, observa-se que os riscos “pós industriais”, por serem comuns, não significa dizer que a sua incidência seja homogênea em todas as regiões do planeta. Como exemplo, cita-se o continente africano que é um dos mais vulneráveis aos problemas provenientes do aquecimento global, devido a sua grande dificuldade estrutural de adaptação nas fases “pré e pós desastres”. Em locais mais vulneráveis, qualquer perda econômica é significativa e pode impactar negativamente o desenvolvimento. Esse é um dos motivos para que seja criada uma forma de planejamento, para reduzir esses impactos que atinge de forma desigual às populações mais pobres. Sendo assim, um dos maiores objetivos para toda a comunidade internacional (O'BRIEN *et al.*, 2006).

Portanto, prevenção, preparação e mitigação passam a serem práticas essenciais para a GRD. A gestão do risco tem o objetivo de evitar os danos e perdas, e já deve ser posta em prática antes da ocorrência do desastre. Quando evitar o desastre não seja possível, a gestão também envolve a elaboração de medidas de mitigação, adaptação e reestruturação. É importante elencar que um evento físico não pode ser evitado, mas a vulnerabilidade pode ser reduzida, influenciando no enfrentamento do desastre pela comunidade afetada.

Cabe aqui lembrar que a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, em 2012, “O Futuro que queremos”, já alertava veementemente sobre a necessidade de colocar o tema da RRD e o aumento da resiliência aos desastres nas pautas principais, evidenciando a urgência do assunto no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza, e da importância de tratá-lo de forma integral, em todos os níveis.

Um pouco dessa integração aparece quando observamos que os desastres aparecem de forma direta nas metas de alguns ODS, comprovando a relevância do tema para que se possa alcançar o

desenvolvimento sustentável. Logo no primeiro objetivo, a meta 1.5 estipula que haja uma construção da resiliência das pessoas em situação de vulnerabilidade a eventos extremos que possam causar desastres. A presença do termo resiliência demonstra a necessidade de adaptação às mudanças climáticas, trabalhando com a redução de riscos.

Sobre a resiliência como sendo um processo que contribui para RRD, Pastorelli Júnior (2018) comenta que a campanha mundial lançada em 2010 intitulada “Construindo Cidades Resilientes: minha cidade está se preparando” vêm sendo desenvolvida apresentando uma quantidade de participantes cada vez maior. Tal campanha possui dez passos essenciais que devem ser seguidos pelo gestores e prefeitos que visam colaborar com o desenvolvimento sustentável de maneira mais eficiente, à nível local.

No segundo objetivo, os desastres também aparecem na meta 2.4, onde a mesma propõe a garantia de sistemas sustentáveis de alimentos e práticas agrícolas resilientes, citando a importância disso para a adaptação às mudanças climáticas, diante de desastres como secas e inundações.

O planeta Terra tem o desafio de alimentar uma população crescente, preservar os recursos naturais e o meio ambiente como um todo. A agricultura se utiliza de muita água para se manter, a pecuária tem o potencial de degradar o solo e o uso indiscriminado de defensivos agrícolas deterioram o solo e água. Assim sendo, a implementação de práticas agrícolas aperfeiçoadas são imprescindíveis para o aumento da RRD, com o emprego de práticas necessárias que atenuem as alterações climáticas, que incrementem a produtividade, segurança alimentar e adaptação (FAO, 2020).

A preocupação no que concerne aos desastres volta a aparecer na meta 11.5 do objetivo 11, abrangendo a redução do risco a desastres de modo direto, já que essa meta se trata da busca pela redução das mortes e de pessoas afetadas por desastres, bem como das perdas econômicas. Na meta 11.b, ainda fazendo parte do objetivo 11, expõe-se a importância

das cidades e assentamentos humanos adotarem e implementarem políticas e planos integrados para o aumento da resiliência a desastres. A meta ainda cita o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, de forma a tratar holisticamente o gerenciamento do risco.

Em relação às mudanças climáticas, o objetivo 13 é bem claro e enfático quanto a sua importância em todos os seus itens e subitens, apresentando o quanto é urgente a temática das mudanças climáticas, seus impactos e no papel imprescindível que possuem os órgãos gestores das nações, mas também o papel do cidadão como indivíduos conscientes da magnitude que é esse assunto e sua responsabilidade no intuito de reverter ou minimizar o máximo. Ainda fala sobre a capacidade de adaptação aos eventos, ou seja, não se trata de abandonar esses locais onde são recorrentes, mas de haver a criação de ferramentas e mecanismos de convivência com os tais, como exemplo dessas ferramentas cita-se o mapa de uso e ocupação do solo, instrumento importante que auxilia no zoneamento das cidades e quando bem estruturado e respeitado, pode reduzir o risco de desastres.

Outro instrumento de grande valia na gestão do risco e também citado são sistemas de alerta. Eles fazem parte de um conjunto de ações da fase “pré desastre”, onde se bem articulado com os demais sistemas pode fazer muita diferença na iminência de um evento extremo, possuindo a capacidade de salvar inúmeras vidas e seus exemplos de aplicação são diversos. O enfoque dos esforços se dá na direção dos países menos desenvolvidos ou em desenvolvimento, isso é justificável porque na maioria das ocasiões são regiões menos estruturadas e na ocorrência de um evento extremo, pode ter consequências desastrosas ambientais, e mais ainda sociais pela reduzida capacidade de resiliência dos moradores, tema também discutido no objetivo número 13. Resumindo, as populações mais vulneráveis são as que mais padecem, sendo compreensível ser o público alvo de convergência das ações.

O último objetivo a comentar de sobre desastres, ainda que de forma indireta, é décimo quinto que fala sobre o combate da degradação

do solo advinda de secas e inundações até 2030. Se compreende que na ocorrência de um desastre, no cenário de degradação, também faz parte a deterioração do solo. As secas podem trazer o empobrecimento do solo por uma associação de fatores que são consequência da má gestão territorial, podendo deixar o solo impróprio para ser cultivado, necessitando de intervenção do homem para sua reestruturação. As inundações também podem impactar negativamente o solo no sentido de que, em cidades onde a gestão dos resíduos sólidos não é feita adequadamente, substâncias e produtos podem ser carreados para outras regiões, podendo trazer diversos entraves, inclusive no quesito de saúde pública.

O documento que institui os ODS também confere grande destaque à dimensão social, tendo como principal desafio global, a erradicação da pobreza extrema. Destaca também a redução das desigualdades como sendo um dos pontos mais importante e sensível para o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, tem-se o Objetivo 10, que trata da redução das desigualdades, dentro dos países e entre eles. O Objetivo relaciona dez metas, que passam pela redução da desigualdade de renda, inclusão econômica, política e social de todos, facilitação da migração, além da adoção de políticas voltadas à promoção da igualdade dentro e entre os países (ONU, 2015).

O destaque dado à redução das desigualdades como condição para o desenvolvimento está alinhado ao modelo de desenvolvimento proposto da Constituição Federal de 1988, que estabelece como um dos objetivos do país o enfrentamento às desigualdades. O modelo proposto constitucionalmente prevê um sistema de proteção social de acesso universal e a garantia de direitos sociais. Embora haja esse reconhecimento, e considerando que tenham havido avanços expressivos na área social nos últimos anos, a desigualdade no Brasil ainda é um problema grave, que impede um desenvolvimento mais inclusivo e sustentável. É sabido que a desigualdade brasileira não se

manifesta apenas na esfera econômica, e afeta diferentes grupos, de forma mais ou menos intensa (DESCHAMPS, 2006).

Dessa forma, a meta 10.2, que define que até 2030 os países deverão “empoderar e promover a inclusão social, econômica e política de todos, independentemente de idade, gênero, deficiência, raça, etnia, origem, religião, condição econômica ou outra” (ONU, 2015, p. 29), se destaca, por tratar de temáticas bastante sensíveis ao desenvolvimento brasileiro. A meta 10.2 reúne diferentes grupos, cujo desenvolvimento e inclusão são afetados por barreiras impostas em múltiplos contextos.

A desigualdade no Brasil abrange diversos aspectos e grupos, constituindo-se como uma agenda transversal e intersetorial. Embora a desigualdade de renda seja usualmente mais destacada, por ser um dos mais graves quadros do mundo, o debate mostra que a desigualdade se mostra de múltiplas formas, e tem diferentes origens. Pessoas negras, mulheres, pessoas de baixa renda, pessoas com deficiência, dentre outros grupos, são afetados de formas distintas por processos complexos de exclusão (TEJA-PEREZ, 2015).

As múltiplas formas de exclusão podem se combinar, produzindo grupos mais fortemente afetados que outros. Isso mostra o quão complexo é o enfrentamento das desigualdades e a promoção da inclusão de todos. Também são numerosos os debates sobre as melhores formas de enfrentamento, que incluem o questionamento sobre o papel do Estado na promoção da equidade e da igualdade.

Entretanto, ainda há alguns problemas que não permitem construir alguns indicadores dos ODS. Existem diversas falhas entre todas as dimensões do desenvolvimento, principalmente quanto à formulação de indicadores, como em “saúde e ambiente”, ou “saúde e condições de vida”. Assim, há necessidade de mais investimentos para relacionar os parâmetros que possam estabelecer uma relação entre a causalidade e os problemas ambientais, com a saúde da população.

Nesse sentido da relação entre as doenças e desastres, no ano de 2015, visando a RRD fundamentado na etapa de “pré desastre”, a

Representação da Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde (OPAS/OMS) no Brasil, associada com o Ministério da Saúde (MS), por intermédio da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) e da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), divulgaram a publicação “Desastres Naturais e Saúde no Brasil”, que teve por finalidade associar os desastres relacionados com fenômenos naturais e suas consequências na saúde, com o objetivo do desenvolvimento de ações e políticas públicas que privilegiem a diminuição das consequências dos desastres sobre a saúde (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2015).

Os indicadores que tratam das condições de vida da população, como se verificam nos ODS 1 (Erradicação da pobreza), 3 (Saúde e bem-estar) e 6 (Água potável e saneamento) têm relação com a resiliência e poderiam ser aproveitados para o seu fortalecimento. Dessa forma, outro objetivo seria a capacidade de separar dados demográficos como sexo, idade, renda mensal entre outros, para que se possa elaborar e orientar países que possuam dificuldades em realizar um bom planejamento de produção de dados, para que esses possam atingir as metas da ODS (KRONENBERGUER, 2019).

Abordando agora o Marco de Sendai, destaca-se que este proporcionou uma importante mudança de foco, passando da Gestão dos Desastres para a Gestão da Redução de Riscos de Desastres. Foi comentado que muito se era destinado para a gestão dos desastres, mas pouco era investido em aplicar políticas, normas e regulações almejando reduzir o risco. Assim, o objetivo principal era focar na prevenção de novos riscos e na redução de riscos existentes, o que aumentará a resiliência.

Com o novo marco estabelecido em 2015, houve a necessidade de adaptar uma campanha que se iniciou em 2010, denominada “Como construir cidades resilientes”, sendo assim incorporadas a ela as novas diretrizes estabelecidas no marco presente. Tal campanha fornece soluções e ferramentas para que os governos possam desenvolver cidades mais resilientes às mudanças climáticas e aos desastres.

Portanto, observa-se que a resiliência é um conceito muito abordado no Marco de Sendai, tendo forte relação com a RRD. Resiliência é a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade potencialmente exposta a riscos para se adaptar, resistindo ou mudando com o intuito de alcançar e manter um nível aceitável de funcionamento e estrutura (UNISDR, 2015). Com relação aos desastres provenientes de fenômenos naturais, o conceito de resiliência se refere a ótica da adaptabilidade, ou seja, a habilidade dos sistemas de se adaptar, a capacidade de resistir, se recuperar e se reorganizar frente a um desastre, sendo assim um grande conceito-chave na RRD.

O marco proporcionou diversas repercussões entre os países, que começaram a se movimentar e se posicionar em direção as diretrizes estabelecidas. Na Europa, como exemplo, houve a discussão por meio do Fórum Europeu para a Redução do Risco de Desastres (EFDRR) sobre maneiras de implementar as sete metas globais do tratado de Sendai, onde foi estabelecido um plano para alcançar tais objetivos respeitando o prazo de 15 anos estabelecidos no marco. Para tanto foi realizado um estudo de base desenvolvido a partir dos itens determinados como pontos focais de redução de risco, avaliando o cumprimento do que foi estabelecido em Sendai, a partir do ano de 2015.

Foi observado que houve avanços importantes neste aspecto por meio de estabelecimento de marcos legais para a redução do risco de desastres, assim como o soerguimento dos quadros existentes. Sinteticamente, um terço desses países europeus que efetivamente corroboraram com esse estudo de base, informaram que suas leis foram incrementadas ou estão em fase de implementação, para o atendimento das diretrizes estabelecidas no marco de Sendai, com foco no enfrentamento às novas ameaças emergentes ligadas a intempéries climáticas ou no desenvolvimento da capacidade de coordenar respostas a desastres.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A RRD aparece nos três documentos, porém, é bem visto que enquanto os ODS e o relatório do IPCC apresentam elementos que tratam da vulnerabilidade, mostrando que a redução do risco se dá mediante vários fatores que devem ser tratados de modo integrado, o Marco de Sendai 2015-2030 foca na parte mais burocrática, administrativa e política do tema.

Entende-se também que nesses documentos, a forma como as nações devem inserir essas informações em seu planejamento e a maneira que devem colocar em prática as ações necessárias, ainda necessita de mais detalhes. Claro que cada região tem suas peculiaridades, mas os editores dos tais deveriam ser mais minuciosos sobre como ser mais eficiente, o que pode surtir mais efeito e a forma que deve ser aplicado.

Contudo, compreende-se que esses instrumentos e documentos são de suma importância e que eles têm refletido em algumas ações nos países, inclusive no Brasil. Se reconhece que os desafios são diversos e que muita coisa ainda precisa ser feita e de maneira urgente, se utilizando dos diversos setores.

Outro quesito de grande relevância é o papel da população. É com o *feedback* dela que se mede o sucesso da aplicação das normativas bem como a mudança de comportamento e de hábitos no que diz respeito a sua contribuição para o combate das mudanças climáticas e o alcance dos ODS, com o engajamento dos Estados que devem colaborar no sentido de difundir as informações e os estudos que são desenvolvidos à nível de gestão e planejamento, com medidas preventivas e adaptativas que servem de subsídio para o desenvolvimento regional.

Estudos mostram que a incidência dos desastres tem crescido, o que conclama a participação dos diversos setores do planejamento para uma gestão que vise a fase “pré desastre” e onde a vida, a economia

e o meio ambiente sejam levados em conta para que se alcance o tão falado e desejado desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

AON EMPOWER RESULTS. **Weather, climate & catastrophe insight - 2019 annual report**. 2019. Disponível em: <<https://www.aon.com/unitedkingdom/insights/Weather-Climate-Catastrophe-Insight-2019-Report.jsp>>. Acesso em: março de 2020.

ARRIAL, M. A.; ARRIAL, L. R. Pensamentos sobre centros urbanos resilientes. **Revista Thema**, v. 14, n. 2, p. 318-328, 2017.

AZEVEDO, A. A. B. *et al.* I Jornada de redução do risco de desastres–Rio de Janeiro–2015: Os desafios e experiências compartilhadas. **Territorium**, n. 25 (II), p. 179-184, 2018.

BELÉM, A. L. **Impactos das mudanças climáticas globais no risco de inundações em zonas costeiras**. Jornadas Internacionales sobre Gestión del Riesgo de Inundaciones y Deslizamientos de Laderas. Brasil. 2007. Disponível em: <[https://research.fit.edu/media/site-specific/researchfitedu/coast-climate-adaptation-library/latin-america-and-caribbean/brazil/Belem.--2007.--Brazil-CC--Flood-Risk.--\[POR\].pdf](https://research.fit.edu/media/site-specific/researchfitedu/coast-climate-adaptation-library/latin-america-and-caribbean/brazil/Belem.--2007.--Brazil-CC--Flood-Risk.--[POR].pdf)>. Acesso em: maio de 2020.

BRASIL. Presidência da República, Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. **Relatório nacional voluntário sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: Presidência da República, 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Brasil monitora regiões de risco de desastres naturais**. Brasília: MCTI, 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/>>

arquivos/2013/01/08/brasil-monitora-regioes-de-riscode-desastres-naturais>. Acesso em: maio de 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Aquecimento Global de 1,5 °C**: sumário para formuladores de políticas. Brasília: MCTIC, 2019.

CARDONA A., O. D. **La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo**: una crítica y una revisión necesaria para la gestión. In: International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice. Wageningen, The Netherlands, 29-30 June 2001. Wageningen, The Netherlands: Disaster Studies of Wageningen University and Research Centre, 18 p., 2001. Disponível em; <<https://www.desenredando.org/public/articulos/2001/repvuln/RepensarVulnerabilidadyRiesgo-1.0.0.pdf>>. Acesso em: maio de 2020.

CARDONA, O. D. **La noción del riesgo desde la perspectiva de los desastres**: marco conceptual para su gestión integral. Colombia, Manizales: Universidad Nacional de Colombia/Programa BID/IDEA de Indicadores para la Gestión de Riesgos, 2003. Disponível em: <<http://idea.unalmzl.edu.co/documentos/01%20Marco%20Conceptual%20BIDIDEA%20Fase%20I.pdf>>. Acesso em: maio de 2020.

COHEN, C.; WERKER, E. The political economy of “natural” disasters. **Harvard Business School**, v. 8, n. 40, 2008.

