



ECOLOGIA E MEIO AMBIENTE

DIÁLOGOS INTERDISCIPLINARES

Williame Farias Ribeiro
Carla Soraia Soares de Castro
Anderson Alves dos Santos
(Organizadores)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE COMUNICAÇÃO, TURISMO E ARTES

REITOR

Valdiney Veloso Gouveia

VICE-REITORA

Liana Filgueira Cavalcante

DIRETOR DO CCTA

Ulisses Carvalho da Silva



VICE-DIRETOR

Fabiana Cardoso Siqueira



CONSELHO EDITORIAL DESTA PUBLICAÇÃO

Dr. José David Fernandes

Carlos José Cartaxo

Magno Alexon Bezerra Seabra

José Francisco de Melo Neto

José David Campos Fernandes

Marcílio Fagner Onofre

EDITOR

Ulisses Carvalho da Silva

SECRETÁRIO DO CONSELHO EDITORIAL

Paulo Vieira

LABORATÓRIO DE JORNALISMO E EDITORAÇÃO

COORDENADOR

Pedro Nunes Filho

Williame Farias Ribeiro
Carla Soraia Soares de Castro
Anderson Alves dos Santos
Organizadores

ECOLOGIA E MEIO AMBIENTE
DIÁLOGOS INTERDISCIPLINARES

EDITORA DO CCTA
JOÃO PESSOA
2021

Projeto gráfico: José Luiz da Silva

Capa: Rudah Silva, a partir da foto "A Arvore da bica" de Anderson Alves dos Santos

Bibliotecária responsável: Susiquine Ricardo Silva

Ficha catalográfica elaborada na Biblioteca Setorial do CCTA da Universidade Federal da Paraíba

E19 Ecologia e meio ambiente: diálogos interdisciplinares /
Organização: Willame Farias Ribeiro, Carla Soraia Soares de
Castro, Anderson Alves dos Santos. - João Pessoa: Editora do
CCTA, 2021.

Recurso digital (7,82MB)

Formato: ePDF

Requisito do Sistema: Adobe Acrobat Reader

ISBN: 978-65-5621-173-2

1. Ecologia. 2. Meio Ambiente. 3. Educação Ambiental.
I. Ribeiro, Willame Farias. II. Castro, Carla Soraia Soares de.
III. Santos, Anderson Alves dos.

UFPB/BS-CCTA

CDU: 574

Elaborada por Susiquine Ricardo Silva – CRB 15/653

Foi feito depósito legal

Todos os textos são de responsabilidades dos autores.

Direitos desta edição reservados à: EDITORA DO CCTA/UFPB

Cidade Universitária – João Pessoa – Paraíba – Brasil

Impresso no Brasil

Printed in Brazil

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	9
INTERAÇÃO PLANTA/ANIMAL EM HOHENBERGIA RAMA- GEANA MEZ. (<i>BROMELIACEAE</i>) NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) DA BARRA DO RIO MAMANGUAPE, NORDESTE DO BRASIL	
Taysla Lima – Evelise Locatelli	12
GUARIBA (<i>ALOUATTA BELZEBUL</i>) DISPERSORA DE SE- MENTES: contribuição para regeneração natural da floresta atlântica	
Luciana Lima de Sousa – Fernanda Maria Celestino Fernandes – Carla Soraia Soares de Castro	28
INTERAÇÕES ECOLÓGICAS E BIOLOGIA FLORAL DE CRES- CENTIA CUJETE L. (<i>BIGNONIACEAE</i>): uma espécie quirop- terófila	
Monna Myranna Mangueira Ramalho – Evelise Locatell	38
ESTRUTURA DE UMA FLORESTA DE MANGUE SUBMETI- DA À CORTE SELETIVO NO ESTUÁRIO DO RIO MAMAN- GUAPE, ESTADO DA PARAÍBA	
Edilene Cristina do Nascimento Costa – Frederico Lage-Pinto- Elaine Bernini	52
PREDAÇÃO DIFERENCIAL SOBRE O COMPLEXO MIMÉTIC- O DE COBRAS CORAIS NA AMAZÔNIA	
Frederico Gustavo Rodrigues França – Vívian da Silva Braz– Ale- xandre Fernandes Bamberg Araújo	65

HISTÓRIA NATURAL DA SALAMANTA EPICRATES ASSISI
NO LITORAL DA PARAÍBA, NORDESTE BRASILEIRO

Carlos Eduardo de Souza Germano – Rafaela Cândido de França – Isabella Mayara Monteiro de Carvalho Pedrosa – Frederico Gustavo Rodrigues França80

RESPOSTA DA MIRMECOFAUNA AO EFEITO DE BORDA
PROMOVIDO POR ESTRADA EM UMA MATA DE TABULEIRO
NO LITORAL NORTE DA PARAÍBA

Lynthelly Pereira de Castro Vianna – Frederico Lage-Pinto – Elaine Bernini95

COBERTURA VEGETAL E MAPEAMENTO PARTICIPATIVO
DO USO DOS RECURSOS NATURAIS EM UMA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA NO LITORAL NORTE DA PARAÍBA

Nadjacleia Vilar Almeida – Rayllany Juliete Galvão de Lima-Maria Mônica de França Aquino – Rafaela Costa de Lima110

OCUPAÇÃO IRREGULAR NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE CILIARES NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA
DO RIACHO TIJUCA

Rafaela Costa de Lima – Milena Dutra da Silva – Lincoln Eloi de Araújo – Elaine Belarmino da Silva– Nadjacleia Vilar Almeida ...
.....123

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO
EM ESCOLAS PÚBLICAS LOCALIZADAS NA REGIÃO GEOGRÁFICA
IMEDIATA DE GUARABIRA/PB

Mirelly Bezerra Costa –Patricia Tavares de França – Joel Silva dos Santos137

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E SUA RELAÇÃO
COM OS CASOS DE DENGUE NO MUNICÍPIO DE JOÃO
PESSOA - PB

Alexander Macena Gabinio de Carvalho – Anne Falcão de Freitas – Joel Silva dos Santos152

HABITATS URBANOS SOB A ÓTICA DA ECOLOGIA
URBANA NA CIDADE DE SANTA RITA - PARAÍBA

Milca Laís da Luz Macieira – Leonardo Figueiredo de Meneses
– Joel Silva dos Santos167

GEODIVERSIDADE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
DO CARIRI PARAIBANO

Sidney Crystian Oliveira de Medeiros–Bartolomeu Israel de Souza
–Leonardo Figueiredo de Meneses181

PRODUÇÃO DE MUDAS DE FEIJÃO COMUM (PHASEOLUS
VULGARIS L.) SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE
COMPOSTO ORGÂNICO

Victor Fellipe dos Santos Gomes – Niara Isis Pereira de Oliveira
– Évio Eduardo Chaves de Melo194

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA
ÁGUA DO RIO TINTO, PARAÍBA, BRASIL

Raquel Cruz de França Eiras – Évio Eduardo Chaves de Melo ..
.....207

EVOLUÇÃO MOLECULAR DO ZIKA VÍRUS (ZIKV)

Niara Isis Pereira de Oliveira – Victor Fellipe dos Santos Gomes
– Adriano Soares da Silva – Aline Katarina da Silva Bezerra –
Ana Pavla Almeida Diniz Gurgel222

DETECÇÃO ANALÍTICA DE HIDROCARBONETOS
POLICÍCLICOS AROMÁTICOS USANDO TÉCNICAS
VOLTAMÉTRICAS: tendências e possibilidades

Daniel Jackson Estevam da Costa – Francisco Antônio da Silva
Cunha – Fátima Aparecida Cristiane Sanches – Mário César
Ugulino de Araújo – Williame Farias Ribeiro233

FTALOCIANINAS DE ZINCO COMO MEDIADORES DE ELÉ-
TRONS PARA ANÁLISE VOLTAMÉTRICA DE BENZO(A)PI-
RENO E FLUORANTENO

Daniel Jackson Estevam da Costa – Maria Eduarda Soares de Oli-
veira – Fabrício Claudino de Albuquerque – Mário César Uguli-
no de Araújo – Willieme Farias Ribeiro244

USO DE SURFACTANTES COMO POSSIBILIDADE À
REGENERAÇÃO SUPERFICIAL DO ELETRODO DE
CARBONO VÍTREO PARA ANÁLISE VOLTAMÉTRICA
DE D-RICINA

Willieme Farias Ribeiro – Alexia Martiniano Dutra – Anabel dos
Santos Lourenço – Daniel Jackson Estevam da Costa – Mário Cé-
sar Ugulino de Araújo255

CONJUNTURA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ESCOLAS
PÚBLICAS NO MUNICÍPIO DE CACIMBA DE AREIA, PARA-
ÍBA

Hugo Leite dos Santos Campos – Pedro Henrique César – An-
derson Alves dos Santos268

SOBRE OS AUTORES281

APRESENTAÇÃO

O livro “Ecologia e Meio Ambiente: diálogos interdisciplinares”, pensado coletivamente e construído por várias mãos, traz em capítulos algumas das pesquisas realizadas pelos professores do Departamento de Engenharia e Meio Ambiente que atuam no Curso de Bacharelado em Ecologia. Muitas dessas pesquisas foram realizadas junto com alunos do curso de Ecologia, e com parceiros e orientadores de outras instituições. Para além de registros de pesquisas, o livro reforça o papel da universidade pública na formação de profissionais e na geração de conhecimentos para sociedade.

Ecologia e meio ambiente apresentam inter-relações de ordem prática. A sociedade moderna se depara com problemas ambientais, produto de um modelo econômico que intensifica as desigualdades sociais, que exerce pressão sobre os recursos naturais dos quais todos nós seres humanos dependemos, sem considerar o seu período de renovação, desvalorizando os serviços ambientais que nos são ofertados pelos ecossistemas, bem como desconsiderando as comunidades e seus conhecimentos tradicionais. Um modelo que tem no seu cerne a valorização do desenvolvimento econômico em detrimento da conservação e preservação dos ecossistemas e das riquezas neles contidas.

No cenário ambiental vigente, a ecologia, ciência que estuda a ‘casa’ de todos os seres vivos, investigando e entendendo os processos que ocorrem no nosso planeta, habitat de humanos e não humanos, dialoga com diversas áreas do conhecimento tais como Antropologia, Sociologia, saúde, economia, política e cultura.

A ecologia apresenta a interdisciplinaridade e o caráter holístico como pilares para análise, discussão, mitigação de im-

pactos ambientais e, principalmente, para construção de um modelo econômico-ambiental que visa a coexistência das espécies e a manutenção da biodiversidade em seu sentido mais amplo.

Os capítulos seguiram uma sequência que teve como guia os diversos aspectos envolvidos nesses diálogos interdisciplinares. Nesse sentido, os leitores poderão deleitar-se nos conhecimentos das diversas áreas do conhecimento que protagonizam instrumentos de construção da aprendizagem, oportunizando dialogar sobre: *interação planta/animal, dispersão de sementes, interações ecológicas e biológicas, florestas de manguezais, complexo mimético de cobras corais, história natural da salamanta, estudos de mirmecofauna em uma mata de tabuleiro, cobertura vegetal, recursos naturais, áreas de preservação permanente ciliares, conforto térmico, condições climáticas e incidência de casos de dengue, habitats urbanos, compostagem, geodiversidade, avaliação físico-química da água, evolução molecular do zika vírus, detecção eletroanalítica de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e ricina e, por fim, educação ambiental.*

Os temas presentes no livro destacam vieses da pesquisa no âmbito da ecologia que exemplificam algumas das abordagens valorizadas por discentes, docentes e demais colaboradores do Departamento de Engenharia e Meio Ambiente e do curso de Bacharelado em Ecologia. Nessa perspectiva, demonstra-se que o conhecimento científico dos diversos aspectos envolvidos nos problemas ambientais coaduna-se com a interdisciplinaridade que se apresenta neste livro e que é característica da ecologia. As abordagens nos capítulos envolvem o conhecimento científico de processos que podem ser aplicados nas soluções e estratégias para lidar com os problemas ambientais.

Portanto, a Universidade Federal da Paraíba apresenta para a sociedade, gestores e governos o conhecimento produzido por professores e alunos do curso de ecologia, num diálogo

que busca fomentar uma sustentabilidade ambiental e econômica pautada em valores sociais consagrados.

Os organizadores

INTERAÇÃO PLANTA/ANIMAL EM
HOHENBERGIA RAMAGEANA MEZ.
(*BROMELIACEAE*) NA ÁREA DE PROTEÇÃO
AMBIENTAL (APA) DA BARRA DO RIO
MAMANGUAPE, NORDESTE DO BRASIL

Taysla Lima
Evelise Locatelli

1 INTRODUÇÃO

A costa leste brasileira é considerada um dos principais centros de diversidade da família Bromeliaceae (MARTINELLI *et al.*, 2008). A Mata Atlântica, além de apresentar alta riqueza e abundância de Bromeliaceae (REITZ, 1983), contém alto nível de endemismo, pois cerca de 80% das espécies que ocorrem neste bioma estão restritas aos seus domínios (MARTINELLI *et al.*, 2008). Dentre seus domínios destaca-se a restinga que é um mosaico de formações vegetais pertencentes à Mata Atlântica encontradas na planície litorânea brasileira (SCARANO, 2002).

Bromeliaceae é uma família de distribuição exclusivamente neotropical, apresentando 58 gêneros e 3494 espécies (BUTCHER & GOUDA, 2016), exceto uma espécie que ocorre no extremo oeste da África (SMITH & DOWNS, 1974). Diversas interações planta-animal se estabelecem em Bromeliaceae, por esta fornecer recursos e/ou condições favoráveis para diversas espécies animais (BENZING, 2000).

Hohenbergia ramageana pertence à subfamília Bromelioideae, uma espécie herbácea de hábito epifítico e terrestre, suas

flores são dispostas em inflorescências que emergem da sua parte central e apresenta folhas densamente imbricadas num eixo curto, formando tanques, sendo bastante representativa na restinga. Considerando essas características investigamos as interações planta/animal ocorrentes em *Hoenbergia ramageana*, com ênfase na estratégia de reprodução através da polinização e na fauna associada aos tanques, na Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra do Rio Mamanguape no Nordeste do Brasil, uma vez que a espécie é bastante representativa na APA.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape. O perímetro aproximado da APA é de 79,9 Km, totalizando uma área de 14.460ha (RODRIGUES *et al.*, 2005), constituídos de remanescentes de Mata Atlântica, Mata de Restinga e manguezais. Localiza-se no litoral norte da Paraíba, a cerca de 80 km de João Pessoa, entre as coordenadas geográficas 6°45' e 6°50'S e 34°56' e 35°05' W, na mesorregião da Zona da Mata (BRASIL, 1993). O clima da região é tropical e chuvoso (Am, na classificação de Köeppen) e a temperatura média anual varia entre 24°C e 27°C (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985). A pluviosidade média do litoral norte da Paraíba está em torno de 1500 mm anuais, e as chuvas concentram - se no trimestre abril/junho (NIMER, 1989). A coleta de dados ocorreu mensalmente no período de agosto de 2010 a abril de 2012.

2.2 Fenofase de floração

Selecionamos 25 indivíduos, onde foi registrada a fenofase através de acompanhamentos mensais de dados referentes à

floração no período de janeiro de 2011 a março de 2012. O padrão de floração foi classificado segundo Gentry (1974) e Newstrom *et al.*, (1994). Para verificar se a fenofase de floração está correlacionada com a precipitação, verificamos a normalidade dos dados através do teste de Shapiro – wilk, e posteriormente realizamos o teste de correlação de Pearson. As análises foram realizadas no programa PAST.