CRED. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. **Natural Disasters 2018 - An opportunity to prepare**. 2019. Disponível em: <<https://www.cred.be/natural-disasters-2018>>. Acesso em: março de 2020.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental nas regiões metropolitanas brasileiras**. Brasília: Relatório de atividades do

Observatório das Metrôpoles. Convênio Ministério das Cidades/
Observatório das Metrôpoles/Fase/Ipardes, 2006.

ESTRATÉGIA ODS. **O que são os ODS?** [201-]. Disponível em: <<http://www.estrategiaods.org.br/o-que-sao-os-ods/>>. Acesso em: outubro de 2019.

EM-DAT. **International disasters database, Disasters Trends, Trends and Relationships Period 1900-2011**, EM-DAT, 2013.

FARBER, D. A. *et al.* **Disaster Law and policy**. New York: Aspen Publishers, 2010.

FAO. **Mudanças climáticas e sustentabilidade ambiental na América Latina e no Caribe**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/prioridades/cambio-climatico/pt/>>. Acesso em: maio de 2020.

HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T. C.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T. *et al.* Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, v. 19, p. 1490-1512, 2006.

IPCC. The Intergovernmental Panel on Climate Change. **2018: Summary for Policymakers**. In: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield. (Eds.). **Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty**. 2018. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/>>

sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf>. Acesso em: maio de 2020.

IPCC. The Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Factsheet: what is the IPCC?**. 2013. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/FS_what_ipcc.pdf>. Acesso em: outubro de 2019.

KRONEMBERGER, D. M. P. **Os desafios da construção dos indicadores ODS globais**. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v71n1/v71n1a12.pdf>>. Acesso em: outubro de 2019.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A. LACERDA, F. A. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande, Paraíba: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. ISBN 978-85-64265-01-1. Disponível em: <http://plutao.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao/2011/09.22.18.52.30/doc/Marengo_Variabilidade.pdf>. Acesso em: maio de 2020.

NAÇÕES UNIDAS, A. G. **Desarrollo sostenible: reducción del riesgo de desastres**. Publicação N° A/71/644, 39, 2016. Disponível em: <https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportspanish.pdf>. Acesso em: maio de 2020.

O'BRIEN, G. *et al.* **Climate change and disaster management**. Oxford: Blackwell, 2006.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: outubro de 2019.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Ministério da Saúde. **Desastres Naturais e Saúde no Brasil**. Brasília, DF: OPAS, Ministério

da Saúde, 2015. 56 p. il. (Série Desenvolvimento Sustentável e Saúde, 2).

PASTORELLI JUNIOR, J. H. **Estudo da sustentabilidade e resiliência urbana no contexto da redução de risco de desastres**. 2018. Recurso *online* (247 p.). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP.

RIBEIRO, W. C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Parcerias estratégicas**, Vol. 13, nº 27. ISSN: 2176-9729. 2008.

SULAIMAN, S. N.; JACOBI, P. R. (orgs). **Melhor prevenir**: olhares e saberes para a redução do risco de desastre. São Paulo, IEE – USP, 2018. Disponível em: <http://www.incline.iag.usp.br/data/arquivos_download/melhorprevenir_ebook.pdf>. Acesso em: outubro de 2019.

TEJA PÉREZ, J. Third world conference on risk of disaster reduction. “Approval of the Sendai Frame”. **Infodir (Revista de Información para la Dirección en Salud)**, v. 11, n. 21, p. 93, 2015.

UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais**. Florianópolis: UFSC/CEPED, 2013.

UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **2009 UNISDR Terminology on disaster risk reduction**. Geneva, Switzerland: UNISDR, 2009.

UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030**. UN world conference on disaster risk reduction, 2015. March 14–18, Sendai, Japan. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction; 2015. Disponível em: <<http://www.wcdrr.org/uploads/>>

Sendai_Framework_for_Disaster_Risk_Reduction_2015-2030.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2020.

VARGAS, J. E. **Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales**. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, 2002. (Serie Medio Ambiente y Desarrollo, 50). Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5749/1/S2002612_es.pdf>. Acesso em: julho de 2019.

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM O USO E COBERTURA DA TERRA EM UM TRECHO DO RIO DO GELO NO MUNICÍPIO DE RIO TINTO-PB

*Tiago Souza Clemente
Iara dos Santos Medeiros
Maria Clara Rodrigues de Lima
Williame Farias Ribeiro*

INTRODUÇÃO

Um dos recursos ambientais mais valiosos para nossa sociedade é a água, essencial para a manutenção da vida e desenvolvimento de diversas atividades no âmbito econômico-social do nosso país.

No Nordeste, bem como na maior parte do Brasil, as águas fluviais são utilizadas em larga escala para fins como abastecimento, pesca, irrigação para pastagem, geração de energia por meio de hidrelétricas, entre outros fins, que conseqüentemente causam poluição e interferem diretamente nos parâmetros físicos e químicos da água. Entretanto, não são apenas essas práticas que modificam a qualidade da água. Neste caso, o que está em seu entorno (construção de cidades, pastos, etc.) também pode gerar poluição. Segundo Carvalho, Ferrari e Daniel, (2008 p.2) "A ocupação urbana e a intensificação do uso do solo agravaram os problemas da gestão das águas nas cidades, no que diz respeito ao abastecimento, drenagem, lazer, paisagismo, e principalmente, degradação e esgotamento."

Diante desta problemática, foram criadas as APPs (Áreas de Preservação Permanente), com a função ambiental de preservar os

recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade e o fluxo gênico de flora e fauna; proteger o solo; e assegurar o bem-estar das populações humanas (CÓDIGO FLORESTAL, Lei 4.771/65). Contudo, além destas áreas não serem suficientes para preservação e conservação destes ambientes, nem sempre seus limites são respeitados e em muitos casos, onde deveria haver vegetação nativa é nítida a sua remoção para a prática de outras atividades, o que interfere na qualidade da água dos rios, pois a retirada da vegetação contribui no processo de escoamento e carreamento de resíduos e rejeitos.

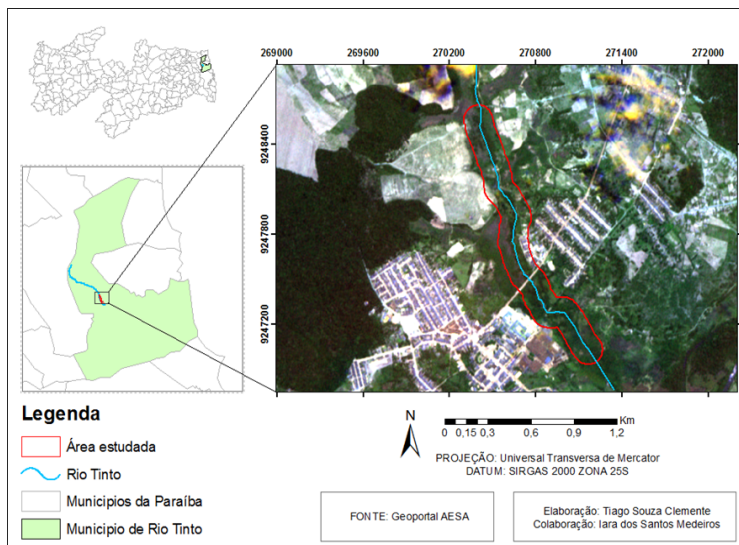
Visando avaliar esta problemática e contribuir para a gestão deste recurso, este capítulo tem como objetivo realizar uma análise físico-química da água do Rio do Gelo e relacionar os resultados com o uso e cobertura da terra da área de entorno deste rio, tendo em vista a sua importância para a cidade de Rio Tinto-PB e para o meio ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Esta pesquisa foi realizada em um trecho do Rio do Gelo (**Figura 1**), o qual compõe a bacia hidrográfica do Rio Mamanguape. O rio localiza-se no município de Rio Tinto, litoral norte do Estado da Paraíba. De acordo com o IBGE (2016) em 2015 o município de Rio Tinto possuía um território de 465,666 (km²), com uma população estimada para 2016 de 24.090 habitantes. Este município encontra-se dentro do bioma mata atlântica e da unidade de conservação APA da Barra do Rio Mamanguape, a qual foi criada pelo decreto federal nº 924 de 10 de setembro de 1993, com o objetivo de proteger a diversidade, assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais e disciplinar o processo de ocupação do território.

Figura 1 – Localização do Rio Tinto no Município de Rio Tinto-PB



Delimitação da área de estudo

Realizou-se a delimitação do curso do rio por meio de digitalização com base na imagem do satélite Landsat 8, datada de fevereiro de 2016. Em seguida foi feito um buffer de 200 metros entorno de um trecho do rio, correspondendo a área de influência direta. O critério de escolha do trecho do rio a ser estudado deu-se em função de ser uma área heterogênea quanto ao tipo de uso e cobertura do solo, possibilitando assim cumprir os objetivos desta pesquisa.

Parâmetros físicos e químicos da água

As amostras de água foram coletadas com o uso de garrafas de polietileno, seguindo a metodologia de tríplex lavagem com a água do rio onde seria feita a coleta, para então se armazenar a água

que seria analisada. Os pontos foram selecionados de acordo com o uso e cobertura da terra da área de entorno do rio, sendo o 1º ponto próximo a uma área de mata atlântica, o 2º próximo a zona urbana e o 3º próximo a plantações de cana-de-açúcar (**Figura 2**). Esses locais foram escolhidos visando relacionar os resultados da análise com o uso e cobertura da terra.

Figura 2 – Localização dos pontos onde as amostras foram coletadas no Rio Tinto



Em seguida, as amostras foram submetidas a análises químicas no Laboratório de Ecologia Química (LEQ) da Universidade Federal da Paraíba, localizado no campus IV em Rio Tinto. Os parâmetros analisados foram: pH (potencial Hidrogeniônico), Condutividade, Salinidade, Cloreto e Dureza.

Os dados de pH, de condutividade elétrica e de salinidade foram determinados diretamente empregando os equipamentos pHmetro, um condutivímetro e um refratômetro, respectivamente.

O cloreto foi determinado pelo princípio de Mohr, que consiste em precipitar o íon cloreto quantitativamente pela sua reação com o nitrato de prata (AgNO_3) na presença de cromato de potássio (K_2CrO_4). A adição

de nitrato de prata proporciona a mudança de cor reacional inicial que é amarela, para uma cor vermelho tijolo marcado o final da titulação.

A dureza foi determinada pelo método titulométrico com EDTA. Esse método é baseado na reação do ácido etilenodiaminatetracético (EDTA) que forma complexos solúveis quelados com certos cátions metálicos. O ponto final dessa titulação é alcançado quando a cor reacional inicial (vermelho-vinho) passa a ser um precipitado de cor azul, resultante da adição de EDTA.

Uso e cobertura da terra

Foi utilizada uma imagem de satélite do Landsat 8 datada de fevereiro de 2016. Fez-se o pré-processamento, convertendo a resolução da imagem de 30 para 15 metros, em seguida a realizou-se o recorte de acordo com o limite da área de estudo, para então realizar a vetorização da imagem através da foto-interpretção, ou seja; interpretá-la de acordo com sua tonalidade, cor, forma, tamanho, padrão, textura, associação e sombra. Optou-se por este método por ser uma área relativamente pequena, pelo fato de já termos um conhecimento prévio da área e por ser possível validar os resultados em campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da água

Os resultados dos parâmetros avaliados (pH, condutividade elétrica, salinidade, cloreto e dureza) nas análises da água do Rio do Gelo coletadas em três pontos de amostragem, podem ser observados na **Tabela 1** e comparados com os valores de referência estabelecidos pelas legislações brasileiras.

Tabela 1 – Parâmetros analisados e seus respectivos valores de acordo com cada ponto de coleta. Potencial Hidrogeniônico (pH), micro Siemens por centímetros($\mu\text{S}/\text{cm}$), (‰), miligrama por litro de cloro (mg/L de Cl^-) e miligrama por litro de carbonato de cálcio (mg/L CaCO_3)

Parâmetros	Amostras			VMP
	Ponto 1 (Próximo à mata)	Ponto 2 (Próximo à zona urbana)	Ponto 3 (Próximo à agricultura)	
pH	6,34	5,33	5,69	6,0 – 9,0
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	77,07	63,19	72,27	$10 < x < 150$ < 1000
Salinidade (‰)	1,0	1,0	2,5	Água doce $\leq 0,5$ Água salobra $0,5 < x < 30$ Água salina ≥ 30
Cloreto (mg/L de Cl^-)	5,3175	5,3175	5,3175	< 250
Dureza (mg/L CaCO_3)	15,8	9,48	12,64	< 500 Mole 0 a 70 Média 70 – 150 Dura 150 – 300 Muito dura > 300

VMP– Valor Máximo Permitido, Ministério da Saúde Portaria N° 2.914 de dezembro de 2011. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.

Potencial hidrogeniônico – pH

Nos três pontos analisados o pH foi classificado como ácido, ou seja, todas as amostras de água apresentaram valores inferiores a 7. Entretanto, o ponto 1 encontra-se em conformidade com o intervalo estipulado pelo Ministério do Meio Ambiente para este parâmetro.

Segundo Figur e Reis (2017), a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução pode ser certificada através da análise de pH, de origem natural ou antropogênica, que se fundamenta na concentração de íons hidrônio (H⁺) no meio. Conforme determinado por Esteves (1998), a análise do pH varia em uma escala de 0 a 14, sendo considerada ácida (se pH < 7); neutra (se pH = 7) e básica (se pH > 7), sendo indicativo das substâncias que aderem à água.

A água que abastece a cidade de Rio Tinto é retirada do rio que foi objeto de estudo nesta pesquisa. “Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto que valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações” (BRASIL 2014, p.20).

Condutividade

A condutividade elétrica da água, refere-se a sua capacidade em conduzir corrente elétrica devido a presença de íons de carga positiva (cátions) e de carga negativa (ânions) nela, advindos da dissociação de substâncias.

Considerando os resultados obtidos para condutividade, implica-se dizer que no ponto 1 e 3 existem mais sólidos dissolvidos na água enquanto que no ponto 2 existem menos.

De acordo com Renovato, Sena e Silva (2013, p. 0886), quando a quantidade de água disponível diminui, aumenta a concentração e quando há mais água a concentração diminui. Nas águas naturais os teores de condutividade apresentam valores na faixa de 10 a 100 µS/

cm, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (BRASIL 2014).

Salinidade

A salinidade é um parâmetro de controle que mensura os teores de sais dissolvidos na água. A sua presença contribui para o crescimento das plantas, mas em excesso é prejudicial podendo afetar negativamente o sabor da água.

Nos pontos 1 e 2 a água coletada se mostrou com mesmo resultado para salinidade, com valor (1,0). Contudo, no ponto 3 houve um aumento, sendo registrado como resultado o valor de 2,5.

De acordo com a classificação do Ministério da Saúde e do CONAMA, nos 3 pontos amostrais a água foi classificada como salobra.

Cloreto

O mesmo valor de cloreto foi observado para as 3 amostras (5,3175), significando que, no trecho do rio estudado a água possui baixa concentração de sais de sódio (NaCl), potássio (KCl) e cálcio (CaCl_2). Cloretos em quantidades elevadas podem estar relacionadas ao lançamento desordenado de efluentes oriundos de indústrias químicas, exploração de poços petrolíferos e infiltração das águas marinhas em águas costeiras, bem como ser um indicador da identificação da dissolução de depósitos de sal; não sendo esses casos aplicáveis ao rio estudado e demonstrado a partir dos resultados levantados.

Dureza

A dureza, expressa em mg/L, foi obtida para o ponto 1 (15,8), ponto 2 (9,48) e ponto 3 (12,64). De acordo com a classificação do Ministério da Saúde e do CONAMA, nos três pontos a água foi classificada como mole, ou seja, a concentração dos cátions de cálcio e magnésio está abaixo de 75 mg/L.

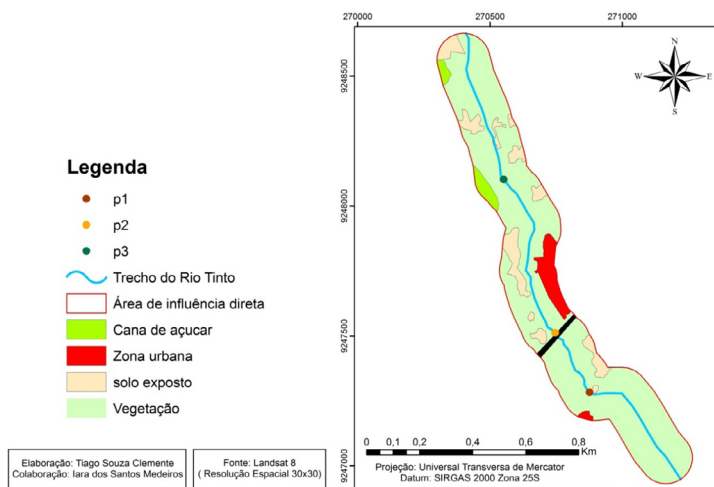
Caracterização do uso e cobertura da terra da área de influência direta

Ao analisar a área de influência direta foram identificadas quatro classes de uso e ocupação da terra: cana-de-açúcar, zona urbana, solo exposto e vegetação, (**Figura 3**) e também foi identificada a localização dos pontos de coleta, (**Quadro 1**).



A classe cana-de-açúcar foi observada em dois pontos no lado direito do rio. Mesmo dentro dos 200 metros, esta classe não é muito representativa em questão de área, mais como o relevo é um pouco íngreme, então todos os fertilizantes, agrotóxicos ou outros produtos utilizados na monocultura acabam chegando ao rio.

A Zona urbana também está distribuída em dois pontos, sendo um próximo ao primeiro ponto de coleta que corresponde a uma parte do campus IV da UFPB e a outra parte próximo ao segundo ponto de coleta, correspondente às casas da Vila Montimor.