2.3 Biologia floral

Foram coletadas flores de cinco indivíduos de *H. ramageana* e posteriormente fixadas em álcool 70% para análise e medidas das estruturas florais (n= 20). A caracterização morfológica foi realizada pelas medidas do comprimento e diâmetro da corola, tamanho do androceu e gineceu com auxílio do paquímetro digital. Os atributos florais, forma, coloração da corola, foram observados *in situ*, assim como o horário de antese, duração da flor e disponibilidade do pólen (n= 30) em botões marcados em pré-antese. A receptividade do estigma foi testada com peróxido de hidrogênio H₂O₂ (10 volumes) (GALEN & PLOWRIGHT, 1987; ZEISLE, 1938), com auxílio de lupa de campo. A concentração de açúcares no néctar e volume foi quantificada em 20 flores previamente ensacadas com auxílio de refratômetro de bolso (0 - 90% Atago®), e microseringas (5 e 10 µl (Microliter®)). Os grãos de pólen foram corados com safranina e contados através de contagem direta (CRUDEN, 1977). A viabilidade polínica foi estimada de acordo com Radford *et al.*, (1974). Para estes procedimentos foram utilizados dez botões em pré-antese provenientes de quatro indivíduos. A relação pólen/óvulo seguiu Cruden (1977) (n= 10).

2.4 Sistema reprodutivo

O sistema reprodutivo foi analisado através dos tratamentos de autopolinização espontânea (n= 50), polinização natural (n= 50) e polinização cruzada manual (n= 40). Após quatro semanas foi determinada a produção de frutos e sementes para cada tratamento.

2.5 Visitantes florais

Realizamos o registro da frequência, duração, horário e comportamento dos visitantes às flores, através de observações visuais no campo, complementadas com tomadas fotográficas. Um total de 80 horas de observação, das 05h:00min às 17h:00min, foram dedicadas para o registro e observação dos visitantes. Nesse período os visitantes foram classificados em raros (0% a 5% do percentual das visitas), comuns (6% a 15% das visitas) e muito comuns (16% a 45% das visitas); bem como polinizador efetivo (Pe) – todos os visitantes que contactaram a área estigmática e as anteras; e polinizadores ocasionais (Po) – raramente anteras e estigmas são contactados, e observado o recurso floral coletado.

2.6 Fauna associada

Foi demarcada uma área de 8m x 8m de maior concentração de *Hohenbergia ramageana* na área de estudo. Os indivíduos presentes na área foram marcados com placas de alumínio e numerados (n= 50), e em cada indivíduo foi registrado a presença ou ausência da fauna associada, bem como observações quanto à importância de micro-habitat no comportamento de forrageamento da fauna. A amostragem foi feita no período de 08h:00min às 16h:00min (n= 10). A identificação foi realizada através de registros fotográficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Hohenbergia ramageana possui floração anual, pois apresentou apenas um ciclo de floração no período de um ano (NEWSTROM *et al.*, 1994). O padrão de floração é do tipo “steady state” o qual a espécie produz algumas flores por dia, em um período de tempo prolongado, geralmente um mês ou mais, isso favorece visitantes que forrageiam seguidamente em rotas fixas, denominada de linha de captura (“trap-line”) (GENTRY, 1974), como encontrado para a espécie *Aechmea caudata* (KAMKE *et al.*, 2011). A estratégia do tipo “steady state” parece ser a mais comum nessa família, como observado por Canela & Sazima (2003).

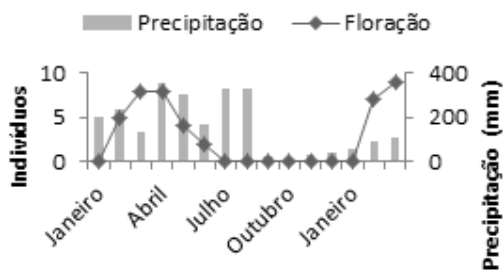
O período de floração da espécie é de janeiro a junho, com pico de floração no mês de março, com 32% em 2011 e 36% em 2012 dos indivíduos em floração. O início da floração coincide com a estação chuvosa da região (Fig. 1), apresentando correlação significativa com a precipitação ($r = 0.51$; $p = 0,02$), assim como encontrado por Machado & Semir (2006) para uma comunidade de bromélias na Mata Atlântica, em que o maior número de espécies (70%) floresceu na estação chuvosa, período de maior disponibilidade de recurso.

Suas flores estão dispostas em inflorescência do tipo panícula (Fig. 2a), apresentando escapo avermelhado com média de 2310 flores/botões por inflorescência ($n = 5$), onde 2,4% destas são abertas por dia. Há botões em vários estágios de desenvolvimento, a maturação das flores ocorre da base para o ápice. As flores de *H. ramageana* possuem duas brácteas, são trimeras, de coloração lilás, formando uma corola com diâmetro de 08 – 10 mm. Espécies de Bromeliaceae com corolas curtas e abertas no ápice como observado na espécie estudada, podem ser visitadas por abelhas de língua longa, que além de néctar, também podem coletar pólen (CORTOPASSI-LAURINO *et al.*, 2009; LENZI *et al.*,

2006) . O androceu é composto por seis estames livres, o gineceu é composto por três carpelos com comprimento total de 12 – 10 mm. O ovário é ínfero, trilocular com uma produção média de 35 óvulos por flor. De acordo com Faegri & Pijl (1979) o conjunto dos atributos floral como cor e tamanho da corola, confere a síndrome de melitofilia, ou seja, espécies polinizadas por abelhas.

A antese inicia-se as 06h00min da manhã estando totalmente abertas as 08h00min até as 17h00min, com duração de 11 horas. Na pré-antese, a flor permanece fechada, e não ocorre liberação de grãos de pólen, entretanto há disponibilidade de néctar, com uma média de 0,3 mm (n= 20), nas primeiras horas do dia, a produção diminui no decorrer da antese. Pelo fato da produção de néctar ser bastante baixa, impossibilitou a medição da concentração de açúcares, para a obtenção desse dado. O baixo volume de néctar, produzido em *H. ramageana* e principalmente nas primeiras horas do dia também foi observado em *A. caudata* (KAMKE *et al.*, 2011) que é característico da família Bromeliaceae.

Figura 1. Dados pluviométricos do município de Rio Tinto PB, de janeiro de 2011 a março de 2012

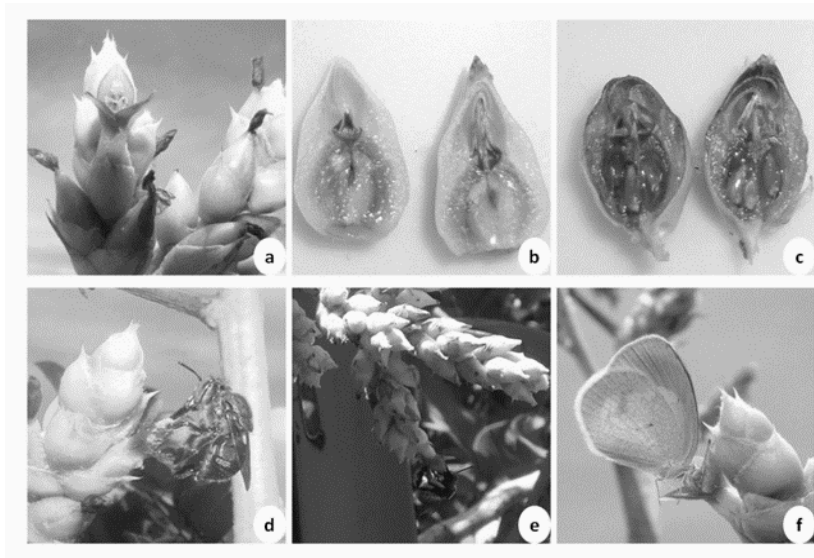


(Fonte: AESA. <http://www.aesa.pb.gov.br/index.php>) e fenofase de floração com número de indivíduos em floração por mês e precipitação mensal em milímetros

As flores de *H. ramageana* possuem duração de apenas um dia. O estigma encontra-se receptivo as 07h: 30min da manhã, até

o termino da antese. O período curto de apenas um dia de duração das flores é comum para as espécies de Bromeliaceae e pode estar relacionado, evolutivamente a uma alta eficiência dos polinizadores (CANELA & SAZIMA, 2003), que tem sido relatado como padrão na subfamília Bromelioideae (SIQUEIRA-FILHO & MACHADO, 2004). *H. ramagens* produz em média 29.664 ± 22.764 grãos de pólen por flor, com uma viabilidade polínica de 86,29%. A razão P/O foi de 847,54 indicando xenogamia facultativa, segundo a classificação de Cruden (1977), indicando que a espécie depende de um polinizador para se reproduzir e perpetuar no ambiente.

Figura 2. Morfologia floral de *Hohenbergia ramagens* (a), fruto oriundo da autopolinização espontânea (b) e fruto oriundo do teste de polinização cruzada (c), visitante floral *Euglossa cordata* (d), *Epichares* sp. (e) e Lepidóptera sp. (f)



Os frutos de *H. ramagens* são do tipo drupa e de consistência carnosa, os resultados dos tratamentos de autopolinização espontânea resultaram na formação de 40% dos frutos (Fig. 2b), com média de 6,84 de sementes atrofiadas com comprimento mé-

dio de 0,5 mm. *H. ramagena* é autoincompatível, embora tenham formado fruto nos tratamentos de autopolinização foram frutos com baixo número de sementes, sendo todas atrofiadas (Fig 2b), caso também observado em *Bromelia antiacantha* Bertol. (CANELA & SAZIMA, 2005) e *Dyckia ibiramensis* Reitz (HMEJJEVSKI *et al.*, 2007), com baixa taxa de frutificação nos testes de autopolinização manual. A autoincompatibilidade não é comum na família Bromeliaceae (CANELA & SAZIMA, 2003). Consideramos que este mecanismo em *H. ramagena* é importante, garantindo assim a diversidade gênica que ocorre possivelmente pela alta eficiência dos seus polinizadores.

Na polinização natural 88% das flores tratadas formaram frutos com média de 23,03 sementes com comprimento médio de 2,60 mm, e nos testes de polinização cruzada houve 97% da formação de frutos (Fig. 2c), com média de 24,1 de sementes com comprimento de 2,70 mm. Os tratamentos de polinização natural e polinização cruzada formaram 88% e 97% respectivamente das flores tratadas formaram frutos, indicando que *H. ramagena* é uma espécie xenogâmica, portanto, dependente de vetores de pólen para a polinização, e mesmo em espécies autocompatíveis, diferentes mecanismos florais, como a dicogamia ou a hercogamia, prejudicam a autopolinização espontânea (CANELA & SAZIMA, 2003).

Os visitantes florais observados nas flores de *H. ramagena* pertencem à classe Insecta, representada pelos himenópteros pertencentes à família Apidae, *Euglossa cordata* Linnaeus, 1758 e *Epichares* sp., e duas espécies de lepidópteros (Fig. 2d,e,f), em 80hs de observação. Do total de 286 visitas legítimas registradas, 84% foram realizadas por abelhas, dentre estas a mais frequente foi a *E. cordata* com 79% do total de visitas sendo classificado como visitante muito comum (de 16% a 45% das visitas). Sua frequência de visita iniciava antes da abertura total das flores

estendendo-se até o término da antese, seu pico de frequência ocorreu entre 07h00min e 11h00min. *E. cordata* foi observada coletando pólen e néctar, com comportamento de aproximarem-se frontalmente as flores, as pétalas serviam de pista de pouso, introduzindo sua glossa na corola para coletar néctar, tocando as estruturas reprodutivas com a região ventral do tórax. Portanto, classificada como polinizador efetivo. *Hoenbergia ramageana* é uma espécie melitofila, pois a maioria das visitas registradas foram realizadas por abelhas, sendo considerada polinizadores efetivos, realizando visitas legítimas, ou seja, contactando as estruturas reprodutivas da flor.

A maior frequência de *E. cordata* nas flores de *H. ramageana* no período da manhã pode estar relacionada à disponibilidade de pólen e maior volume de néctar neste período, como observado também por Canela & Sazima (2005) no padrão de visitação total de abelhas em *Bromelia antiacantha*. Em relação ao seu comportamento de forrageio, *E. cordata* também foi observada em *Aechmea constantinii* onde as abelhas aproximavam-se frontalmente das flores e antes de pousarem, giravam em volta da flor como em reconhecimento, pousavam e introduziam sua glossa nas flores (RIOS *et al.*, 2010). A abelha *Epichares* sp. apresentou comportamento territorialista, na presença de *Euglossa cordata*. Com 5% das visitas, seu maior horário de frequência foi de 14h00min as 16h00min, classificada como raros (0% a 5% do percentual das visitas) coletando pólen e néctar, estas contactaram as estruturas reprodutivas da flor, sendo, portanto, um polinizador efetivo.

As espécies de borboletas foram registradas coletando néctar das flores. Essas espécies pousavam apoiando-se na corola tubular da flor, introduzindo sua probóscide entre as pétalas, atingindo assim a câmara nectarífera localizada na base da flor, contactando as estruturas reprodutivas da flor, considerada como polinizador efetivo, seu horário de frequência ocorria das

10h00min às 15h00min, representando 15% das visitas, sendo classificada como comuns (6% a 15% das visitas). As flores de *Hoenbergia ramageana* foram visitadas durante toda a antese das 06h:00min as 16h:00min, com maior atividade dos visitantes entre 08h:00min e 13h:00min, que corresponde ao horário de maior volume de néctar e com o pico de frequência de *Euglossa cordata*, considerada o principal polinizador da espécie.

A morfologia da disposição das folhas da espécie em estudo forma tanques que acumulam água e matéria orgânica em decomposição. Esses tanques que armazenam água e matéria orgânica servem de alimento para uma variedade de organismos incluindo protistas, invertebrados e vertebrados que utilizam a água contida no tanque das bromélias para forrageamento, reprodução e refúgio contra predadores (FISH, 1983; KITCHING, 2000; ULISSÊA *et al.*, 2007; VOSGUERITCHIAN & BUZATO, 2006) A fauna mais abundante associada aos tanques de *H. ramageana* foram espécies de Arachnida, Insecta e Malacostraca (Fig. 3). Estas espécies utilizam as bromélias para diversos propósitos como: alimentação utilizando folhas, inflorescências, abrigo contra predadores ou falta de umidade, local para forrageamento, acasalamento e ovoposição.

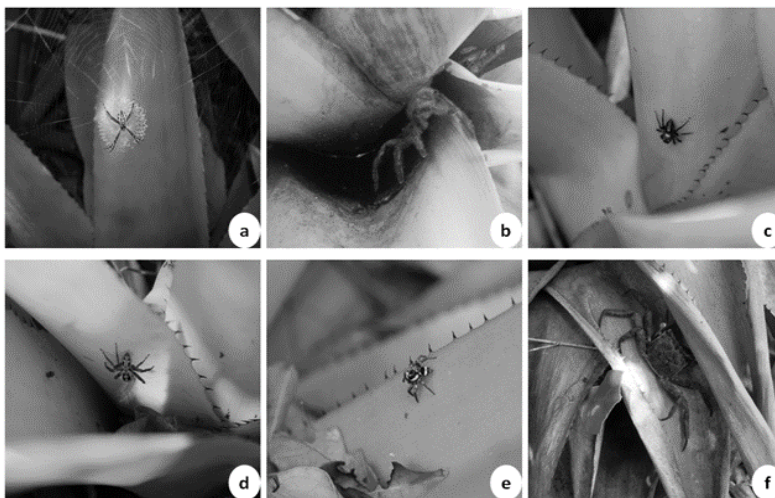
Os aracnídeos variaram de um a três por indivíduo de bromélia. Foram encontradas sete espécies: *Pachistopelma rufonigrum* (Theraphosidae), cinco espécies de Salticidae e *Argiope argentata* da família Araneidae (Fig. 3).

As aranhas utilizam as bromélias principalmente para abrigo contra predadores, local para forrageamento, acasalamento e reprodução, esse comportamento também foi observado por Romero & Vasconcellos-Neto (2005).