Figura 3 – Pontos de coleta e uso e cobertura da terra da área de influência direta do trecho estudado do Rio Tinto, Rio Tinto-PB



Quadro 1 – Caracterização do entorno de cada ponto de coleta

Ponto	Foto	Descrição
1		<p>Ponto localizado à margem direita, a jusante do rio na área de mata atlântica próxima ao campus IV da UFPB. Seu entorno é caracterizado por vegetação arbustiva.</p>
2		<p>Ponto próximo às casas do Conjunto Beira Rio. Esse ponto está localizado as margens da Avenida Santa Elizabete, que liga o centro de Rio Tinto ao bairro Vila Montimor.</p>
3		<p>Ponto localizado em uma área próxima a plantações de monocultura de cana-de-açúcar. Seu entorno é caracterizado por vegetação arbórea e arbustiva.</p>

O Solo exposto está distribuído em vários fragmentos ao longo da área estudada, correspondendo a solos sem vegetação.

A Vegetação corresponde a áreas de mata com porte arbóreo-arbustivo e também vegetação do estrato herbáceo.

Análise da água vs. análise do uso e cobertura do solo

No que diz respeito ao ponto 1, os resultados tiveram valores maiores, exceto na salinidade onde o valor mais alto foi no ponto 3 e no cloreto, que todos os pontos tiveram o mesmo resultado.

O seu entorno é caracterizado principalmente por vegetação, mas também a presença de zona urbana e solo exposto. Contudo, os seus resultados podem não apenas estar relacionado com o que está no entorno, mas em todo o curso do rio, pois este ponto de coleta está cerca de 1.449,00 metros do local em que o rio desagua no rio Mamanguape, ou seja, tudo o que chega ao rio, desde a nascente, passa por este ponto.

“Uma microbacia hidrográfica com floresta natural não perturbada possui as melhores condições, em relação à proteção dos recursos hídricos, e elevada qualidade para o abastecimento doméstico” (MARMONTEL e RODRIGUES 2015, p179).

No ponto 2 obteve-se os menores valores com relação aos parâmetros analisados, sendo que este ponto foi coletado as margens de uma rodovia estadual. Seu entorno possui uma grande parte de zona urbana e solo exposto, mas há também uma parte de vegetação. Porém, os resultados da análise da água não apresentaram ligação com o entorno. Isso pode ser explicado pelo fato da água do rio ser corrente, levando assim os possíveis resíduos para o local do ponto 1.

No ponto 3 os valores foram intermediários, exceto a salinidade que foi a maior entre os pontos coletados com resultado de 2,5%. Esse valor de salinidade pode ter relação com a cana de açúcar, que está no entorno da porção do rio onde foi realizada a coleta. Os sais favorecem o crescimento da planta e podem ter sido usados na monocultura, e devido o relevo íngreme, pode se ter ocasionado o escoamento desses sais para o rio.

Segundo Figur e Reis (2017), a degradação da qualidade da água, tem consequência direta da alteração dos aspectos físicos e ações antrópicas sobre o meio que integra a bacia hidrográfica, que tem suas características físicas, químicas e biológicas alteradas.

Segundo Queiroz *et al.*, (2010), o monitoramento da qualidade da água é de fundamental importância para uma gestão adequada dos recursos hídricos. Sendo assim, uma etapa indispensável no que se refere a caracterização de aspectos físico-químicos das águas, permitindo assim, diagnosticar as mudanças ocasionadas, por ações antrópicas ou naturais, no uso e na ocupação da terra.

CONCLUSÃO

De acordo com os parâmetros analisados, a água do Rio do Gelo, está dentro dos limites permitidos pelo Ministério da Saúde. Porém, seria necessária uma análise mais detalhada, englobando mais parâmetros, para então avaliar se a água do rio estudado pode ser utilizada para consumo.

Viu-se também que, o que está no entorno interfere na qualidade da água, porém não apenas o que está em alguns pontos do rio, mais todo seu curso, desde a nascente até a foz. Assim, seria de grande importância que mais trabalhos fossem realizados na área, colaborando com a gestão das águas deste município e direcionando o crescimento da cidade de forma planejada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a equipe dos laboratórios de Ecologia Química, Cartografia e Geoprocessamento por todo apoio a este trabalho e pelos equipamentos disponibilizados para as análises dos dados.

REFERÊNCIAS

BRASIL. CÓDIGO FLORESTAL, Lei 4.771/65 Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>> Acesso em: 10 fev 2017

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/port/conama/>

legiabre.cfm?codlegi=646> Acesso em: 10 fev 2017

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.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914. Brasília, 2011. 34 p.

BRASIL. Decreto n.º 924, de 10 de setembro de 1993. Cria a Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape no Estado da Paraíba e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, Seção 1 - 13/9/1993, Página 13555 (Publicação Original)

BAIRD, R. B.; LENORE, S. C. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Estados Unidos da América: AmerPublic Health, 2012.

FIGUR, C.; REIS, J. T. A influência do uso e cobertura da terra nos parâmetros da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Abaúna, em Getúlio Vargas, RS. Ciência e Natura v.39 n.2, 2017, p. 352 – 365. DOI:10.5902/2179460X24335

HABERLAND, N. T.; SILVA, F. C. B.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; VIDAL, C. M. S.; CAVALLIN, G. S.; Análise da Influência Antrópica na Qualidade da Água do Trecho Urbano do Rio das Antas na Cidade de Irati, Paraná. Revista Tecnológica, Maringá, v. 21. p. 53-67, 2012.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. *Floresta e Ambiente* 2015; 22(2):171-181

QUEIROZ MMF, IOST C, GOMES SD, VILAS BOAS MA. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 2010; 5(4): 200-210.

RIBEIRO, R. J. C.; BAPTISTA, G. M. M.; BIAS, E. S.; Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 2007, INPE* p. 5471-5478.

RENOVATO, D. C. C.; SENA, C. P. S.; SILVA, M. M. F. Análise de Parâmetros Físico-Químicos das Águas da Barragem Pública da Cidade de Pau dos Ferros (rn) – ph, cor, turbidez, acidez, alcalinidade, condutividade, cloreto e salinidade. 2013.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. *Manual de Análises de Águas de Abastecimento e Residuárias*. 1 ed. Campina Grande: O autor, 2001.

PLANO DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS CONVENCIONAIS E FORMAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS APLICADOS EM CENTRO PENITENCIÁRIO

José Soares do Nascimento

Ronal Ariel Alvarez Moreno

INTRODUÇÃO

A degradação dos recursos naturais, noticiada pelos meios de comunicação e percebida por parte da população, é provavelmente um dos maiores problemas da atualidade, gerando sérias consequências na qualidade ambiental. O descaso com o meio ambiente através dos diferentes modelos de sociedade reflete diretamente na qualidade de vida dos seres vivos, especialmente, nos seres humanos. Na tentativa de uma urgente mudança de atitude da sociedade emergente em relação à natureza é que, nas últimas décadas, tem sido fomentada a necessidade de se ter propostas de práticas educativas voltadas para o meio ambiente. Neste sentido, a Educação Ambiental surge como alternativa para a solução da problemática ambiental atual e tem como objetivo principal a transformação individual e coletiva para obtenção de qualidade de vida ambiental e humana. Segundo Sato (1995), “A educação ambiental deve ter como base o pensamento crítico e inovador, em qualquer tempo e lugar, em suas expressões formais, não formais e informais, promovendo a transformação e a construção da sociedade”.

No sistema prisional brasileiro observa-se uma carência de atividades educativas, dentre outras. Com a expansão da crise no

sistema prisional foi verificada a falta de instrumentos que possibilitem a ressocialização de pessoas que infringiram as leis em determinados setores da sociedade (ANDRADE et al., 2015). Tornou-se evidente que apenas manter os infratores presos (privados de liberdade), não é o bastante para modificar seus pensamentos e comportamentos, é preciso mais do que isso, reintegrá-los à sociedade, a fim de que ao cumprimento da pena os mesmos não voltem a delinquir.

“Apontam uma incongruência que crê insuperável: não há como preparar alguém para viver em sociedade privando-o do convívio desta mesma sociedade. Acrescentam que o cárcere brutaliza, retira a identidade pessoal, põe fim à intimidade, à vida privada, ao convívio com as pessoas próximas” (FRANCO, 2008, p.1).

Conforme afirma Franco (2008), é de extrema importância para a readaptação que o apenado permaneça em contato com o convívio social. Concomitantemente devem ser inseridas medidas educativas, bem como, qualificação, acompanhamento psicológico e oportunidades de trabalho.

Os estabelecimentos carcerários no Brasil carecem de um programa de aproveitamento de resíduos sólidos (partes dos resíduos gerados após a produção, utilização ou transformação de bens de consumos) que permita o correto uso, disposição e aproveitamento destes resíduos, a partir das políticas de reaproveitamento e comercialização dos mesmos (IBFLORESTAS, 2013).

Através deste pensamento chegou-se ao questionamento: o porquê e para quê elaborar um programa para formação de agentes ambientais em centro penitenciário? Existem dois caminhos para se trilhar o desenvolvimento sustentável: O primeiro caminho parte das Políticas Públicas rigorosas e o segundo, da Educação Ambiental em todos os níveis de ensino. É importante salientar que o meio ambiente é reconhecido como um direito de todos e a ele corresponde a Política

Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei Federal n.º 6.938 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 1981). Esta política visa dentre outras coisas, a recuperação, a proteção da natureza e dos recursos naturais e o desenvolvimento sustentável.

A partir disto, algumas questões são levantadas, como por exemplo, estas políticas estão sendo cumpridas no Brasil? São políticas adequadas para o país? O mais importante dessas políticas é que ela seja de fato cumprida, e para isso, os professores, alunos, educadores e a sociedade como um todo devem estar conscientes da necessidade da implantação efetiva da Educação Ambiental (segundo caminho a ser trilhado para que ocorra o estimado desenvolvimento sustentável) e exigir dos órgãos competentes a aplicação da legislação. Tal educação contempla ações e valores que auxiliam na transformação humana e social e para a preservação ecológica. Estimula a formação de uma sociedade socialmente justa e ecologicamente equilibrada, que conserva entre si relação de interdependência e diversidade. Apesar do parágrafo 1º, VI, do art. 255 da Constituição Federal, determinar que o Poder Público deva promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino, pouco é feito no Brasil para a sua implantação no ensino. A educação Ambiental, além de ser um processo educacional, alcança também os problemas socioeconômicos, políticos, culturais e históricos pela interação de uma forma ou de outra destes campos com o meio ambiente. Desta forma considera-se que a Educação Ambiental deve ter como base o pensamento crítico e inovador, em qualquer tempo ou lugar, em seu modo formal, não formal e informal, promovendo a transformação e a construção da sociedade.

Diante do exposto pode-se afirmar que o problema emerge na falta de capacitação, educação ambiental nos centros penitenciários, má distribuição/uso dos resíduos sólidos, etc. O Brasil tem a quarta maior população carcerária do mundo, com 773 mil encarcerados possuindo cerca 550 mil presidiários (NASCIMENTO, 2020). Na Paraíba são nove mil detentos, distribuídos pelos 78 presídios existentes no estado (CREMESP,

2014). Desta forma, considerando-se que a política ambiental brasileira não está se cumprindo como deveria, pois não chega a todos os níveis de ensino, deduz-se e que os centros penitenciários necessitam de atividades que ajudem no processo de ressocialização. Com base no Informe Regional de Desenvolvimento Humano (2013-2014) do PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), (PNUD, 2013, P. 129). O percentual de reincidência no Brasil é um dos mais altos com 47,4%, superiores aos encontrados na Argentina (38,6%), México (29,7%), Peru (15,8%) e El Salvador (10,4%). O Chile (68,7%) também é outro país que precisa diminuir o percentual de reincidência.

De cada 10 presos pelo delito de roubo, sete reincidiram no Estado de São Paulo e 41% são menores (dados de janeiro de 2001 a julho de 2013). O levantamento mostra que, dentre os reincidentes, 20,5% cometeram o primeiro roubo antes dos 18 anos e 20,6% com menos de 17. Embora o sistema carcerário não seja o único fator que influencia na reincidência do delito, a deficiência nos programas de reabilitação, as condições prisionais difíceis e a exposição a redes criminosas nos cárceres combinam-se e influem negativamente como aspectos reprodutores da violência e do crime (DEPEN, 2019).

Neste estudo considera-se a hipótese de que através da Educação Ambiental será possível prevenir e encarar os riscos globais, reinventar a cidadania e a política, fazendo com que haja diversas transformações na forma de pensar e agir da população reclusa nos centros penitenciários. Essa ferramenta poderá auxiliar os apenados para uma melhor ressocialização com a sociedade, quando libertos.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A Educação Ambiental (EA) consiste em um processo formativo e informativo do indivíduo. É uma das principais ferramentas para solucionar os problemas ambientais que a sociedade emergente

enfrenta. Entretanto, algumas vantagens podem ser citadas, conforme Forgiarini; Girard; Reis e Silveira (2010):

- É adequável a qualquer segmento econômico e social;
- Pode ser executada em qualquer local, independente da área de abrangência e do tamanho da comunidade envolvida;
- Responde a diferentes faixas etárias e indivíduos (diferentes níveis de conhecimento), o que contribui positivamente na disseminação de conceitos e conhecimentos construídos;
- Agrega segmentos sociais na formulação de propostas, bem como soluções, por isso tem mais chances de atingir resultados adequados;
- Possuem na maioria das vezes, soluções criativas e de baixo custo;
- Socializa o conhecimento construído e simplifica o entendimento dos indivíduos em questão;
- Proporciona mudanças de paradigmas nos hábitos culturais - os hábitos passam a ser retransmitidos com menor esforço e custo às vizinhanças e futuras gerações.

Por outro lado, apresenta algumas condições que podem ser vistas como desvantagens em relação a outros instrumentos, de acordo com os autores supracitados:

- Não é um processo padronizado, dessa forma, é preciso conhecer as características dos segmentos sociais e regionais envolvidos, para que assim, possa definir as linhas de ações mais adequadas;
- Por se tratar de um processo de participação coletiva e tentativa de alteração de hábitos comportamentais do segmento social envolvido, demanda esforço, tempo e cautela;
- Exige ação sistemática contínua – renovação dos trabalhos de tempos em tempos em um mesmo grupo ou segmento social;
- Raramente os resultados são visíveis em curto prazo – até cinco anos. Mudanças localizadas podem ser observadas em médio

prazo – entre cinco e dez anos. Mudanças amplas e abrangentes não são visíveis antes de dez a vinte anos;

- Nem sempre envolve processos de auto sustentação financeira, o que pode comprometer a vida útil das ações planejadas, principalmente quando existe o envolvimento de estruturas institucionais públicas.

Conforme observado, diversas vantagens e desvantagens podem ser destacadas através da abordagem da EA. No entanto, verifica-se que a mesma apresenta mais aspectos positivos que negativos e que os negativos são fatores que podem ser minimizados e/ou solucionados ao longo do tempo através da utilização de estratégias adequadas.

SISTEMA PENITENCIÁRIO BRASILEIRO

O sistema penitenciário brasileiro vive uma situação desconexa. Por trás das grades e do isolamento, os presídios são organismos vivos (MELLO et al., 2014). Os locais são verdadeiras cidades, e, como tais, enfrentam problemas de natureza socioambiental como superlotação, violência, moradia precária e exclusão social. Parte de tudo o que se consome vira lixo. E nas cárceres não seria diferente. As mesmas são responsáveis por gerar semanalmente uma grande quantidade de resíduos sólidos, seja, pelos funcionários, visitantes ou detentos. Dessa forma, é importante existir um tratamento adequado visando as melhores práticas na minimização da geração de resíduos e sua correta destinação, contribuindo não apenas com a preservação ambiental, como também, com a inclusão de pessoas por meio do fomento à geração de renda, como meio de promoção humana e desenvolvimento social.

De acordo com os dados de 2008, revelados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB, informam que 99,96% dos municípios brasileiros têm serviços de manejo de resíduos sólidos, mas

50,75% deles dispõem seus resíduos em vazadouros; 22,54% em aterros controlados; 27,68% em aterros sanitários. Esses mesmos dados apontam que 3,79% dos municípios têm unidade de compostagem de resíduos orgânicos; 11,56% têm unidade de triagem de resíduos recicláveis; e 0,61% têm unidade de tratamento por incineração (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014).

As técnicas inadequadas de remoção, coleta, disposição e tratamento final dos resíduos sólidos, oferecem risco à saúde pública e ao meio ambiente, podendo contaminar os solos, o ar, a água, proliferar doenças e pragas, emissão de gases de efeito estufa etc. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014). A periculosidade dos resíduos sólidos deve-se as propriedades físicas, químicas e infectocontagiosas.

EXPERIÊNCIA REALIZADA EM UMA PENITENCIÁRIA PADRÃO

Realizou-se um trabalho de natureza aplicada, com abordagem mista, qualitativa e quantitativa. Por meio das referências bibliográficas descreve-se o panorama da educação não formal praticada no Brasil e no mundo no âmbito presidiário.

A experiência a ser descrita foi baseada numa pesquisa de campo, na Penitenciária Padrão localizada na cidade de Santa Rita - PB, Brasil, no período de agosto a outubro de 2015. O estabelecimento em questão é de segurança média e contava com 327 detentos advindos de todas as regiões do estado. No Programa de Formação de Agentes Ambientais contou com a participação de um total de 16 apenados, do sexo masculino, com idade entre 22 a 65 anos.