Indivíduos de *Pachistopelma rufonigrum* foram encontrados alojados na base da implantação da roseta, entre uma folha e outra, enquanto as outras cinco espécies da família Salticidae

distribuíram-se sobre a superfície das folhas. As espécies da família Salticidae não constroem teias, mas vivem diretamente em contato com a vegetação, usam a superfície das plantas para abrigo, reprodução e forrageamento, pois são caçadoras por espreita (ROMERO & VASCONCELLOS-NETO, 2005). *Argiope argentata* constrói teias geralmente entrelaçadas entre o ápice das folhas localizadas mais no interior da roseta. O carangueijo *Goniopsis cruentata* (Grapsidae) foi observado dentro das rosetas de *H. ramageana* (Fig. 4f). É uma espécie de crustáceo semiterrestres de braquiúra presentes no manguezal, popularmente conhecido no nordeste brasileiro como aratu. Está espécie pertence à família Grapsidae que se caracterizam por habitar áreas estuarinas, principalmente manguezais (MELO, 1996).

Figura 3. Fauna associada à *Hohenbergia ramageana*, *Argiope argentata* (a), *Pachistopelma rufonigrum* (b), espécies da família Salticidae (c,d,e) e *Goniopsis cruentata* (f)



As formigas não foram consideradas fauna característica de bromélias e sua abundância estaria relacionada ao comporta-

mento de forrageio, por alinharem em colônias próximas a essas plantas, principalmente localizadas em sua base próxima as raízes, onde esse comportamento também foi observado nos estudos nos estudos de Fish (1983) e Romero & Vasconcellos-Neto (2005).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Hohenbergia ramageana tem grande importância na manutenção da biodiversidade em sua área de ocorrência, tanto para a fauna que está associada aos seus tanques quanto para seus polinizadores. A disposição de suas folhas em roseta forma um reservatório onde se acumulam água e matéria orgânica, criando microhabitats para a fauna associada aos tanques, utilizando os tanques principalmente para acasalamento, forrageamento e abrigo contra predadores. E suas características florais indicam que a espécie se enquadra na síndrome de melitofilia, seus principais polinizadores foram às abelhas, principalmente a espécie *Euglossa cordata*, sendo esta espécie um importante polinizador para a perpetuação dessa espécie, uma vez que *H. ramageana* é uma espécie autoincompatível apresentando xenogamia facultativa.

REFERÊNCIAS

BENZING, D.H. 2000. **Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation**. Cambridge University Press, Cambridge.

BRASIL. 1993. Decreto nº 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, Poder Executivo, Brasília.

BUTCHER, D. GOUDA, E.J. 2016 cont.updated. **The new bromeliad taxon list**. Utrecht: University Botanic Gardens. Available at: <http://BromTaxonList.florapix.n>

CANELA, M.B.F. & SAZIMA, M. 2003. *Aechmea pectinata*: a hummingbird-dependent bromeliad with inconspicuous flowers from the rainforest in South-eastern Brazil. **Annals of Botany** 92: 731-737.

CANELA, M.B.F. & SAZIMA, M. 2005. The pollination of *Bromelia antiacontha* (Bromeliaceae) in Southeastern Brazil: ornithophilous versus melittophilous features. **Plant Biology** 7 (4): 411-416.

CORTOPASSI-LAURINO, M., ZILLIKENS, A. & STEINER, J. 2009. Pollen sources of the orchid bee *Euglossa annectans* Dressler 1982 (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) analyzed from larval provisions. **Genetics and Molecular Research** 8 (2): 546-556.

CRUDEN, R.W. 1977. **Temporal dioecism; systematic breadth, associated traits, and temporal patters**. **Botanical Gazzete** 149: 1-15.

FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. 1979. **The principles of pollination ecology**. Pergamo Press, London, pp. 244.

FISH, D. 1983. Phytotelmata: Flora e Fauna. *In*: J.H. FRANK & L.P. Lounibos (ed.). **Phytotelmata: Terrestrial Plants as Host for Aquatic Insect Communities**. Plexus, Medford, New Jersey, pp. 1-28.

LENZI, M., MATOS, J.Z. & ORTH, A. I. 2006. Variação morfológica e reprodutiva de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae). **Acta Botanica Brasilica** 20(2): 487-500.

GALEN, C. & PLOWRIGH, R.C. 1987. **Testing the accuracy of using peroxidase acity to indicate stigma receptive**. **Canadian Journal of Botany** 65: 11-107.

GENTRY, A. H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica** 6: 64-68.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. 1985. **Relatório da qualidade do meio ambiente**. João Pessoa: Secretaria das Minas, Energia e Meio Ambiente 1: 203.

MACHADO, C.G. & SEMIR, J. 2006. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área da Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica** 29: 163-174.

MARTINELLI, G. 1997. Biologia reprodutiva de Bromeliaceae na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. *In*: H.C. LIMA & R.R. GUEDES-BRUNI, (ed.). **Serra de Macaé de Cima: Diversidade florística e conservação em Mata Atlântica**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, pp. 213-250.

MARTINELLI, G. 2000. The bromeliads of the Atlantic Forest. **Scientific American** 282(3): 86-93.

MARTINELLI, G., VIEIRA, C.M., GONZALEZ, M., LEITMAN, P., PIRATININGA, A, COSTA, A.F. & FORZZA, R.C. 2008. Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. **Rodriguésia** 59: 209-258.

MELO, G.A.S. 1996. **Manual de Identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do Litoral Brasileiro**. Editora Plêiade/FAPESP, São Paulo, pp. 604.

NEWSTROM, L.E., FRANKIE, G.W. & BAKER, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica** 26: 141-159.

NIMER, E. 1989. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, pp. 422.

REITZ, R. 1983 Bromeliacéas e a malária: bromélia endêmica. *In*: R. Reitz (ed.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, pp. 518.

RIOS, P.A.F., SILVA, J.B. & MOURA, B.P. 2010. Visitantes florais de *Aechmea constantinii* (Mez) L. B. Sm.(Bromeliaceae) em um remanescente da Mata Atlântica do Nordeste Oriental. **Biotemas** 23(4): 29-36.

RODRIGUES, I.A., ANTUNES, L.R. & RODOVALHO, R.B. 2005. Perfis social, econômico e ecológico da área de influência da APA da Barra do Rio Mamanguape (PB): bases para a classificação e seleção de estabelecimentos rurais para gestão ambiental. *In*: G.S. RODRIGUES, C.C. DE A. BUSCHINELLI, I. A. RODRIGUES & M.C. MARCON NEVES (eds.). **Avaliação de impactos ambientais para gestão da APA da Barra do Rio Mamanguape/PB**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, pp. 39-73.

ROMERO G.Q. & VASCONCELLOS-NETO, J. 2005. Spatial distribution and microhabitat preference of Psecaschapoda (Peckham e Peckham) (Araneae, Salticidae). **Journal of Arachnology** 33: 124-134.

SCARANO, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany** 90: 517-524.

SIQUEIRA-FILHO, J.A. 1998. Biologia floral de *Hohenbergia riddleyi* (Baker) Mez. **Bromélia** 5: 3-13.

SIQUEIRA-FILHO, J.A. & MACHADO, I.C.S. 2004. Síndromes de polinização de uma comunidade de Bromeliaceae e biologia floral de *Vriesea psittacina* (Hoker) Lindley (Bromeliaceae) em Brejos dos Cavalos, Caruaru, Pernambuco. *In*: K.P. PORTO, J.J.P. CABRAL & M. TABARELLI (orgs.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba. História natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, pp. 227-284.

SMITH, L.B. & DOWNS, R.J. 1974. **Bromeliaceae (Pitcairnioideae). Flora Neotropical Monograph.** Hafner Press, New York.

ULISSÊA, M.A., LOPES, B.C., ZILLIKENS, A. & STEINER, J. 2007. Formigas associadas a *Nidularium innocentii* e *Aechmea lindenii* (Bromeliaceae) em Mata Atlântica no sul do Brasil. **Biológico** 69: 19-324.

VOSGUERITCHIAN, S.B. & BUZATO, S. 2006. Reprodução sexuada de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) e interação planta-animal. **Revista Brasileira de Botânica** 29: 433-442.

ZEISLER, M. 1938. Über die Abgrenzung der eigentlichen Narbenfläche mit Hilfe von Reaktionen. Beiheft Botanisches Zentralblatt 58: 308-318.

GUARIBA (*ALOUATTA BELZEBUL*) DISPERSORA DE SEMENTES: contribuição para regeneração natural da floresta atlântica

Luciana Lima de Sousa
Fernanda Maria Celestino Fernandes
Carla Soraia Soares de Castro

1 INTRODUÇÃO

A dispersão de sementes é um exemplo de relação mutualística envolvendo animais e plantas (ARROYO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2017; MCCONKEY *et al.*, 2012). Ao se alimentar de frutos os animais deslocam sementes para locais distantes da planta que produziu os frutos (HERRERA, 2002; JORDANO, 2014). As condições dos locais onde as sementes são descartadas têm relação direta com o sucesso na germinação e o desenvolvimento de plântulas (CHAPMAN, 1989).

Essa interação abrange os níveis de organização de indivíduos a ecossistemas (TRAVESET *et al.*, 2014), promove o povoamento de locais por sementes, seguido da colonização por plântulas, contribuindo para regeneração natural dos ecossistemas por meio de sucessão ecológica (DEMNICIS *et al.*, 2009).

As florestas tropicais apresentam níveis elevados de ameaças, abrigam biodiversidade importante e possuem taxa de endemismo significativa, sendo ecossistemas prioritários para conservação (MYERS *et al.*, 2000). A maioria das espécies vegetais das florestas tropicais tem suas sementes dispersadas por animais que incluem frutos em suas dietas ao menos durante parte do ano (CORLETT, 2017; FLEMING & KRESS, 2013). Uma propor-

ção significativa de biomassa nessas florestas é constituída por primatas (CHAPMAN, 1995).

Neste capítulo, são apresentados aspectos da dispersão de sementes pela espécie de primata *Alouatta belzebul*, a guariba. A diversidade de sementes de espécies vegetais dispersadas, a viabilidade dessas sementes e a contribuição da guariba na regeneração natural da Floresta Atlântica, são abordadas e discutidas.

2 CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE *ALOUATTA BELZEBUL*

A dieta das espécies do gênero *Alouatta* é predominantemente folívora-frugívora, caracterizada pelo consumo de folhas, frutos, flores, brotos e sementes (CROCKETT & EISENBERG, 1987). Ademais, vivem em grupos sociais, cujas composições têm, pelo menos, um macho, duas ou três fêmeas adultas e suas proles (DI FIORE *et al.*, 2011). Esses grupos sociais podem ter tamanhos distintos, variando de 2 a 36 indivíduos, pois a qualidade do ambiente que habita tem influência nos tamanhos dos grupos (KINZEY, 1997). Da mesma forma, os tamanhos das áreas de vidas variam com a espécie e a distribuição dos recursos alimentares, podendo variar de 2 a 182 hectares (PALACIO; RODRIGUES, 2001).

A espécie *Alouatta belzebul* só é encontrada no Brasil, em duas populações disjuntas: uma na Amazônia oriental e outra população na Floresta Atlântica, ao norte do rio São Francisco (BONVICINO *et al.*, 1989; GREGORIN, 2006). Alimenta-se de partes vegetais tais como folhas e frutos, mas o consumo desses itens e a proporção com que estão na dieta têm relação com a variação sazonal em suas abundâncias (QUEIROZ, 1995). Apresenta áreas de vida cujos tamanhos variam de 4,7 a 9,5 hectares (BONVICINO, 1989).

No nordeste foram registradas 18 populações da espécie, em áreas de Floresta Atlântica nos estados de Pernambuco, Rio

Grande do Norte, Paraíba e Alagoas (ICMBIO, 2018). Nesses locais as principais ameaças identificadas são o isolamento das populações, provocado pela redução e fragmentação das áreas de florestas, acrescido da caça (ICMBIO, 2018). Por tudo isso, a espécie está na categoria de vulnerável (IUCN, 2020). O Plano Nacional para Conservação dos Primatas do Nordeste a incluiu dentre as espécies-alvo, cujos esforços são destinados para tornar as populações viáveis e conectar fragmentos de florestas (ICMBIO, 2018).

3 DISPERSÃO DE SEMENTES PELA GUARIBA

A pesquisa de dispersão de sementes foi realizada na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Pacatuba, onde habita uma população de guariba. A reserva está localizada no município de Sapé (07°03'11"S, 35°09'32"W), Paraíba e possui uma área de floresta de 266,53 hectares intermediada por canaviais (BONVICINO, 1989).

Foram utilizadas na pesquisa três trilhas preexistentes (trilhas da cachoeira; do canavial e da estrada), com 250, 300 e 400 metros respectivamente. Essas trilhas foram percorridas em três dias consecutivos por semana sendo georreferenciados os locais onde as guaribas defecaram.

As fezes foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel, com um código de identificação, número de amostras fecais e nome das trilhas nas quais foram encontradas. As sementes foram retiradas das fezes, lavadas em peneira fina e em água corrente, nas dependências do Laboratório de Ecologia Animal, Campus IV, da Universidade Federal da Paraíba, para posterior identificação. A identificação, quando possível em nível de espécie, foi realizada com o auxílio de um levantamento florístico existente para área.

Foram georreferenciados 95 locais de defecação (trilha da cachoeira: 29; trilha do canal: 45 e trilha da estrada: 21), apresentando um padrão agrupado de distribuição (Figura 1). O que determina a distribuição espacial das fezes é o padrão de defecação que pode variar muito entre diferentes espécies de frugívoros, de acordo o tamanho corporal, o comportamento social e a fisiologia digestiva (ANDRESEN, 1999).

Figura 1. Locais de defecação das guaribas na RPPN Fazenda Pacatuba, Sapé, Paraíba



As espécies do gênero *Alouatta* têm o hábito de defecar debaixo da copa das árvores onde consumiram os frutos ou próximos a elas. Os indivíduos do grupo defecam simultaneamente, produzindo elevadas taxas de defecação por área e as sementes concentram-se principalmente sob os locais de dormida (CHAMPAN, 1989; JULLIOT, 1997). Há registros de defecação de indivíduos de *Alouatta caraya* em locais próximos, deixando-os susceptíveis à infecção parasitária (SANTA CRUZ *et al.*, 2000).

Foram analisadas 851 sementes, das quais foram identificadas 14 morfoespécies. Das sementes cuja identificação ocorreu em nível de família, foram identificadas

as famílias Moraceae; Combretaceae; Malpigiaceae; Fabaceae; Lauraceae; Burseraceae e Anacardiaceae (Tabela 1).

Tabela 1. Sementes de diferentes espécies encontradas nas amostras de fezes das guaribas na RPPN Pacatuba, PB

Nome Científico	Família	Sucessão
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl) Huber	Moraceae	Secundária inicial
<i>Buchenavia grandis</i> Ducke	Combretaceae	Secundária tardia
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	Malpigiaceae	Secundária inicial
<i>Dialium</i> sp.	Fabaceae	Secundária tardia
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	Pioneira
<i>Inga</i> sp.	Fabaceae	Secundária inicial
<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae	Secundária inicial
<i>Protium</i> sp.	Burseraceae	Secundária tardia
<i>Tapirira guianensis</i> Albl.	Anacardiaceae	Pioneira

Daquelas sementes possíveis de identificação em níveis de gênero e de espécie foram identificadas: *Ficus* sp.; *Inga* sp.; *Ocotea* sp.; *Dialium* sp.; *Protium* sp.; *Brosimum guianense*; *Buchenavia grandis*; *Byrsonima sericea* e *Tapirira guianensis* (Tabela 1). A diversidade de sementes variou significativamente ($H= 21.1263$, $p= 0.0036$). As espécies *Byrsonima sericea* (504) e *Dialium* sp. (240) apresentaram os maiores números de sementes nas amostras de fezes ($Z= 1.96$; $p= <0.05$).