Os critérios de inclusão para selecionar os apenados que participaram do programa foi baseado no perfil estabelecido, conforme os seguintes aspectos: Participar da convocatória; Realizar solicitação formal e voluntária de ingresso ao programa em questão; Possuir habilidades básicas de compreensão de leitura/escrita e operações

matemáticas; Ter um nível mínimo de educação básica primária; Estar classificado em fase de tratamento; Aprovar o processo de seleção; Gerar um compromisso de presença e cumprimento de forma espontânea. Foram excluídos os que não preencheram estes critérios.

Antes de iniciar as atividades pedagógicas, a fim de obter as percepções prévias dos educandos (apenados) e dos educadores voluntários (Mestrando e graduandos da Universidade Federal da Paraíba) (Quadro 1), Designação de funções, na parte “Corpo capacitador-Instrutores”, foi aplicado, um questionário semiaberto individual sobre a temática em questão. Para efeito de apresentação dos dados, os educandos, foram identificados por números definidos aleatoriamente, de 01 a 16, e os educadores de 01 a 05, a fim de resguardar as identidades dos envolvidos.

Quadro 1. Designação de funções dos participantes no Programa de Formação de Agentes Ambientais.

Cargo	Funções do programa	Responsável
Direção do estabelecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovar o desenvolvimento de atividades; • Realizar convênios com corpo capacitador; • Seguimento do programa. 	Diretor do prédio
Subdireção tratamento e desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> • Promover o desenvolvimento do programa; • Revisar e corrigir o programa; • Realizar convocatória; • Coordenar a inscrição dos apenados; • Realizar o processo de seleção dos apenados. • Seguimento do programa. 	

Cargo	Funções do programa	Responsável
Encarregado do plano de resíduos sólidos convencionais	<ul style="list-style-type: none"> • Dirigir o plano integral ambiental; • Promover o desenvolvimento de programas que integrem o plano integral ambiental; • Seguimento do programa; Apresentação dos instrutores. 	Subcoordenador
Coordenador(a) do plano de educação	<ul style="list-style-type: none"> • Zelar pelo desenvolvimento do programa educativo; • Vigiar o programa anual; Seguimento ao programa anual; • Promoção seguinte ciclo; Certificar os apenados. 	
Gestores da programação semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver a programação; Cumprir com as atividades propostas nas datas indicadas; • Apresentar informações com os avanços à direção. 	Estudantes e professores da universidade envolvida
Corpo de vigilância e guardas	<ul style="list-style-type: none"> • Zelar pela segurança dos capacitadores; • Zelar pela segurança dos gestores do projeto; • Desenvolver o plano de ação integral; • Zelar pela boa conduta dos internos dentro do programa; • Cumprir o regulamento proposto. 	Corpo de vigilância
Corpo capacitador (instrutores)	<ul style="list-style-type: none"> • Cumprir com o cronograma proposto no programa anual; • Realizar provas de aprendizagem aos apenados; • Apresentar os avanços; • Cumprir os apontamentos do programa estabelecidos na criação e estruturação do programa; • Realizar as capacitações correspondentes às atividades complementares. 	Universidade Federal da Paraíba (UFPB): José Soares do Nascimento (Orientador); Ronal Ariel Alvarez Moreno (Mestrando); Rafaela Kleinhans Pereira, Rosyane Lopez, Rafael López e Mirella Barbosa (Voluntários).

As estratégias foram aplicadas de forma participativa para identificar a percepção ambiental pelos educandos no processo de sensibilização. Segundo os procedimentos, indicados anteriormente, surgem as seguintes etapas metodológicas deste manual.

Para a realização do Programa de EA não formal aplicou-se duas metodologias, uma, referente à Educação Ambiental e a outra, a Gestão dos Resíduos Sólidos. Para a EA, a metodologia aplicada foi designada como: “Construção do sentido da identidade ambiental e a participação da comunidade” (ALVAREZ; ROMERO, 2010). Já para o programa de aproveitamento de resíduos sólidos não convencionais, foi aplicada a metodologia “DMAIC (Do inglês: Define, Measure, Analyze, Improve and Control = Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar)” (LUCI, 2009). Segundo Harry (1998), DMAIC é uma metodologia de resolução de problemas amplamente usada na área de negócios e setores industriais. Cada uma dessas metodologias precisou atender a uma série de etapas, para alcançar os resultados almejados.

- a) Metodologia Educação Ambiental: Construção do sentido da identidade ambiental e a participação da comunidade:
- Etapa 1 - Observação, diagnóstico e identificação das necessidades: Através de uma visita prévia, estabeleceu-se um contato direto com a direção do estabelecimento carcerário para apresentar, definir e discutir a temática a ser tratada. Foram solicitadas informações respectivas e observado a situação atual do presídio, visando identificar as necessidades e os requerimentos para o Programa de Formação de Agentes Ambientais.
 - Etapa 2 - Planejamento de atividades e iniciação do projeto: Realizou-se uma proposta inicial de trabalho que foi revisada, ajustada e aprovada por parte da direção do estabelecimento. A partir disto, foram determinados os objetivos, o alcance e pertinência de um programa de EA. Neste momento, foi

identificado quem, como e quando as atividades seriam desenvolvidas.

- Etapa 3 - Estruturação do Programa de Educação Ambiental e designação de funções: Nesta fase se fez necessário identificar os responsáveis pelo processo e designar responsabilidades e funções a cada um, definiu-se e designaram-se espaços e recursos. A estrutura foi essencial para o desenvolvimento e projeção do Programa de EA.
- Etapa 4 - Criação do Programa de Educação Ambiental: Consiste na execução do programa junto à população reclusa, sendo este modelo aplicado à Penitenciária Padrão de Santa Rita-PB. Espera-se daqueles que participarem do processo que se tornem os futuros gestores e multiplicadores da cultura ambiental.
- Etapa 5 - Fase de capacitação e apropriação de conhecimento: Realizada a abordagem e discussão dos temas relacionados ao meio ambiente.
- Etapa 6 - Avaliação e entrega de resultados: Mediante um processo contínuo de retroalimentação e havendo concluído as demais fases mencionadas, realizou-se a respectiva avaliação do projeto e se socializaram os resultados alcançados. Foi entregue um documento final à Secretária da Administração Penitenciária, juntamente com as atas das atividades desenvolvidas.

b) Metodologia Resíduos Sólidos: DMAIC

- 1º Etapa - Coleta e análise de informações: Nesta fase foram reunidas todas as informações necessárias para elaboração do plano de gestão. Documentação, reconhecimento e investigação acerca dos processos e mecanismos realizados. Identificação, classificação e quantificação dos resíduos sólidos gerados perante as atividades desenvolvidas no centro penitenciário.

- 2º Etapa - Determinar as diferentes etapas do processo: Foi constituída pela identificação das principais fontes de geração dos resíduos sólidos e elaboração de uma matriz de compatibilidade, dando como resultado a identificação dos pontos críticos da geração destes resíduos.
- 3º Etapa - Analisar as alternativas de prevenção e minimização dos resíduos sólidos: Compreendeu o desenho de estratégias voltadas a obter a prevenção e a minimização dos resíduos gerados.
- 4º Etapa - Elaborar indicadores de gestão como ferramenta do seguimento e controle das estratégias designadas: Para o desenvolvimento desta fase levou-se em conta uma série de fatores técnicos, sociais, econômicos e ambientais, para a formulação de indicadores de gestão de qualidade e de desempenho dos programas projetados.
- 5º Etapa - Elaboração de um programa de aproveitamento de resíduos sólidos: Constituiu-se na elaboração de um programa teórico/prático, visando o aproveitamento dos resíduos sólidos para aquela unidade estudada.

ELABORAÇÃO DO MANUAL PARA FORMAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS EM CENTRO PENITENCIÁRIO

Para realização do manual, alguns parâmetros foram de extrema importância, como a revisão bibliográfica, o estado da arte, bem como, a experiência vivenciada com EA em presídio colombiano. Este manual foi elaborado com a finalidade de consolidar a implantação do Programa de Formação de Agentes Ambientais em centros penitenciários, como uma alternativa integral de educação não formal, capacitando atores multiplicadores e gestores ambientais.

Os métodos educativos aplicados procuraram gerar, difundir e sensibilizar a população privada de liberdade frente à responsabilidade ambiental.

A experimentação foi realizado na Penitenciária Padrão da cidade de Santa Rita-PB, localizada na Rua Projetada-S/Nº, Bairro Alto das Populares. Nesta penitenciária, foi selecionada uma turma com um total de 16 apenados, conforme os critérios estabelecidos. Alguns recursos foram necessários para criação e execução deste programa no referido centro (Quadro 2), sendo necessários os recursos físicos, humanos e econômicos. Os recursos físicos foram disponibilizados pelo próprio estabelecimento penitenciário, com exceção do computador e do projetor, que foram de acervo pessoal.

Estrutura organizacional do Programa para Formação de Agentes Ambientais em centro penitenciário

Com a finalidade de facilitar a educação, a ressocialização dos internos participantes e garantir o cumprimento dos objetivos previstos neste programa, foi indispensável à existência de uma estrutura organizacional definida para criação do Programa de Formação de Agentes Ambientais, tomando como base a Penitenciária Padrão de Santa Rita-PB (Figura 1). Sem dúvida, a parceria entre diferentes entidades e o trabalho em equipe foi crucial para o desenvolvimento deste projeto socio-ambiental.

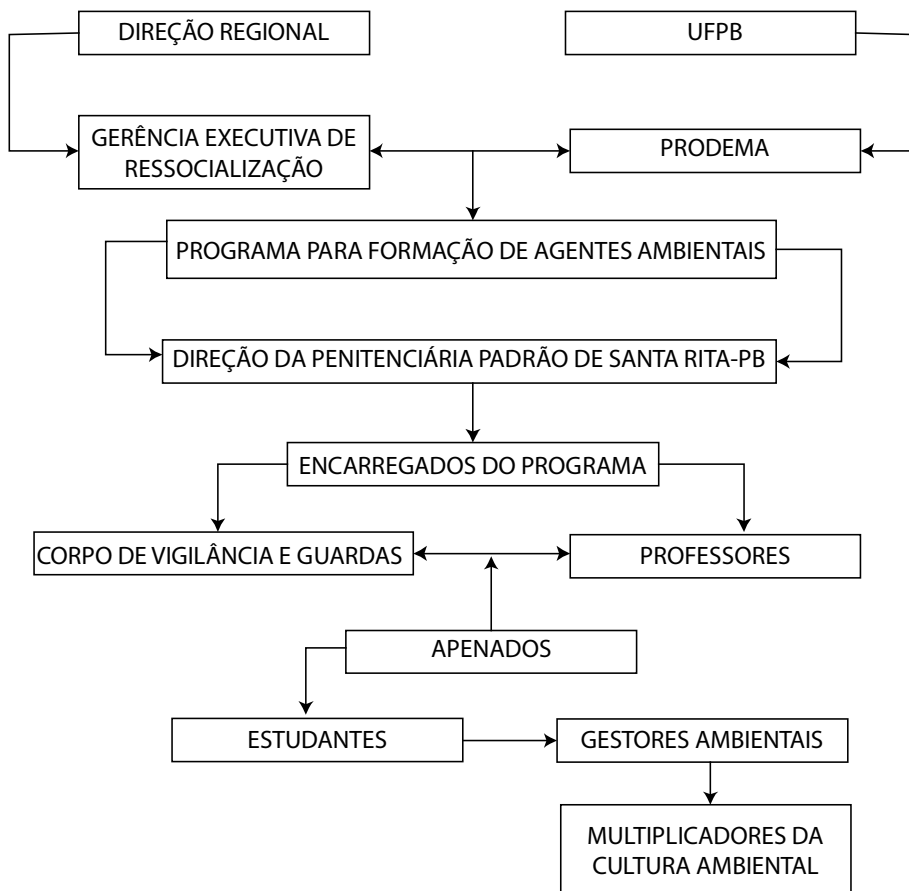
Quadro 2. Recursos necessários para criação do Programa de Formação de Agentes Ambientais

Recursos		Descrição	Propósito
Físicos: Infraestrutura, móveis e equipamentos.	Sala de aula, cadeiras, quadro, computador, projetor, televisão, DVD, som e ferramentas	Recursos existem na penitenciária em estudo, usados para diversas atividades	Necessários ao desenvolvimento das atividades educativas.
Humanos: Diretores, instrutores e alunos.	Diretor do estabelecimento penitenciário	Interessados no programa "Formação de agentes ambientais" Responsável pelo projeto.	Diretamente responsáveis e integrantes do programa em desenvolvimento.
	Coordenador	Pessoa com conhecimento sobre Educação Ambiental.	Apoiar e dar suporte.
	Encarregado	16 apenados selecionados	Seguir as instruções dadas.
	Estudantes		
Econômicos	Verba	Não estabelecido no programa realizado	Recursos financeiros necessários às atividades do programa.

O convênio foi firmado entre a Direção Regional e a Universidade Federal da Paraíba, através das respectivas Secretarias e/ou Programas – Gerência Executiva de Ressocialização da Secretária de Estado da Administração Penitenciária e do Programa de Pós-Graduação em

Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) autorizando a realização do presente projeto junto aos reeducandos.

Figura 1. Organograma do Programa de Formação de Agentes Ambientais na Penitenciária Padrão de Santa Rita-PB.



Após este aceite, o mesmo foi submetido à aprovação pela direção do estabelecimento carcerário em questão. Com a participação dos estudantes voluntários e professores da UFPB, funcionários do presídio (corpo de vigilância e guardas) e dos apenados participantes,

as atividades puderam ser executado conforme estruturado. Fazendo com que os internos ao final dos ciclos de capacitação se tornassem Agentes Ambientais e multiplicadores de informação, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

A fim de utilizar os recursos disponíveis de maneira eficaz e garantir o cumprimento das expectativas de todas as partes interessadas, procurou-se junto à direção do estabelecimento penitenciário desenvolver um trabalho em equipe, onde cada ator assumiu responsabilidades e compromissos para que as atividades propostas neste programa educacional fossem cumpridas dentro dos prazos estipulados no cronograma e com a segurança necessária.

Os responsáveis pela execução do programa por parte da penitenciária foram os diretores e agentes penitenciários. Por parte da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), os responsáveis foram: professor orientador José Soares do Nascimento e o mestrando Ronal Ariel Alvarez Moreno (coordenadores do projeto), graduandos Rafaela Kleinhans Pereira, Rosssyane Lopes, Rafael Lopez, Mirella Barbosa (colaboradores).

A programação foi estabelecida com base na sua funcionalidade e meta, considerado temas de relevância e significância ambiental. Foram propostos temas de entendimentos práticos, úteis e com finalidades claras (Quadro 3).

As atividades foram agrupadas em dois ciclos (Quadro 4): módulos do primeiro ciclo destinado à capacitação (20 horas teóricas), onde foram ensinados os conteúdos temáticos dos módulos: Introdutório, Ecologia e Meio Ambiente, Água e Solo. Já o segundo ciclo sobre os módulos: Ar, Saneamento básico, Gestão de resíduos e Legislação ambiental (24 horas teóricas e 4 horas práticas).

Quadro 3. Conteúdo programático do Programa de Formação de Agentes Ambientais na Penitenciária Padrão de Santa Rita-PB.

Módulo- tema	Assuntos	CH (horas)
Introdução ao programa de formação ambiental	Introdução ao tema de Meio Ambiente, apresentação do programa, alcance, objetivos, metas, missão e visão, programa acadêmico a ser desenvolvido.	2
Água	Generalidades sobre os recursos hídricos; ciclo da água; A água como agente fundamental em processos ecológicos; Exploração e problemática do recurso água; Água como recurso no Brasil.	8
Ar	Generalidades sobre o recurso ar; Qualidade do ar e contaminação atmosférica; Efeitos da contaminação do ar no meio ambiente; Mudanças climáticas e camada de ozônio.	6
Ecologia	Conceitos preliminares; A terra como sistema; Introdução à Ecologia; Conceitos gerais de Ecologia; Biosfera e ecossistemas.	4
Solo	O solo como sistema organizado; Fatores biótico e abiótico do solo; Propriedades dos solos; Perfil, tipos e composição dos solos; Os problemas atuais dos solos.	8
Gestão integral de resíduos sólidos	Definições e conceitos básicos; Classificação dos resíduos; A gestão dos resíduos sólidos; Separação na fonte, recolher e armazenamento dos resíduos sólidos; Aproveitamento e reciclagem; Resíduos hospitalares.	10
Saneamento básico	Saneamento ambiental (água, ar); Disposição de lixos.	6
Legislação Ambiental	Normas gerais; Norma ambiental e sanitária; Princípios ambientais contidos na Constituição brasileira; Algumas normas específicas gerais; Sistema ambiental nacional: Generalidades; Legislação internacional adotada no Brasil.	4
Carga horária total (Quarta-feira: 18h – 20h e Sábado: 15h30 – 17h)		48

Quadro 4. Programação de atividades desenvolvidas no Programa de Formação de Agentes Ambientais, não formal, na Penitenciária Padrão de Santa Rita.