4 VIABILIDADE DAS SEMENTES DISPERSADAS

Parte das sementes foi colocada em placas de Petri, forradas com papel filtro, umedecidas e monitoradas diariamente para verificar a presença de sementes germinando. Outras sementes foram banhadas em solução de Tetrázólio com concentração de 1%, também em placas de Petri, levadas para estufa sob

temperatura de 35°C a 40°C, por 3 horas para verificar a coloração obtida. A partir de uma reação de coloração entre a solução de tetrazólio e enzimas hidrolíticas, é possível estimar a viabilidade das sementes, em termos de potencial para germinar, com base na existência metabólica do embrião (DELOUCHE *et al.*, 1976).

Das sementes postas em placas de Petri umedecidas com água, foram registrados 52,7% de *Byrsonima sericeae*; 31,3% de *Dialium* sp. 10,2% de *Buchenavia grandis*; 2,1% de *Protium* sp.; 1,2% de sementes não identificadas em germinação. Das sementes de *Dialium* sp. submetidas ao banho de Tetrazólio, 90% se coloriram, apresentando embriões viáveis para germinação.

Em pesquisa realizada com *Alouatta guariba Clamitans*, foi observado que sementes da espécie *Celtis iguanaea* tiveram mais sucesso na germinação ao serem dispersas distantes da planta-mãe, onde os frutos foram produzidos e consumidos (GRAEFF *et al.*, 2004). As sementes de *Dialium* sp. ingeridas pelas guaribas apresentaram viabilidade para germinação comprovada pelo teste do Tetrazólio. Isto evidencia que além da distância da planta-mãe favorecer a germinação, a ingestão das sementes afeta positivamente o potencial germinativo. Resultado semelhante foi registrado para sementes de *Dialium* spp nas fezes de Banobos (*Pan paniscus*) que apresentaram elevado potencial para germinar (BEAUNE *et al.*, 2013).

5 A CONTRIBUIÇÃO DA GUARIBA PARA REGENERAÇÃO DA FLORESTA ATLÂNTICA

As sementes encontradas nas amostras de fezes variaram em tamanhos de 0,6 a 7,8 mm de comprimento e de 0,9 a 9,4 mm de largura, demonstrando que a guariba engoliu e eliminou nas fezes sementes pequenas e grandes, de espécies pioneiras a secundárias iniciais e tardias na sucessão ecológica (Tabela 1).

Os tamanhos das sementes determinarão a forma como serão tratadas, podendo ser engolidas, cuspidas ou descartadas, influenciando no processo germinativo (JORDANO, 2014)

Sementes grandes, apresentando 40 mm de comprimento e 25 mm de largura, compatíveis com sementes consumidas por grandes frugívoros, foram engolidas por *Alouatta seniculus*, bem como sementes pequenas que se encontram em diferentes níveis sucessionais (JULLIOT, 1997).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As guaribas consumiram uma diversidade de sementes cujas características morfológicas evidenciaram a dispersão de sementes de espécies que surgem nos estágios iniciais da sucessão ecológica, dominado por espécies pioneiras, bem como as dos estágios seguintes onde predominam as espécies secundárias iniciais e tardias. Isso confirma a contribuição da guariba (*Alouatta belzebul*) na regeneração natural, da Floresta Atlântica, por sucessão ecológica.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio financeiro. A Jonas Matias Filho, pela ajuda na coleta de amostra de fezes em campo e na triagem das sementes em laboratório. A Valdecir da Silva, pelo auxílio em campo. A todos da RPPN Fazenda Pacatuba, pela acolhida e ajuda.

REFERÊNCIAS

ANDRESEN, E. Seed dispersal by monkeys and the fate of dispersed seeds in a Peruvian rain forest. **Biotropica** 31:145-158, 1999.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; MELO, F.P.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; CHAZDON, R.L. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. **Biological Reviews** 92: 326-340, 2017.

BEAUNE, D.; BRETAGNOLLE, F.; BOLLACHE, L.; HOHMANN, G.; SURBECK, M.; BOURSON, C.; FRUTH, B. The Bonobo-*Dialium* Positive Interactions: Seed Dispersal Mutualism. **American Journal of Primatology** 75: 394-403, 2013.

BONVICINO, C.R. Ecologia e comportamento de *Alouatta belzebul* (Primates: Cebidae) na Mata Atlântica. **Revista Nordestina de Biologia** 6: 149-179, 1989.

CHAPMAN, C. Primate Seed Dispersal: The fate of dispersed seeds. **Biotropica** 21(2): 148-154, 1989.

CHAPMAN, C.A. Primate seed dispersal: coevolution and conservation implications. **Evolutionary Anthropology** 4: 74-82, 1995.

CORLETT, R.T. Frugivory and seed dispersal by vertebrates in tropical and subtropical Asia: An update. **Global Ecology and Conservation** 11, 1-22, 2017.

CROCKETT, C.M.; EISENBERG, J.F. Howlers: Variations in group size and demography. *In*: SMUTS, B.B.; CHENEY, D.L.; SEYFARTH, R.M.; WRANGHAM, R.W.; STRUHSACKER, T. (Ed.). **Primate Societies**, Chicago:University of Chicago Press, 1987, p. 54-68.

DEMINICIS, B.B.; VIEIRA, H.D.; ARAÚJO, S.A.C.; JARDIM, J.G.; PÁDUA, F.T.; CHAMBELA NETO, A. Natural dispersion of seeds: importance, classification and dynamics in tropical pastures. **Arch. Zootec** 58: 35-58, 2009.

DI FIORE, A.; LINK, A.; CAMPBELL, C.J. The Atelines behavioral and socio-ecological diversity in a New World Monkey Radiation. *In*: CAMPBELL, C.J.; FUENTES, A.; MACKINNON, K.C.; PANGER, M.; BEARDER, S.K. (Ed.). **Primates in perspective**. New York: Oxford University Press, 2011, p. 155-188.

FLEMING, T. H., KRESS, W. J. **The ornaments of life: coevolution and conservation in the tropics**. Chicago: University of Chicago Press, 2013.

GRAEFF, V.G.; BICCA-MARQUES, J.C.; ASTARITA, L.V. Viabilidade e germinação de sementes de esporão-de-galo, *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sargent., ingeridas pelo bugio-ruivo, *Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940. *In*: BICCA-MARQUES, J.C. (Ed.). **A Primatologia no Brasil**. 10. ed. Porto Alegre, RS: Sociedade Brasileira de Primatologia; EDIPUCRS, 2004, p. 363-374.

HERRERA, C.M. Seed dispersal by vertebrates. *In*: HERRERA, C. M.; PELLMYR, O. (Ed.). **Plant–animal interactions: an evolutionary approach**. Oxford: Blackwell, UK, 2002, p.185-208.

ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Sumário Executivo do Plano de Ação Nacional para Conservação dos Primatas do Nordeste**. Portaria nº242, de 27 de março de 2018. Disponível em: icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/plano-de-ação-nacional-lista/865-pan-primatas-do-nordeste. Acesso em: 09 out. 2020.

IUCN – International Union for Conservation of Nature. **The Red List Threatened Species**, 2020. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/species/136253/70612866>. Acesso em: 2 set. 2020.

JORDANO, P. Fruits and frugivory. *In*: GALLAGHER, R. S. (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CABI, UK, 2014, p. 18-61.

JULLIOT, C. Impact of seed dispersal by red howler monkeys *Alouatta seniculus* on the seedling population in the understory of tropical rain forest. **Journal of Ecology** 85: 431-440, 1997.

MCCONKEY, K.R.; PRASAD, S.; CORLETT, R.T.; CAMPOS-ARCEIZ, A.; BRODIE, J.F.; ROGERS, H.; SANTAMARIA, L. Seed dispersal in changing landscapes. **Biological Conservation** 146: 1-13, 2012.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853-858, 2000.

SANTA CRUZ, A.C.M.; BORDA, J.T.; PATIÑO, E.M.; GÓMEZ, L.; ZUNINO, G.E. Habitat fragmentation and parasitism in howler monkeys (*Alouatta caraya*). **Neotropical Primates** 8:146-148, 2000.