Programa	Duração (horas)	Atividades a Desenvolver	Conteúdo temático
CICLO I	20 teóricas	Convocatória; Inscrição; Seleção; Apresentação; Instrutores; Capacitação; Atividades complementares; Seguimento.	Módulo Introdutório Módulo Ecologia e Meio Ambiente Módulo Água Módulo Solo
CICLO II	24 teóricas 4 teóricas	Apresentação; Instrutores; Capacitação; Atividades complementares; Seguimento; Promoção; Certificação.	Módulo Ar; Módulo Saneamento Básico; Módulo Gestão de Resíduos; Módulo Legislação Ambiental.
TOTAL:	48 horas		

Descrição das atividades

A programação teórica sobre Educação Ambiental constou de tópicos e definições, enriquecida com ilustrações de fácil entendimento, tendo em vista os diferentes graus de escolaridade dos apenados. Nas estratégias de ensino aplicadas aos reeducandos participantes do Programa de Formação de Agentes Ambientais utilizaram-se

diferentes modalidades didáticas, através de aulas diversificadas, com a utilização de textos e recursos audiovisuais, como forma de facilitar o desenvolvimento e a compreensão dos temas por parte dos participantes e tornar os encontros prazerosos. As avaliações foram feitas em todos os momentos das aulas, a partir das contribuições individuais ou em grupo como um todo, assim como, a partir do envolvimento dos alunos nas atividades realizadas.

Como forma de avaliar as atividades propostas, o cumprimento das tarefas e a capacitação da população em estudo, três indicadores foram utilizados para avaliar o desempenho deste projeto:

Indicador do cumprimento das atividades propostas:

$$IDC_1 = \frac{\# \text{ Atividades realizadas}}{\text{Total de atividades propostas}} * 100 = x/x * 100 = 90\%$$

Indicador do cumprimento de objetivos:

$$IDC_2 = \frac{\# \text{ Objetivos cumpridos}}{\text{Objetivos cumpridos}} * 100 = x/x * 100 = 100\%$$

Indicador do aumento da população capacitada:

$$IDC_3 = \frac{\# \text{ Internos capacitados}}{\text{Total de internos propostos a capacitar}} * 100 = x/x * 100 = 100\%$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de um Programa de Educação Ambiental, não formal, tendo como base a Penitenciária Padrão de Santa Rita – PB, contribuiu para o entendimento teórico e prático da Educação Ambiental. Para a população de apenados esta pode ser a única oportunidade de superar a visão fragmentada do mundo, pela introdução de novas relações entre os indivíduos e destes com a natureza. Ao longo desta pesquisa, apesar do impacto em relação ao ambiente prisional, observou-se o quanto o exercício da Educação Ambiental é estimulante, tanto para quem ministra, quanto para os sujeitos envolvidos.

Ao exercitar a Educação Ambiental no ambiente prisional na tentativa de ressocialização dos apenados e na prevenção da reincidência criminal, por meio de suas premissas, princípios, propostas e formas de atuação conduz o apenado a transpor a sua condição e refletir novas possibilidades. Além de sensibilizar e preparar o indivíduo na sua retomada a liberdade, possibilita também, que o mesmo possa competir com menos desigualdade de condições com os demais cidadãos (livres) na disputa por um trabalho digno e justo, seja como agente ambiental, técnico em jardinagem, gestor e/ou promotor ambiental, operador de máquinas de reciclagem etc. Diversas habilidades poderão ser desenvolvidas e mais preciosas que o tempo de longos anos perdidos.

Durante e após a realização dos ciclos de capacitação (I e II) observa-se que a metodologia utilizada se mostra eficaz no alcance dos objetivos propostos na pesquisa, pois, os momentos oferecidos aos alunos, configuraram-se em uma contextualização das questões ambientais, a construção de saberes e a participação ativa de todos nela envolvidos. A discussão com os alunos sobre os problemas ambientais existentes, buscando as soluções a partir deles e de suas ideias, além de possibilitar o compromisso, desperta novas competências, inclusive nos educadores. Sabe-se, que o ponto de partida para o empenho em todo processo educativo é o desejo dos

alunos em participar e o compromisso destes durante todo o processo de ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R.; ROMERO, C. Creación y estructuración de la Escuela de Formación Ambiental, EFA, en el Establecimiento Penitenciario de Mediana seguridad y carcelario del municipio de Ubaté – Cundinamarca. **Taller de servicio municipal**. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle. 2010.

ANDRADE, C.C.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; BRAGA, A.A.; JAKOB, A.C.; ARAÚJO, T.D. **O desafio da reintegração social do preso: Uma pesquisa em estabelecimentos prisionais**. IPEA, 52p. 2015. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4375/1/td_2095.pdf Acesso em: 06 de Junho. 2020.

DEPEN - **Conselho Nacional De Política Criminal e Penitenciária**. Comissão do plano nacional de política criminal e penitenciária. 118p. 2019. Disponível em: <http://depen.gov.br/DEPEN/cnpcp-divulga-de-consulta-publica-do-plano-nacional-de-politica-criminal-e-penitenciaria/PNPCP220919.pdf> Acesso em: 06 de Junho. 2020.

FORGIARINI, F.R.; GIRARD, R.V.; REIS, J.T.; SILVEIRA, A.L.L. Integração entre a educação ambiental e a cobrança pelo uso da água como meio de racionalização do consumo. **Rega**, v.7, n.1, p.17-28, jan./jun. 2010.

FRANCO, J. H. K. Execução da pena privativa de liberdade e ressocialização. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 13, n.2009, 31 dez. 2008.

HARRY, M, J. (1998) - Six sigma: A breakthrough strategy for profitability. **Quality Progress**. v.31, n.5, may.

IBGE. **Indicadores Demográficos, Econômicos e Sociais. Paraíba:** 2008.

IBIFLORESTAS – **Instituto Brasileiro de Florestas.** Disponível em:

<<http://www.ibflorestas.org.br>> Acesso em: 06 de Outubro. 2014.

LUCI, Alberto. **DMAIC Methodology.** 2009. Disponível em: <http://ezinearticles.com/?DMAIC-Methodology&id=2003902>. Acesso em: 06 de Julho. 2014.

MELLO, A; BARROS. B; FRAGOMENI. D.; BONATO. L. Visões de cárcere: a recuperação através da reciclagem. **Jornal Ambiental.** 2014. Disponível em: <<http://jornalismoambiental.uniritter.edu.br/?p=200>> Acesso em: 10 de setembro. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 1981. Disponível em: http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/coea/pncpr/O_que_sao_PolíticasPublica_s.pdf. Acesso em: 06 de Novembro. 2014.

NASCIMENTO, Luciano. Brasil tem mais de 773 mil encarcerados, maioria no regime fechado. **Agência Brasil.** Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-02/brasil-tem-mais-de-773-mil-encarcerados-maioria-no-regime-fechado>. 2020. Acesso em: 06 de Junho. 2020.

PNUD - **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.** Disponível em:<latinamerica.undp.org>. Acesso em: 10 de Dezembro. 2014.

SATO, M. Apaixonadamente pesquisadora em Educação Ambiental. **Educação, Teoria e Prática,** Rio Claro, n. 9, v. 16/17, 2001.

CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL, AVIFAUNA E CONSERVAÇÃO NO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES, PIAUÍ, BRASIL

*Isis Tamara Lopes de Sousa Alves
Reinaldo Farias Paiva de Lucena
Kallyne Machado Bonifácio*

INTRODUÇÃO

Considerado o grupo taxonômico mais representativo em número de espécies, as aves são reconhecidas como animais de maior relevância cinegética no mundo (NÓBREGA; BARBOSA; ALVES, 2011), alvo mais importante para o tráfico de animais silvestres (OLIVEIRA et al., 2020) e indicadoras de conservação da biodiversidade (FAHRIG, 2003). Exemplo, são grupos cracídeos (jacus e jacutingas). A grande quantidade de proteína fornecida por indivíduo capturado e a ampla distribuição dessas espécies, os colocam numa posição de animais mais procuradas por caçadores (ICMBio, 2008).

A riqueza de espécies de aves no Brasil é de 1919 (837 foram registradas para o Cerrado), o correspondente a quase 20% do total mundial (ICMBio, 2015; PIACENTINI, 2015). Muito embora, seja apontada no quadro de ameaça como sendo o País com maior número de espécies correndo risco (165) (PIACENTINI, 2015), sendo as mudanças no habitat natural uma das principais causas da ameaça a essas espécies (MARIANI; GARCIA, 2005). Sobre as ameaças à conservação, o Plano de Ação Nacional para a Conservação das Aves do Cerrado e do Pantanal estabelece ações de conservação para 39 táxons de aves (ICMBio, 2015).

A etno-ornitologia enquanto campo de pesquisa científica, busca compreender as inter-relações estabelecidas entre pessoas e aves, incluindo aspectos dos conhecimentos ecológicos locais, assim como as práticas, simbolismo, significado e uso da avifauna por um grupo social (ALVES et al., 2013). Ademais, em se tratando de conservação da diversidade biológica em áreas protegidas, características taxonômicas e comportamentais das aves têm sido amplamente abordadas na perspectiva da etno-ornitologia (TEIXEIRA, 1992).

Dessa forma, informações acerca da ocorrência de aves em determinado local torna-se relevante para direcionar iniciativas de conservação futuras, particularmente para aquelas espécies com certo grau de ameaça; pressão de uso pelas pessoas locais, por exemplo. Esse é o objetivo do presente estudo, o qual parte do pressuposto que a riqueza de espécies de aves conhecidas pelas pessoas locais pode dar indicativo de quais espécies estão disponíveis no ambiente, bem como, quais delas vem sofrendo pressão de uso.

O Parque Nacional (PARNA) de Sete Cidades, além de se inserir em área prioritária para a conservação da biodiversidade do bioma Cerrado (BRASIL 1999), constitui-se em uma das regiões com mais alta riqueza de espécies de aves do Piauí (SANTOS et al., 2013). Todavia, inexistem, até o momento, pesquisas voltadas às relações entre as comunidades do entorno e as aves com ênfase na conservação.

MATERIAL E MÉTODOS

Criada pelo Decreto Federal nº 50.744/61 e contemplando uma área de 6.221 ha, o PARNA de Sete Cidades se trata de uma Unidade Conservação Federal de Proteção Integral localizada no estado do Piauí, entre os municípios de Brasileira e Pirarucura (IBDF, 1979) (Figura 1).

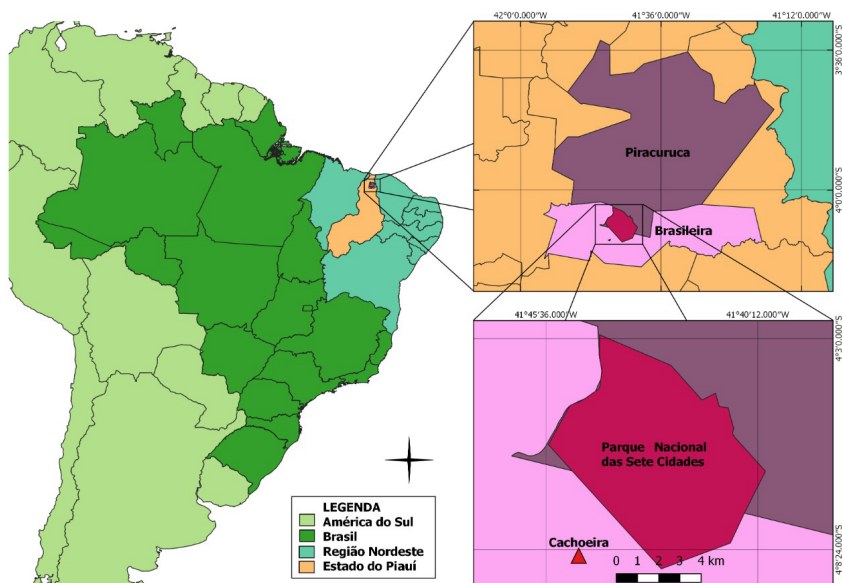
O clima nessa região é semiárido, com duração do período seco de seis meses e temperaturas médias anuais variando entre 24 °C e 26 °C (SANTOS et al., 2013). A vegetação predominante é de Cerrado,

apresentando espécies como *Byrsonima crassifolia* (L. Rich) (murici), *Parkia platycephala* (Benth.) (faveiro) e *Terminalia fagiflora* (Mart.) (cascudo) (IBDF, 1979). As espécies da fauna existentes na região não são restritas do Cerrado e algumas espécies animais apresentam ampla distribuição geográfica, a exemplo dos tinamídeos, os perdizes (IBDF, 1979)

Essa Área Protegida dispõe de um Plano de Manejo (elaborado em 1979) como instrumento de Gestão.

No entorno do PARNA, contabiliza-se 23 comunidades, sendo escolhida a comunidade Cachoeira para realização da pesquisa por questão de logística. Essa comunidade se localiza na região rural do município de Brasileira, a aproximadamente 10,9 km da sede administrativado PARNA. Nela, estão inseridas 24 casas. Como critério de exclusão da pesquisa, incluem-se as casas sem moradores (n=2) e a recusa do chefe de família em participar (n=1).

Figura 1: Localização da Comunidade Cachoeira no entorno do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. Mapa: Ezequiel da Costa Ferreira (2018).



COLETA DOS DADOS

Obteve-se os dados, de maio a dezembro de 2018, através da utilização de formulário, englobando os seguintes aspectos: as aves conhecidas e seus usos, bem como, questões sobre o perfil (idade, sexo, tempo de moradia na comunidade etc.). Para tal, entrevistou-se os chefes da família (homem e/ou mulher), acima dos 18 anos.

A identificação das espécies relatadas foi realizada através da visualização direta durante as entrevistas, através de fotos e baseado em estudos realizados previamente na área da pesquisa (TELINO-JÚNIOR et al., 2005). Na identificação da nomenclatura científica, utilizou-se a Lista de Aves do Brasil, disponibilizada pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO, 2015).

Antes de cada entrevista, explicou-se o objetivo do trabalho, e esses foram convidados a assinar o TCLE, autorização CAAE: 02669718.9.0000.5188. Também se obteve a autorização do SISBIO, registro nº 64999-1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil dos entrevistados

De maneira geral, os 31 entrevistados compreendem jovens (N= 2; 7%), adultos (N= 19; 61%) e idosos (N= 10; 32%), segundo delimitação do IBGE (2010), com idade variando entre 20 e 73 e tempo de moradia no local 10 e 30 anos. Essas pessoas têm como atividade de subsistência, principalmente a agricultura (17; 55%) (Tabela 1).

Tabela 1: Características socioeconômicas dos 31 entrevistados da Comunidade Cachoeira, Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil.

Aspectos Sociais	Números de entrevistados	Frequência relativa (%)
Sexo		
Homens	15	48
Mulheres	16	52
Idade (anos)		
18 a 24	2	7
25 a 29	19	61
Acima de 60	10	32
Estado civil		
Solteiro	2	7
Casado	26	84
Divorciado/viúvo	3	9
Escolaridade		
Analfabeto	12	39
Fundamental incompleto	14	45
Fundamental completo	0	0
Ensino Médio incompleto	3	9
Ensino Médio completo	2	7
Renda Mensal*		
Menos de 1 salário mínimo	18	58
1 salário mínimo	13	42
Mais de um salário mínimo	0	0
Ocupação		
Agricultora	17	55
Serviços gerais	4	13,5
Agricultura e serviços gerais	4	13,5
Aposentado	3	9
Não informado	3	9
Tempo de moradia (anos)		
0 a 10	7	22
11 a 20	8	26
21 a 30	8	26
> 30	8	26

*Salário mínimo em 2018: R\$ 954,00

RIQUEZA PERCEBIDA DE ESPÉCIES

Um total de 118 espécies de aves foram mencionadas. A família Columbidae (10 espécies) destacou-se com o maior número de espécies citadas, seguida da Thraupidae (7), Psittacidae (6), Accipitridae (5) e Icteridae (5). Estudos avifaunísticos desenvolvidos no PARNA de Sete Cidades, Piauí, documentaram uma ampla riqueza de espécies. Em uma pesquisa de campo realizada em apenas 5 dias foram registradas 83 espécies de aves (COIMBRA-FILHO e MAIA, 1977). Santos et al. (2013), durante 75 dias de coletas, entre 2002 e 2009, registrou um total de 238 espécies, das quais 75 destas espécies foram constatadas na presente pesquisa, demonstrando que os entrevistados conhecem uma parcela significativa das aves da região.

Comparando com outros trabalhos etnozoológicos com foco na avifauna conhecida e realizados em área protegida, o número de espécies mencionadas neste estudo foi significativo. Bonifácio et al. (2016) em estudo com comunidades rurais do entorno da Área de Proteção Ambiental (APA) Chapada do Araripe, no Ceará, registrou 34 espécies com algum uso conhecido. Em outra área protegida, comunidades rurais da APA de Genipabu (Rio Grande do Norte), citaram 64 espécies (TORRES et al., 2009); na Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité, Ceará, as pessoas locais mencionaram 92 espécies (FENANDES-FERREIRA et al., 2012).

Espécies como *Rhea americana* (Linnaeus, 1758) (Ema) e *Ara ararauna* (Linnaeus, 1758) (Arara), mencionadas por um dos informantes e consideradas raras por eles, são informações corroboradas pelo Plano de Manejo realizado pelo IBDF (1979), em que apontou a ocorrência dessas espécies, destacando o declínio desses animais na região, associado à perda de hábitat ao longo do tempo. Esse fato também foi evidenciado pela IUCN (2016) ao afirmar que o declínio populacional de emas em âmbito global, deve-se em decorrência, principalmente, da caça para alimentação e comércio de pele. Com relação ao status de

conservação, das 81 espécies identificadas, apenas uma é considerada ameaçada de extinção em âmbito global, a *R. americana*, categoria quase ameaçada (NT) (IUCN, 2016).

CATEGORIAS DE USO

Dos 31 entrevistados, 27 (87%) mencionaram o uso de espécies de aves (Tabela 2) com a finalidade para a criação - *A. aestiva* (papagaio; 12 citações), *C. cela* (xexéu; 14), *C. squammata* (rolinha fogo apagou; 10) e *L. verreauxi* (juriti; 9); 25 (81%) para o uso alimentício - *L. verreauxi* (juriti; 18 citações), *P. superciliaris* (jacú; 16), *C. talpacoti* (rolinha sangue de boi; 17), *C. squammata* (rolinha fogo apagou; 14) e *Crypturellus parvirostris* (Wagler, 1827) (nambú pé vermelho; 10); para o uso mágico-religioso 5 (16%) - urubu (*C. atratus*), rolinha fogo apagou (*C. squammata*) e 3 (10%) para o medicinal - *Coragyps atratus* (Bechstein, 1793) (urubu), *L. verreauxi* (juriti), *C. cyanopogon* (cancão), *N. griseus* (mãe da lua) e *A. aestiva* (papagaio).

O hábito de criar aves em gaiolas como animais de estimação é bem frequente na região Nordeste do Brasil e essa prática ainda é comum pela facilidade de encontrar essas espécies disponíveis nas feiras livres (GAMA; SASSI, 2008; NÓBREGA, 2011).

Ressalta-se que um dos informantes evidenciou o nambú e o jacu como “caça especial”, ou seja, de maior relevância alimentar. *P. superciliaris* foi citada por Bonifácio et al. (2016) e Thel et al. (2015), na APA Chapada do Araripe, como sendo preferida para o consumo devido ao gosto e sabor da carne. A justificativa relatada pelos autores, pode também explicar a preferência pelo nambu no presente estudo.

O baixo percentual apresentado nas categorias medicinais e mágico-religioso foi observado também no estudo realizado por Bezerra et al. (2013), em que concluiu que esse resultado seja decorrente da redução da transferência desses conhecimentos as gerações mais atuais.

ASPECTOS CONSERVACIONISTAS

Na ótica dos entrevistados, foram consideradas como aves “menos encontradas” na região do PARNA as seguintes espécies, *P. superciliares* (jacu verdadeira) (23%; n= 7), *Crypturellus tataupa* (Temminck, 1815) (nambu pé roxo) (10%; 3) e *Rhynchotus rufescens* (Temminck, 1815) (nambu capote) (10%; n=3).

No caso do jacu, o maior número de menção se deve *P. superciliaris* está sofrendo impactos negativos pela perda e fragmentação do seu habitat, como também pela caça desenfreada, contribuindo rapidamente com o declínio dos indivíduos dessa espécie (CEMAVE, 2010). Contudo, foi possível observar durante a pesquisa uma disponibilidade considerável desses animais no interior do PARNA de Sete Cidades, mostrando que a área protegida, atualmente, tem servido de refúgio para esses animais, no caso para alimentação.

Espécies das famílias Cracidae são encontradas em florestas preservadas e com boa qualidade de água (ROCHA et al., 2015). Mikich (2002) analisando a dieta de *P. superciliaris* (Cracidae) em fragmentos florestais do Sul do Brasil, verificaram que essa ave exibe preferência por ambientes florestais menos alterados e por frutos de ocorrência nesses ambientes. Logo, a forte dependência do ambiente florestal para a sobrevivência de *P. superciliaris* poderia ser uma possível explicação para a maior quantidade de indivíduos dentro do PARNA.

O jacu (*P. superciliaris*) habita a beira de mata, capoeira, a capões de cerrado, exibindo comportamento grupal (bandos de até 15 indivíduos) durante o período de frutificação de espécies vegetais (SICK, 2001). O estudo de Thel et al. (2015), estimou densidades de *P. superciliaris* de 19.17 indivíduos/km² para uma área protegida de 623 ha. Ainda segundo os autores, os parâmetros populacionais por ter relação com a disponibilidade de alimento, pode influenciar no padrão de deslocamento de *P. superciliaris*, ressaltando que o valor obtido dar uma ideia aos tomadores de decisão da população remanescente na região.

CONCLUSÃO

Os moradores da Comunidade Cachoeira detêm um vasto conhecimento da avifauna, associando e diferenciando esses animais, geralmente, por suas cores e canto. Dentre as categorias de uso apresentadas, ressalta-se que, nos dias atuais, a categoria de uso presente no cotidiano do grupo estudado é a criação como pet mostrando que, possivelmente, seja uma das principais causas de declínio da população de algumas espécies locais.

É perceptível também, a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre a abundância de espécies animais no PARNA de Sete Cidades. Fato que chamou atenção foi a notoriedade do jacu (*P. superciliaris*) como a espécie menos encontrada pelos informantes da comunidade Cachoeira, embora facilmente observadas dentro do PARNA de Sete Cidades bem próximas a ambientes com presença constante de pessoas.

AGRADECIMENTOS

ITLS Alves e KM Bonifácio agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de Mestrado e de Pós-Doutorado, respectivamente. Agradecimento especial aos informantes da Comunidade de Cachoeira que foram indispensáveis para a realização desta pesquisa.

Tabela 2: Espécies de aves citadas por moradores da Comunidade Cachoeira situada no entorno do PARNA de Sete Cidades, Piauí e suas respectivas categorias de uso. AL= alimentação; CR= criação; ME= medicinal; MA= mágico-religioso.

Família/Espécie	Nome local	Citações	Usos
ACCIPITRIDAE			
<i>Gampsonyx swainsonii</i> (Vigors, 1825)	gavião pequeno	2	-
<i>Heterospizias meridionalis</i> (Latham, 1790)	gavião mariano	5	AL
<i>Leptodon cayanensis</i> (Latham, 1790)			
<i>Rostrhamus sociabilis</i> (Vieillot, 1817)	gavião preto com branco	4	-
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	gavião preto		
ANATIDAE			
<i>Dendrocygna</i> sp	gavião pedrez	5	AL
ARDEIDAE			
<i>Ardea Alba</i> (Linnaeus, 1758)			
<i>Tigrisoma lineatum</i> (Boddaert, 1783)	marreca	8	AL
BUCCONIDAE			
<i>Nystalus maculatus</i> (Gmelin, 1788)	garça branca	1	AL; CR
CARDINALIDAE			
<i>Cyanoloxia brissonii</i> (Lichtenstein, 1823)	socó	1	-
	jacu	5	AL
CARIAMIDAE			
<i>Cariama cristata</i> (Linnaeus, 1766)	bico de latão		
CATHARTIDAE			
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)		1	-
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	azulão		
<i>Sarcoramphus papa</i> (Linnaeus, 1758)		1	-
CHARADRIIDAE			
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	sariema	102	
COLUMBIDAE			
<i>Claravis pretiosa</i> (Ferrari-Perez, 1886)	urubu camiranga	2	AL; CR
<i>Columbina</i> sp	urubu	2	-
<i>Columbina minuta</i> (Linnaeus, 1766)	urubu-rei/ urubutinga	3	ME;MA
	teteu	2;2	-
	jutriti azul/ juriti cor de sangue	4	-
	rolinha		
	rolinha capoeirinha/ rolinha da mata	3;2	-
		1	-
		1;1	AL; CR

REFERÊNCIAS

- ALVES, R.R.N.; LEITE, R.C.L.; SOUTO, W.M.S.; BEZERRA, D.M.M.; LOURES-RIBEIRO, A. Ethno-ornithology and conservation of wild birds in the semiarid Caatinga of northeastern Brazil. *Journal Ethnobiology and Ethnomedicine* 9(14): 1-2. 2013.
- BEZERRA, D. M. M.; ARAUJO, H. F. P.; ALVES, A. G. C.; ALVES, R. R. N. Birds and people in semiarid northeastern Brazil: symbolic and medicinal relationships. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9:3, 2013.
- BONIFÁCIO, K.M.; FREIRE, E.M.X.; SCHIAVETTI, A. Cultural keystone species of fauna as a method for assessing conservation priorities in a Protected Area of the Brazilian semiarid. *Biota Neotropica* 16(2); 1-16. 2016.
- BRASIL. Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do cerrado e pantanal. Disponível em: <<http://www.conservation.org.br>> Acessado em dezembro/2018.1999.
- CEMAVE (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres). Ficha da espécie: *Penelope superciliaris*. Disponível em: <<http://www.cemave.net/listavermelha>>. Acessado em: dezembro/2018. 2010.
- COIMBRA-FILHO, A. F.; MAIA, A. A. Preliminares acerca da Situação da Fauna do Parque Nacional de Sete Cidades, Estado do Piauí. Relatório. 1977.
- CBRO. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. *Revista Brasileira de Ornitologia* 23:2, 91- 298, 2015.

FERNANDES-FERREIRA, H.; MENDONÇA, S.V.; ALBANO, C., FERREIRA, F.S.; ALVES, R.R.N. Hunting, use and conservation of birds in Northeast Brazil. *Biodiversity and Conservation* 21: 221–244, 2012.

GAMA, T.F.; SASSI, R. Aspectos do comércio ilegal de pássaros silvestres na cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Gaia Scientia* 2: 21-20. 2008.

IBDF. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Plano de manejo: Parque

Nacional de Sete Cidades. Brasília: MA / Fundação Brasileira para a Conservação da

Natureza (FBCN). 1979.

ICMBio. Instituto Chico Mendes da Biodiversidade. Plano de ação nacional para a conservação dos Galiformes ameaçados de extinção (acaruãs, jacus, jacutingas, mutuns e urus). Brasília: ICMBio. 2008.

ICMBio. Instituto Chico Mendes da Biodiversidade. Plano de ação nacional para a conservação das aves do Cerrado e do Pantanal. Brasília: ICMBio. 2015.

IUCN Red List of Threatened Species. *Rhea americana*. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22678073A92754472.en>.> Acessado em dezembro/2018. 2016.

MARINI, M. A.; GARCIA, F. I.; Conservação de aves no Brasil. *Megadiversidade* 1, 95–102, 2005.

MIKICH, S.B. A dieta frugívora de *Penelope superciliaris* (Cracidae) em remanescentes de floresta estacional semidecidual no centro-

oeste do Paraná, Brasil e sua relação com *Euterpe edulis* (Arecaceae). *Ararajuba* 10 (2): 207-217, 2002.

NOBREGA, V. A.; BARBOSA, J. A.; ALVES, R. R. N. Utilização de aves silvestres por moradores do município de Fagundes, semiárido paraibano: uma abordagem etnoornitológica. *Sitientibus* 11:2, 165 - 175, 2011.

OLIVEIRA, S.S.L.; BORGES, A.K.M.; LOPES, S.F.; VASCONCELLOS, A.V.; ALVES, R.R.N. Illegal trade of songbirds: an analysis of the activity in an area of northeast Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 16 (16): 1 – 14, 2020.

PIACENTINI, V.Q.; ALEIXO, A.; AGNE, C.E.; MAURÍCIO, G.N.; PACHECO, J.F.; BRAVO, G.A.; BRITO, G.R.R.; NAKA, L.N.; OLMOS, F.; POSSO, S.; SILVEIRA, L.B.; BETINI, G.S.; CARRANO, E., FRANZ, I.; LEES, A.C.; LIMA, L.M.; PIOLO, D.; SCHUNCK, F.; AMARAL, F.R.; BENCKE, G.; COHN-HAFT, M.; FIGUEIREDO, L.F.A.; STRAUB, F.C; CESARI, E. Lista de aves do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia* 23:2, 91-298, 2015.

ROCHA, C.; MATIAS, R.; AGUIAR, L.M; MELO-SILVA, C., GONÇALVES, B.B.; MESQUITA-NETO, J.N. Caracterização da avifauna em áreas de cerrado no Brasil Central. *Acta Biológica Catarinense* 2 (2): 49-63, 2015.

SANTOS, M. P. D.; SOARES, L. M. S.; LOPES, F. M.; CARVALHO, S. T.; SILVA, M. S.; SANTOS, D. D. Birds of Sete Cidades National Park, Brazil: econotal patterns and habitat use. *Revista Cotinga* 35: 50-62, 2013.

SICK, H. *Ornitologia brasileira*. 4 ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 912p. 2001.

TELINO - JÚNIOR, W. R.; DIAS, M. M.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LYRA-NEVES, R. M.; LARRAZÁBAL, E. L. Estrutura trófica da avifauna na

Reserva Estadual de Gurjaú, Zona da Mata Sul, Pernambuco, Brasil.
Revista Brasileira de Zoologia 22: 962-973. 2005.

TEIXEIRA, D.M. Perspectiva da etno-ornitologia no Brasil: o exemplo de um estudo sobre “tapiragem”. Boletim do Museu Paranaense Emílio Göeldi 8(1): 113-121. 1992.

THEL, T.N.; TEIXEIRA, P.H.R.; LYRA-NEVES, R.M.; TELINO-JÚNIOR, W.R.; FERREIRA, J.M.R.; AZEVEDO-JÚNIOR, S.M. Aspects of the ecology of *Penelope superciliaris temminck*, 1815 (Aves: Cracidae) in the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. Brazilian Journal of Biology 75(4):126-135. 2015.

TORRES, D.F., OLIVEIRA, E.S., ALVES, R.R.N.; VASCONCELLOS A. Etnobotânica e etnozootologia em unidades de conservação: uso da biodiversidade na APA de Genipabu, Rio Grande do Norte, Brasil. Interciencia 34:623-629. 2009.

ANÁLISE DAS PROJEÇÕES DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA: IMPLICAÇÕES E PERSPECTIVAS NA DIVERSIFICAÇÃO DAS FONTES GERADORAS

Michelle Cristina Varela dos Santos

Sarah Ingrid Silva

Valdério Freire de Moraes Junior

Nataly Albuquerque dos Santos

Raimundo Aprígio de Menezes Junior

INTRODUÇÃO

Ao longo da história o ser humano comumente buscou meios de dominar a natureza através de sua engenhosidade. Aproveitando assim as formas de energia disponíveis no ambiente para desenvolver novas ferramentas, técnicas e tecnologias. Esse processo de desenvolvimento tecnológico tem sido possível graças as mais diversas formas de aproveitamento energético dos recursos naturais.

Para De Souza et al (2019), “ a energia é um elemento essencial no processo civilizatório”. O crescimento demográfico associado à forma de vida da população ocasiona um aumento contínuo na demanda de energia. Conseqüentemente, conforme os autores Dupont; Grassi e Romitti (2015), o modelo energético baseado na exploração de combustíveis fósseis, durante os últimos séculos, apesar de promover o desenvolvimento da humanidade, tem levado a exaustão dos recursos naturais.

O processo de massificação energética teve ascensão após a Revolução industrial, com a necessidade de uma maior oferta de energia

para o funcionamento das máquinas a vapor que impulsionaram a indústria, iniciando a era dos combustíveis de origem fóssil. Mas essa demanda se intensificou com a descoberta da eletricidade, dando início a um novo ciclo tecnológico. Após esse evento, as fontes energéticas tornaram-se essenciais para produção de eletricidade, uma tecnologia da qual as sociedades atuais são completamente dependentes (SILVEIRA, 2018).

No Brasil, ações relacionadas ao desenvolvimento da matriz energética, tiveram início no período colonial com a implantação de usinas termoelétricas. A partir da década de 1970 iniciaram-se estudos e projetos voltados para a extração e produção de combustíveis fósseis, além da consolidação de uma matriz hidráulica. Apesar de possuir quase metade da matriz energética produzida através de fontes renováveis, fator impulsionado pela matriz elétrica, a qual possui majoritariamente uma fonte hidráulica, o país necessita de uma diversificação no setor. Já que a variedade de recursos existentes permite a utilização das mais diversas formas de produção de energia (SILVEIRA, 2018; DE SOUZA et al, 2019).

Diante do atual quadro de esgotamento dos recursos naturais, ameaça à biodiversidade mundial, agravamento do efeito e conseqüentemente mudanças climáticas. Os países têm se mobilizado e buscado alternativas para o desenvolvimento sustentável. Em consonância, encontros e conferências mundiais produzem documentos e norteiam a confecção de leis, voltadas para a diminuição da produção e utilização de fontes energéticas fósseis e poluidoras, incentivando assim uma matriz energética limpa, como os relatórios produzidos no *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (MMA, 2016; RODRIGUES; SILVA, 2017).

Ainda conforme MMA (2016) e Silveira (2018), durante a 21ª edição da Conferência das Partes (COP 21) sobre as mudanças climáticas, foi aprovado e assinado O Acordo Paris, no qual os países participantes se comprometeram em reduzir a emissão de Gases do Efeito Estufa

(GEE). Em decorrência ao evento, cada nação produziu um documento implementador de ações voltadas à diminuição de GEE, o *Nationally Determined Contributions* (NDC). O NDC brasileiro compromete-se a uma diminuição de 43% na emissão de carbono até 2030, em conformidade aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Desse modo, a diversificação da matriz energética brasileira, buscando não somente outras formas de produção de eletricidade, prescindindo a dependência da hidroeletricidade, como também a diminuição dos combustíveis de origem fóssil, torna-se uma questão primordial para o desenvolvimento econômico e sustentável do país. De acordo com De Souza e seus colaboradores (2019), o Brasil tem potencial para se tornar uma potência energética mundial, de forma sustentável.

Sendo assim, o presente estudo tem por objetivo analisar a atual situação da matriz energética brasileira, diante de suas projeções, implicações e perspectivas. A fonte de pesquisa consta de material bibliográfico e documental, existente em pesquisas, periódicos e sites oficiais, através de uma análise quanti-qualitativa. Ao final, a disponibilidade de dados atuais e organizados sobre a questão energética no país em comparação com o mundo, pode ser usada como subsídio para a realização de novos estudos.

MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Panorama da matriz energética

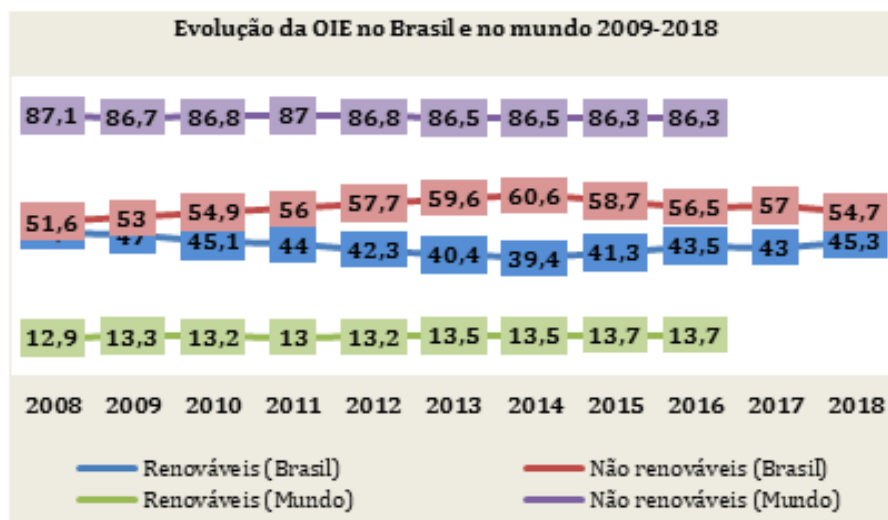
Diante do apelo global, econômico e ecológico para uma matriz energética limpa, foi instituída no Brasil a Lei 12.187/2009 da Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, que dentre outros aspectos, trata da minimização de combustíveis de origem fóssil, mitigação de danos provenientes da emissão de GEE e incentivo a adoção de energias a partir de recursos renováveis. Para Altoé et al. (2017), as energias

renováveis, associadas ao uso racional e eficiente destas, serão capazes de suprir metade da demanda energética global em um futuro bem próximo.

Dados contendo a Oferta Interna de Energia (OIE) no Brasil, em comparação com o Mundo, demonstram a atual situação da matriz energética mundial e nacional, o que permite uma análise das projeções e relação com fatores socioambientais, políticos e econômicos. Com relação à oferta, consumo e perdas de energia no Brasil, em comparação 2017/2018 houve um decréscimo proporcional em todas. A oferta interna de energia caiu 1,7%, o Consumo final caiu 1,0% e as perdas tiveram uma queda de 0,6%. Esses dados refletem a crise econômica enfrentada pelo país nesse período. Mas também apontam uma melhora significativa na eficiência energética gerada, com mais aproveitamento e menos desperdício, fato que pode estar relacionado ao desenvolvimento tecnológico do setor e principalmente o acréscimo das energias eólica e solar, graças a medidas de incentivo a adoção de novas fontes geradoras e melhor desempenho (BEN/EPE, 2019).

De acordo com os últimos dados internacionais (Agência Internacional de Energia - IEA, 2017), a matriz energética mundial permanece não renovável. Em linhas gerais o Brasil apresenta uma matriz limpa, quando comparado ao resto do Mundo. Conforme dados do ano de 2016, quando a matriz energética mundial apresentava uma relação 13,7% de fontes renováveis para 86,3% de não renováveis, no Brasil essa relação era de 43,5% renovável contra 56,5% não renovável. Com uma OIE em torno de 45,3% em 2018, baseada na utilização de fontes renováveis, o país apresenta um crescimento singelo, frente ao que pode ser produzido (Figura 1). Por outro lado, o crescimento da participação de renováveis na matriz energética nacional está relacionado ao incremento da geração hidráulica e eólica, aumento da oferta de lixo e biodiesel, redução da oferta de petróleo e derivados, redução da oferta de gás natural (BEN/EPE, 2019).

Figura 1: Gráfico com a evolução da matriz energética mundial e brasileira nos últimos dez anos.

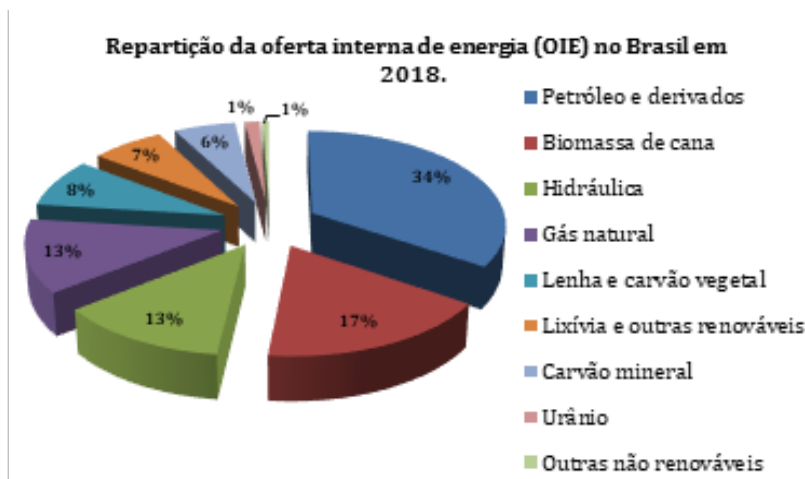


Fonte: (BEN/EPE).

A repartição da matriz energética brasileira é consideravelmente diversificada, fato referente à disponibilidade de recursos existentes. Contudo, a principal fonte de energia ainda corresponde à extração de combustíveis fósseis, como o petróleo e seus derivados (Figura 2).

Ainda assim, é possível notar uma considerável ascensão de fontes renováveis como biomassa, lixívia, eólica, solar, e outras renováveis. Excetuando o carvão vegetal, todas apresentaram crescimento na última década. A partir de 2016 a produção e oferta de energia eólica e solar tiveram um crescimento tão acentuado que ganharam espaço nos índices de OIE (tabela 1). Enquanto fontes não renováveis como petróleo e seus derivados, gás natural e carvão mineral apresentam decréscimo, sendo o petróleo e seus derivados a fonte com maior recuo, chegando a uma queda de quase 7%, entre os anos 2017/2018 (BEN/EPE, 2019).

Figura 2: Repartição da oferta interna de energia – OIE, com porcentagens aproximadas das fontes renováveis e não renováveis utilizadas no Brasil, ano base 2018.



Fonte: (BEN/EPE, 2019).

Apesar das energias solar e eólica juntas, representarem menos de 5,0 Mtep no ano de 2018, o que chama a atenção é sua ampliação rápida (Tabela 1). Chegando a índices de crescimento de 316% entre os anos 2017/2018 com a energia solar e 14% a energia eólica no mesmo período.

Quanto às fontes não renováveis, impulsionadas por movimentos que defendem e alertam para a questão ambiental e perigo eminente de mudanças climáticas, agravadas pelo uso dos combustíveis fósseis, dentre outras ações, as nações do mundo buscam fontes alternativas de energia, as chamadas energias limpas. Desse modo, as energias baseadas em fontes não renováveis, passam a ser descredenciadas por alguns setores da sociedade. Apesar do exposto, a utilização dessas fontes ainda é predominante em escala global. Sendo possível perceber um crescimento considerável nos últimos anos na produção de petróleo e derivados, carvão mineral e principalmente gás natural (BEN/EPE, 2019).

Apenas o Urânio teve decréscimo não só no Brasil, mas no mundo, fato referente ao risco na manipulação dessa fonte energética, dados referentes (Tabela 1). Em contradição a esses dados, há uma crescente vertente atual através das políticas energéticas do país, para a ampliação da participação da energia nuclear (TOLMASQUIM, 2016; BEN/EPE, 2019).

Tabela 1: Repartição da oferta interna de energia – OIE, com porcentagens aproximadas das fontes renováveis e não renováveis utilizadas no Brasil, entre os anos 2009 - 2018.

Unidade: Mtep	2015	2016	2017	2018
RENOVÁVEIS	123,2	125,3	126,2	130,5
Energia hidráulica	33,9	36,3	35,0	36,5
Biomassa da cana	50,6	50,3	49,8	50,1
Lenha e carvão vegetal	24,5	23,1	24,0	24,1
Eólica	**	2,9	3,6	4,2
Solar	**	0,007	0,072	0,298
Lixívia e outras renováveis	*14,2	12,8	13,8	15,4
NÃO RENOVÁVEIS	176,0	163,0	167,0	157,9
Petróleo e derivados	111,6	105,4	106,3	99,3
Gás natural	41,0	35,6	37,9	35,9
Carvão mineral	17,7	15,9	16,8	16,6
Urânio (U3O8)	3,9	4,2	4,2	2,2
Outras não renováveis	1,8	1,9	1,8	1,8

Fonte: (BEN/EPE).

* Lixívia, eólica, solar e outras renováveis.

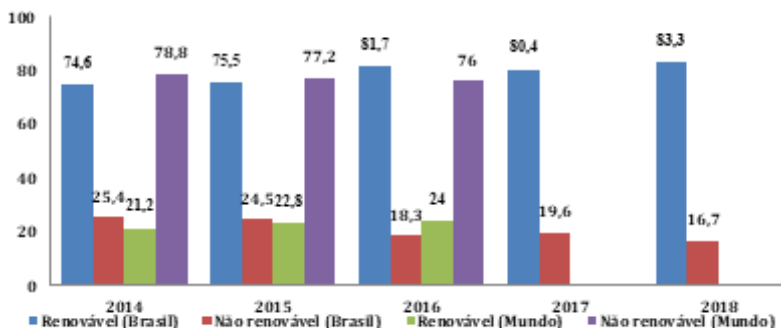
** Energia incluída em lixívia e outras renováveis.

*** Dados não disponíveis no documento base.

Matriz elétrica brasileira

Diferente da matriz energética, a matriz elétrica brasileira é considerada predominantemente renovável, principalmente quando comparada a matriz elétrica mundial, como é possível observar no gráfico a seguir (Figura 3).

Figura 3: Gráfico representado a evolução da matriz elétrica renovável e não renovável no Brasil e no mundo entre 2014 – 2018*.

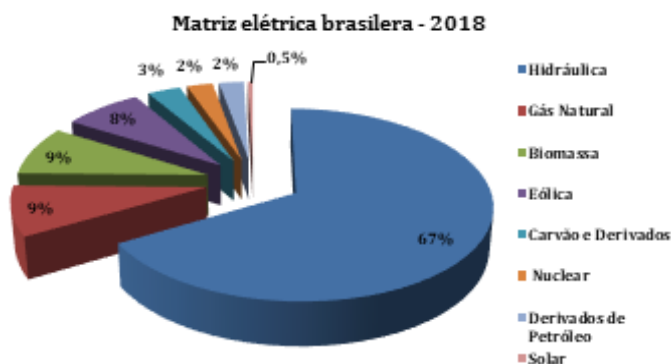


Fonte: (BEN/EPE, 2019).

Compelida pelo setor hidrelétrico que representa quase 70% da produção e ainda com ascensão de outras fontes renováveis como eólica, solar e biomassa. Contudo, as fontes não renováveis baseadas em termoenergia (a partir de fontes não renováveis) e energia nuclear despontam atualmente como alternativas fortes para interdependência da hidroeletricidade no país (BEN/EPE, 2019).

Em comparação com a matriz elétrica mundial, o Brasil desponta como um exemplo na produção de eletricidade a partir de fontes renováveis. Necessitando apenas de uma maior diversificação no setor. Algo que pode ser percebido atualmente (Figura 4).

Figura 4: Gráfico representado a repartição da matriz elétrica brasileira com ano base 2018.



Fonte: (BEN/EPE, 2019).

Analisando a evolução das fontes energéticas utilizadas no setor elétrico do país, é possível estabelecer uma relação entre a queda de algumas demandas e proporcionalmente a ascensão de outras. Enquanto a energia hidráulica apresenta um decréscimo de aproximadamente 13% nos últimos oito anos, a energia eólica alcançou um crescimento superior a 7%, já a solar cresceu 0,5%, o que apesar de parecer diminuto é impressionante, levando-se em consideração a participação irrisória dessa energia há dois anos, despontando agora como uma grande perspectiva alternativa nos próximos anos (BEN/EPE, 2019).

A energia eólica é considerada uma energia limpa e que vem se consolidando no Brasil, nos últimos tempos. Porém, assim como a energia hidrelétrica e solar, mesmo sendo renovável e limpa, é passível de conflitos socioambientais, por afetar, de alguma forma, a natureza e a sociedade diretamente ligada à área. Alguns estudos como o de Paiva e Lima (2017), buscam analisar os impactos socioambientais advindos da expansão da geração de energia eólica, nos locais de instalação.

Em relação às termelétricas, a teoria das usinas termelétricas permanecerem em segundo plano quanto ao funcionamento das

hidroelétricas tem sido modificada a cada dia (SAMPAIO; PEREIRA, 2017). Então, no ano 2000, o governo brasileiro resolveu escolher as usinas termelétricas movidas a gás natural, como a alternativa a ser implantada no país. Dessa forma, a termoeletricidade tornou-se uma fonte estratégica, garantindo segurança ao sistema da base energética, com relevante participação na matriz energética brasileira (TOLMASQUIM, 2016).

Atualmente, de acordo com o Boletim de Informações Gerenciais do 1º trimestre de 2019, da Agência Nacional de Energia Elétrica, a ANEEL. No Brasil existem mais de 3.000 (três mil) usinas de geração de energia termoeletricas em funcionamento, representando mais de 40% das usinas instaladas no Brasil em operação.

Dentre este cenário, 2.442 são movidas a combustíveis fósseis, entre eles, carvão mineral, gás natural, petróleo e outros. E as demais, movidas a biomassa como combustível, sendo os resíduos agroindustriais do setor sucroenergético o maior responsável por essa geração de energia, detendo sozinho 404 usinas termoeletrica em funcionamento. Outras fontes de biomassa que contribuem na geração de energia das termoeletricas são os resíduos florestais, animais, os biocombustíveis líquidos e os resíduos urbanos (ANEEL, 2019).

Relacionando as usinas de fontes fósseis de acordo com seus combustíveis, o óleo diesel representa 88% do combustível das termoeletricas geradas com combustíveis fósseis no Brasil, dados referentes ao primeiro trimestre de 2019 (ANEEL, 2019).

De acordo com o levantamento de dados da ANEEL (2019), apesar das fontes de biomassa ser diversas como acompanhamos e apresentarem potencial na geração de energia termoeletrica, as usinas movidas a fontes fósseis ainda predominam na base combustível das termoeletricas. Combustíveis como o gás natural, o carvão mineral, o petróleo e seus derivados, são os mais significativos na potência instalada medida em KW, das termoeletricas no Brasil.

No que tange às usinas termonucleares, atualmente, estão em operação no Brasil 2 usinas com potência instalada de aproximadamente 2.000.000 de KW, cerca de 1,2% do total gerado no país. No entanto, há uma nova usina que se encontra com as obras paralisadas, a unidade termonuclear Almirante Álvaro Alberto, popularmente conhecida por (ANGRA III) e sem previsão para início de operação. A Angra III apresenta um cenário de 1.405 MW em potência para geração de energia a combustível nuclear (ANEEL, 2018).

A Angra III possui as mesmas características de Angra II que opera com reator PWR, com tecnologia Siemens adquirida durante o acordo Brasil-Alemanha e entrou em operação em 2001. Já Angra I, funciona através de tecnologia Westinghouse e entrou em operação em 1985. Ambas as usinas, estão situadas no Rio de Janeiro (TOLMASQUIM, 2016).

Diante do atual cenário mundial, na busca por novas políticas que minimizam os impactos ambientais, a renovação na matriz energética mundial trata-se de uma emergência. Com base na Associação Mundial de Bioenergia (WBA, 2015), a geração de energia através das biomassas, aumentou mais de 100% no mundo todo. As políticas ambientais ambicionam três cenários para o futuro das energias limpas, o primeiro é a manutenção das atuais intervenções políticas, seguido de novas legislações de incentivos aos recursos renováveis e a diminuição das emissões dos gases do efeito estufa, e o último o controle mais rígido da emissão dos GEEs (IEA, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerado a dependência da humanidade quanto à energia e sua relação com a produção de eletricidade, algo intrínseco ao funcionamento da sociedade atual é fundamental compreender a dinâmica da matriz energética. Permite o planejamento e busca por alternativas sustentáveis. Pois não é possível dissociar a produção de

energia do desenvolvimento, nem tão pouco da disposição de recursos naturais. Atualmente busca-se saídas viáveis é o desafio da humanidade.

A matriz energética mundial é baseada na obtenção de energia a partir de fontes não renováveis, através da exploração dos combustíveis fósseis, já a matriz brasileira chega a quase metade de sua produção baseada em recursos renováveis, sendo a matriz elétrica majoritariamente renovável, impulsionada principalmente pela produção hidráulica, que apesar de ser considerada uma energia limpa, apresenta impactos socioambientais significativos e torna a dependência da hidroeletricidade no país, insustentável. Ainda assim, o Brasil dispõe de potencial indiscutível para se tornar uma grande potência mundial na geração de energia, de forma sustentável. Para tanto é necessário viabilizar a diversificação da matriz energética nacional, através de políticas públicas efetivas. Que garantam o aproveitamento da grande riqueza natural existente no país.

REFERÊNCIAS

ALTOÉ, L. et al . Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. Estudos Avançados. São Paulo, v. 31, n. 89, p. 285-297, Abr. de 2017.

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica- BOLETIM DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS. Mar. de 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO. Mar. de 2018.

DE SOUZA, M. R. et al. Análise de microrregiões ótimas para ampliação de Parque Termo Nuclear Brasileiro. Revista Teccen. p. 41-49. Jan/Jun de 2019.

DUPONT, F. H.; GRASSI, F; ROMITTI, L. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Santa Maria, v. 19, n. 1, Ed. Especial, p. 70 – 81. 2015.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço Energético Nacional 2019: ano base 2018. Rio de Janeiro: EPE, 2019.

IEA [International Energy Agency]. World Energy Outlook (WEO). 2017.

MMA. 2016. Acordo de Paris. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>> Acesso em: 20 de set de 2019.

PAIVA, I. T. P.; LIMA, E. C. Conflitos ambientais: energia eólica e seus impactos socioambientais no interior Ceará. *Geographia Opportuno Tempore*, Londrina, v. 3, n. 2, p. 306 - 318, 2017.

SAMPAIO, A. L. P.; PEREIRA, G. A. A.; Termelétricas e seu papel na matriz energética brasileira. Caderno Opinião-FGV Energia. Fev. 2017.

SILVEIRA, P. G. Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética. *Brasileira Opinião Jurídica*, 17 (33) ISSN (em linha): 2248-4078: 123-147. Jan/jun de 2018.

TOLMASQUIM, M. T. Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear.–EPE: Rio de Janeiro, 2016.

WBA [World Bioenergy Association]. WBA Global Bioenergy Statistics. 2015.

SOBRE OS AUTORES

Alba R. A. Arana

Possui graduação em Licenciatura (1986) e Bacharelado (1987) em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1986), mestrado em Geografia (Geografia Humana) pela Universidade de São Paulo (1993) e doutorado em Geografia (Geografia Humana) pela Universidade de São Paulo (2001). Atualmente é Coordenadora do Programa de Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade do Oeste Paulista (Unoeste) (Mestrado e Doutorado) sendo professora titular da Unoeste, Membro da Rede Brasileira de Pesquisa e Gestão em Desenvolvimento Territorial - RETE e Membro da Rede ODS Brasil. Coordena o Grupo de Pesquisa em Resíduos e Meio Ambiente no CNPq. Diretora da Faculdade de Artes, Ciências Letras e Educação de Presidente Prudente da Unoeste (2007- 2017). Coordenadora do Curso de Geografia da Unoeste (2014-2016). Tem experiência na área de Educação, com ênfase em nos seguintes temas: meio ambiente, educação ambiental, gestão ambiental, saúde pública, educação e resíduos sólidos

André Luiz Q. Reis

Químico, mestre e doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo PRODEMA/UFPB, na área de Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. Tem experiência em instrumentação e aparelhagem em laboratórios de química e gerenciamento de laboratórios e trabalhos de campo, bem como em Gestão Química de Qualidade, Segurança Alimentar e Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Tratamento de Águas e Efluentes e Riscos Ambientais. Participa de pesquisa voltada para sustentabilidade urbana, recuperação de rios urbanos e ecossistemas costeiros e urbanos e aplicação metodológica de índices e indicadores de sustentabilidade nas cidades, recursos hídricos e minerais.

Anne Falcão de Freitas

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Paraíba, Campus I (2011) e Graduada em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba, Campus IV (2013). Graduada na habilitação de Licenciatura em Ciências Biológicas (2016) e mestre no Programa de Pós-graduação de Desenvolvimento e Meio Ambiente (2015), na linha de pesquisa: Indicadores ambientais, qualidade de vida e desenvolvimento sustentável, na UFPB, Campus I. Doutora no Programa de Pós-graduação de Desenvolvimento e Meio Ambiente (2019), na UFPB, Campus I. Professora de Ciências (2015-2017) e Biologia (2015-2016) na Escola Municipal do Ensino Fundamental e Médio Paulino Siqueira.

Bartolomeu Israel de Souza

Doutor em Geografia pela UFRGS (2008) e professor da Universidade Federal da Paraíba desde 2006, onde atua na graduação e pós-graduação em Geografia e no PRODEMA. Desenvolve pesquisas sobre Meio Ambiente com ênfase na Caatinga, especialmente sobre os temas desertificação, uso dos solos e relações solo-planta-clima.

Cristian José Simões Costa

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA- UFPB, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPB), possui pós-graduação em Geografia e Gestão Ambiental (FIP), pós graduação em Educação Ambiental e Sustentabilidade (Universidade Cândido Mendes-RJ), graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba (1995). Atualmente é professor de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas. Leciona as disciplinas Ecologia e Botânica. Coordena o Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade e o Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido.

Daniel Jackson Estevam da Costa

Doutor em Química pela UFPB (2017). Faz parte do grupo de Pesquisa intitulado Laboratório de Automação e Instrumentação em Química Analítica e Quimiometria-LAQA/UFPB. Tem experiência na área de Química Analítica com ênfase em métodos automático baseados em análise por fluxo batelada (FBA), Contaminantes Emergentes, Eletroquímica e Eletroanalítica.

Denise Dias da Cruz

Possui graduação em Ciências Biológicas (2000) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, mestrado (2003) e doutorado (2007) em Ecologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Fez pós-doutorado no Departamento de Botânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. É professora associada do Departamento de Sistemática e Ecologia da Universidade Federal da Paraíba, ministrando disciplinas na área de Ecologia na graduação e na Pós-Graduação (Prodema - Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente). É editora-chefe da revista Gaia Scientia. Atua na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia Vegetal e Etnobotânica, com pesquisas nos seguintes temas: fenologia, biologia reprodutiva, polinização, interação animal/planta e relações entre espécies simpátricas, etnobotânica e sua relação com a conservação de recursos vegetais.

Djalma Ribeiro da Silva

Possui bacharelado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1978), mestrado em Físico-Química pelo Programa de Programa de Pós-Graduação em Química do Instituto de Física e Química de São Carlos - USP (1987) e doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2006).

Atualmente é professor titular do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Análise de Traços por técnicas de Espectroscopia de Absorção e Emissão Atômica e Molecular, e em Química Ambiental. Perito do Ministério Público do Rio Grande do Norte - MPURN, na área ambiental, desde de 2010.

Edson R. Andrade

Possui graduação em Física pela UFRJ, em Gestão Ambiental pela Universidade Estácio de Sá (RJ), Mestrado em Engenharia Nuclear pela COPPE/UFRJ, Doutorado em Bioquímica Toxicológica (Radiobiologia) pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM com período *sandwich* na *Universidad de León* (Espanha) e Pós-Doutorado em Radioproteção e Dosimetria (Radioecologia) pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN). Tem interesse em efeitos biológicos das radiações ionizantes e impactos potenciais de liberações de material radioativo para o meio ambiente, incluindo o campo da Avaliação de Risco e Modelagem de Consequências. Desde 2010, representa o Brasil como Inspetor OSI (*On-Site Inspection*) junto à Organização do Tratado de Banimento de Testes Nucleares (CTBTO) sob jurisdição da ONU, cuja sede é em Viena (Áustria). É professor visitante da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), atuando em estudos sobre potenciais impactos ambientais e consequências decorrentes de acidentes tecnológicos.

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (1984), Mestrado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1990), Doutorado em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2000) e Pós-Doutorado pela

Universidad de Sevilla (Espanha-2013). Atualmente é consultor ad-hoc - Programa Ibero-Americano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo, pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, consultor 'ad hoc' da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, consultor ad-hoc do CNPq, avaliador de cursos e institucional do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, professor Titular da Universidade Federal da Paraíba e Coordenador do Grupo de Pesquisa cadastrado no CNPq Análise Geoambiental e Ordenamento Territorial com apoio de Geotecnologias. Tem experiência na área de Geografia, atuando principalmente nos seguintes temas: geoprocessamento, bacia hidrográfica, desertificação, sensoriamento remoto, cartografia, análise geoambiental, análise espacial e ordenamento territorial.

Flaviana Justino Rolim Severo

Mestre em Química Analítica pela (UFPB). Aluna de doutorado na (UFPB), atua em projetos de pesquisas na área de Química Analítica e Ambiental, no desenvolvimento de sensores eletroquímicos para determinação de contaminantes emergentes em águas e alimentos.

João Carlos de Miranda e Silva

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPB), Especialista em Gestão Ambiental (UNINTER), Bacharel em Química Industrial (UFPB). Atualmente é Coordenador de Medições Ambientais (CMA/SUDEMA), Conselheiro - Conselho Estadual e Recursos Hídricos (CERH-PB), Conselho Regional de Química da 19ª Região (CRQ-XIX) e membro da Comissão de Avaliação de Estudos de Impacto Ambiental (CAEIA).

Joel Silva dos Santos

Doutor em Recursos Naturais pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (PPGRN/UFCG); Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba (PRODEMA/UFPB); Bacharel e Licenciado em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB); Professor Associado da UFPB/ Campus IV vinculado ao Departamento de Engenharia e Meio Ambiente (DEMA/UFPB); Professor do curso de Bacharelado em Ecologia da UFPB/Campus IV; Professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (REDE PRODEMA). Líder do grupo de estudo e pesquisa: Clima Urbano e Recursos Naturais. Atualmente desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão na área de Ciências Ambientais com ênfase nas seguintes linhas temáticas: Ecologia Política/Social; Ecologia das Cidades; Climatologia Urbana aplicada ao Planejamento Ambiental e Bioclimatologia Humana.

José Jerônimo de Souza Nascimento

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPB). Especialista em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido (IFPB). Geógrafo (UFPB). Técnico em Meio Ambiente (IFPB). Desenvolve pesquisas sobre Meio Ambiente com ênfase no Semiárido Brasileiro; Recursos Edafoclimáticos e Minerais; Bacias Hidrográficas; Uso do Solos e Geotecnologias.

Iara dos Santos Medeiros

Bacharel em Ecologia (UFPB). Especialista em Docência em Biologia (FAP). Pós-graduanda em Ecologia e Monitoramento Ambiental (PPGEMA/UFPB). Atualmente atua como técnica e educadora ambiental da Fundação Mamíferos Aquáticos-FMA. Desenvolve pesquisas na área

de Ecologia, com ênfase em Geotecnologias; Conservação do Peixe-boi marinho e Ecossistemas Associados; Educação Ambiental e Unidades de Conservação.

Isis Tamara Lopes de Sousa Alves

Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Paraíba (2014). Especialista em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro Universitário Internacional (2016). Tem experiência na área de Zoologia, Etnobiologia, Conservação, Biodiversidade. Experiências também na área Ecologia. Mestra no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente (PRODEMA) 2017-2019.

Kallyne Machado Bonifácio

Graduada (Bacharelado e Licenciatura) em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba (2003); Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (2008); Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2015). Atualmente, realiza Pós-Doutoramento (PNPD-CAPES) no Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba, junto ao Laboratório de Ecologia Terrestre; além disso, é membro Docente Colaborador desse Programa, nível Mestrado e membro do corpo editorial da Revista Gaia Scientia (editora adjunta). Atua em pesquisas na área de Etnobiologia/ Conservação com foco nos seguintes temas: Etnozoologia, Etnobiologia ecológica, Conhecimento ecológico local/tradicional e Conservação da fauna silvestre (útil). Tem experiência em estudos que visam contribuir para a gestão de Áreas Protegidas no contexto das inter-relações entre pessoas e animais.

Larissa Cavalcanti de Sousa Medeiros

Tecnóloga em Produção Sucroalcooleira (UFPB). Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPB). Desenvolve pesquisas sobre Meio Ambiente com ênfase em qualidade do ar; poluição atmosférica; biocombustíveis.

Márcia Helena Pontieri

Doutora em Química (IQ-UNESP), Mestre em Química (IQ-UNESP), graduada em Bacharel em Química com atribuições tecnológicas (IQ-UNESP). Atualmente é Professora Associada da Universidade Federal da Paraíba onde ministra disciplinas relacionadas com Química Analítica. Desenvolve pesquisa na área de Química Ambiental, principalmente sobre Química Atmosférica.

Maria Clara Rodrigues de Lima

Bacharela em Química Industrial pela Universidade Federal da Paraíba e Técnica em Química Industrial pelo Senai-PE. Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo PRODEMA- UFPB. Atualmente trabalha como técnica em laboratório no UNIPE, sendo responsável pelos Laboratórios de Química e Saneamento da instituição. Desenvolve pesquisa sobre métodos voltamétricos na determinação de pesticidas em matrizes ambientais.

Mário César Ugulino de Araújo

Doutor em Química pela UNICAMP (1987). Professor Titular de Química da Universidade Federal da Paraíba. Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPQ (IA). Tem contribuído com a orientação de mestrandos, doutorandos e estágio pós-doc, tendo mais de 200

trabalhos publicados em revistas Qualis A. Coordenador desde 1988 do Laboratório de Automação e Instrumentação em Química Analítica e Quimiometria-LAQA, e desenvolve trabalhos nas linhas de pesquisas associadas ao desenvolvimento de métodos analíticos qualitativos e quantitativos (cromatografia, voltametria, etc) para determinação de diferentes analitos (HPAs, pesticidas, etc) e/ou detecção de adulterações em águas, bebidas, alimentos, medicamentos, combustíveis.

Micaelle Sônia de Alcântara

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Regional do Cariri (2014), Especialização em Ecologia pela Universidade Regional do Cariri (2014), Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba. Atualmente está fazendo Doutorado em Ecologia na Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência com etnobotânica, dinâmica de populações e conservação.

Nataly Albuquerque dos Santos

Doutora em Química (UFPB), Professora da Universidade Federal da Paraíba, Coordenadora do Laboratório de Tecnologia de Biocombustíveis do IDEP-UFPB, Pesquisadora do Núcleo de Pesquisa e Extensão - Laboratório de Combustíveis e Materiais (UFPB). Integrante da Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Renováveis para Aviação (RBQAV).

Pedro Costa Gruedes Vianna

Geógrafo pela UFRJ (1980), Mestre em Geografia – Conservação e Preservação de Recursos Naturais pela UFSC (1994), Doutor em Geografia Física pela USP (2002). Pós-doutorado na Université du Maine – Le Mans-

França (2009-2010). Por 19 anos foi geógrafo do organismo de gestão de águas do Estado do Paraná – atual Instituto Águas Paraná. Atualmente é professor da Universidade da Paraíba – UFPB. Tem experiência na área de Gestão dos Recursos Hídricos, com ênfase em Planejamento Integrado dos Recursos hídricos, Conflitos pela água, Águas subterrâneas, uso de SIG para gestão de recursos hídricos, Planejamento de bacias hidrográficas, Gestão de água em assentamentos rurais. Membro fundador do GEPAT – Grupos de Estudos e Pesquisa em Água e território. Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG (Mestrado e Doutorado) na UFPB. Professor Visitante na Université du Maine – França – 2014.

Raoni Batista dos Anjos

Possui graduação em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2009), mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2012) e doutorado em Ciência e Engenharia de Petróleo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2017). Atualmente atua como Pesquisador na Fundação Norte Riograndense de Pesquisa e Cultura - FUNPEC, onde trabalha na Central Analítica do Núcleo de Processamento Primário e Reúso de Água Produzida e Resíduo - NUPPRAR. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Monitoramento Ambiental de águas superficiais, subterrâneas, efluentes, solos, sedimentos e águas produzidas da indústria do petróleo.

Reinaldo Farias Paiva de Lucena

Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba (2002), Mestre (2005) e Doutor (2009) em Botânica pelo Laboratório de Etnobotânica Aplicada do Programa de Pós-Graduação

em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). É professor efetivo no cargo de Associado I na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus I, Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), Departamento de Sistemática e Ecologia (DSE), Laboratório de Etnobiologia e Ciências Ambientais (LECA). Professor e Orientador de Mestrado/Doutorado em Rede em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da UFPB no Campus I (João Pessoa). Colaborou como Pesquisador Associado do Missouri Botanical Garden, St. Louis nos Estados Unidos, e como Consultor da Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - na Área de Ciências Ambientais. Tem experiência na área de Botânica e Ecologia, com ênfase em Etnobotânica, atuando principalmente nos seguintes temas: etnobiologia, etnobotânica, etnozootologia, caatinga, populações tradicionais e conservação da biodiversidade.

Renan Aversari Câmara

Graduado em Direito pelo Instituto Paraibano de Ensino Renovado, especialista em Direito Processual Civil Pelo Centro Universitário de João Pessoa e em Direito Tributário pelo Instituto Brasileiro de Estudos Tributários, Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento pelo PRODEMA-UFPB, com ênfase em tributação ambiental e é discente do curso de Física pela Universidade Federal da Paraíba.

Rhafaél Cainã Santos de Melo

Graduado em Engenharia Química e mestrando em Química pela Universidade Federal da Paraíba, desenvolve pesquisa na área de catálise heterogênea e análise de qualidade do ar.

Tiago Souza Clemente

Graduado em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Pesquisador Colaborador no Laboratório de Análises Geoambientais da UFPB. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Climatologia e em Mapeamento Ambiental.

Thyago de Almeida Silveira

Doutor em Recursos Naturais (UFCG), mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação (UFPE). Graduado em Tecnologia em Geoprocessamento (IFPB). Professor, pesquisador e extensionista (IFPB-Campus Cabedelo). Desenvolve pesquisas sobre Meio Ambiente e Ciências Agrárias com ênfase em Agroecologia, Ecogastronomia na Mata Atlântica e Caatinga, Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) e Ecodesign.

Williame Farias Ribeiro

Doutor em Química pela UFPB (2012), com pós-doutorado na área de Química. Atualmente é professor Adjunto II da Universidade Federal da Paraíba (desde 2013), atuando na graduação e pós-graduação. Líder de Grupo de Pesquisa/CNPq intitulado “Grupo de Pesquisa em Eletroanalítica Aplicada”, com experiência na área de Química, com ênfase em Química Analítica, atuando nas linhas de pesquisa: Eletroquímica e Eletroanalítica, Análise de Traços e Química Ambiental, enfatizando principalmente os seguintes temas: voltametria, eletrodos (modificados ou não), metais pesados e contaminantes emergentes ambientais (pesticidas e HPAs).



Este livro foi diagramado
pela Editora UFPB em 2020,
utilizando a fonte Myriad Pro.