TRAVESET, A.; HELENO, R.; NOGALES, M. The ecology of seed dispersal. In: GALLAGHER, R.S. (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CABI, UK, 2014, p. 62-93.

INTERAÇÕES ECOLÓGICAS E BIOLOGIA FLORAL DE CRESCENTIA CUJETE L. (BIGNONIACEAE): uma espécie quiropterófila

Monna Myranna Mangueira Ramalho
Evelise Locatelli

1 INTRODUÇÃO

As interações entre plantas e animais são essenciais para a manutenção e conservação da biodiversidade. Os efeitos dessas interações podem ser observados sobre muitos grupos distintos, e a natureza das interações resulta em diferentes formas de relações (MACHADO, 2007).

A família Bignoniaceae apresenta cerca de 120 gêneros e 800 espécies (CHAGAS-JÚNIOR *et al.*, 2010). O maior centro de diversidade da família Bignoniaceae ocorre no Brasil, totalizando 55 gêneros e 316 espécies (GENTRY, 1980).

No Brasil *Crescentia cujete* espécie de Bignoniaceae, é conhecida popularmente como “cuité”, “árvore-da-cuia”, “cabeceira” sendo utilizada para diversos fins, seus frutos secos servem de recipientes, utensílios caseiros e instrumentos artesanais, a polpa e as folhas servem de ração animal (BASS, 2004; IBRAHIM *et al.*, 2006; SINCLAIR, 2001), possui propriedades medicinais (GENTRY, 1980; PÉREZ-ARBELAEZ, 1990; WIDODO, 2001).

Diante da escassez de informações sobre interações ecológicas em *Crescentia cujete* foi realizado este estudo com os objetivos de registrar a biologia floral, apresentar os atributos florais relacionados à síndrome de quiropterofilia.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Jardim Botânico de João Pessoa que está localizado a 7°6'S e 34°52'W, a uma altitude média de 45m, Baixo Planalto Costeiro (ANDRADE-LIMA & ROCHA, 1971). Possui uma área de aproximadamente 343,79 ha, gerenciada pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA. O período chuvoso concentra-se entre os meses de março a agosto (média de 153 mm) e um período de pouca pluviosidade nos meses de setembro a fevereiro, (100 mm). As temperaturas médias neste período variaram entre a mínima de 19,3°C e a máxima de 32,7°C (BARBOSA, 1996; GADELHA-NETTO, 2004).

2.2 Atividade de campo

Os dados foram obtidos no período de fevereiro de 2010 a outubro de 2011, totalizando 400 horas de observação.

Fenologia: Para obtenção dos dados fenológicos foram observados três indivíduos de *C. cujete* através de acompanhamentos mensais e coletados dados referentes à floração e frutificação durante o período de julho/2010 a julho/2011. O padrão de floração e de frutificação foi classificado segundo Newstrom *et al.*, (1994) e Gentry (1974).

Biologia Floral: Foram coletadas flores de três indivíduos de *Crescentia cujete* e posteriormente conservadas em álcool 70% para análise e medidas das estruturas florais (n=10) em laboratório. Em campo foi observado o horário da antese floral e o devido recurso ofertado para seus visitantes, marcando-se botões em pré-antese, sendo acompanhados até a senescência floral. A receptividade do estigma foi testada em campo utilizando-se H₂O₂

(ZEISLER, 1938) auxiliado por uma lupa de bolso. A concentração de açúcares no néctar foi observada com auxílio de refratômetro de bolso (0 - 90% Atago[®]), e o volume foi medido utilizando-se microseringas (50 µl) (Microliter[®]). O número de grãos de pólen por antera foram corados com safranina e estimados com auxílio da câmara de Neubauer (LLOYD, 1972) e esteriomicroscópio (16X de aumento) e posteriormente a relação pólen/óvulo (CRUDEN, 1977). A viabilidade polínica foi estimada utilizando-se carmim acético e lamínula quadriculada (RADFORD *et al.*, 1974). Para estes procedimentos acima foram utilizados dez botões em pré-antese.

Sistema Reprodutivo: Para determinar a estratégia reprodutiva foram realizados experimentos de autopolinização espontânea, polinização natural (Controle) e apomixia.

Visitantes: As observações dos visitantes florais foram das 8h às 00h e durante a floração e frutificação para as atividades dos nectários extraflorais. Em cada sessão de visita, foram registrados dados relacionados ao horário, duração e o comportamento dos visitantes.

Análises Estatísticas: Para o teste de normalidade dos dados foi através do Shapiro - wilk e em seguida o teste de correlação linear de Spearman, entre a ocorrência das fenofases de floração e frutificação com a precipitação.

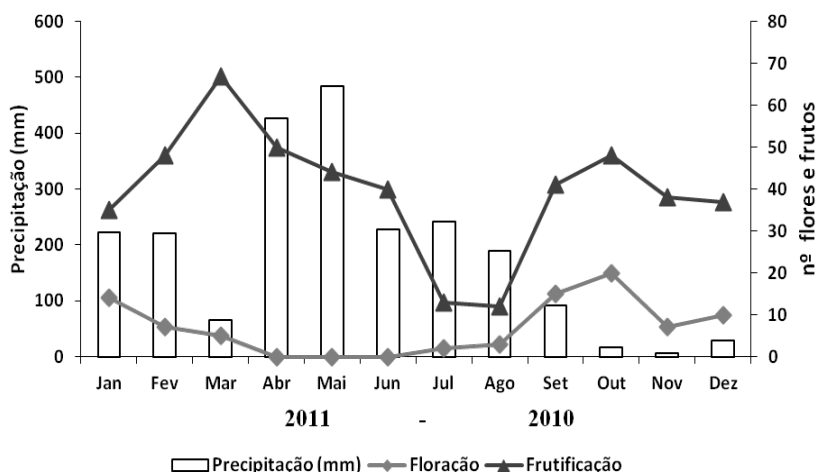
3 RESULTADOS

Crescentia cujete é uma planta arbórea, com 3m de altura, apresentam folhas simples, alternas, concentradas em grupos no ápice dos ramos, ligeiramente pilosas nas nervuras da parte abaxial.

A fenofase de floração ocorre nos meses de setembro a janeiro, período correspondente a estação seca do ano, com pico

nos meses de setembro e outubro, apresentando um padrão de floração do tipo “cornucópia” segundo Gentry (1974) e anual segundo Newstrom *et al.*, (1994). (Fig. 1)

Figura 1. Fenofases de floração e frutificação de *Crescentia cujete*, relacionados a precipitação, ocorrente no Jardim Botânico Benjamim Maranhão. (Precipitação Fonte: AESA)



A frutificação ocorreu durante todo o ano, contínua (NEWSTROM *et al.*, 1994) e *steady state* (GENTRY, 1974), havendo dois picos de maior disponibilidade de frutos (março e outubro) (Figura 1.). Verificou-se uma correlação significativa negativa apenas entre a floração e precipitação ($r_s = - 0.7266$, $p < 0,005$). A frutificação e a precipitação não apresentaram correlação.

As flores de *C. cujete* são amarelo-esverdeadas, grandes e solitárias dispostas ao longo dos ramos principais (cauliflora) (Fig. 2C e D). O cálice é gamossépalo e esverdeado. Nectários extraflorais ocorrem em toda superfície externa das sépalas em número médio de 88 por cálice. A atividade destes nectários acontece na pré-antese. Apresenta corola em forma tubular-côncava campanulada (Fig. 2B) apresenta uma evaginação localizada

dorso-ventralmente, próximo ao disco nectarífero, que acumula grandes quantidades de néctar. (Fig. 2C).

Figura. 2. Flores grandes e solitárias, dispostas ao longo dos ramos principais, (cauliflora), (A) Botão em antese; (B) Simetria zigomorfa, (C e D) Câmara nectarífera e Estigma bifido; (E) o androceu com quatro estames livres, (F) o gineceu com ovário súpero, de *Crescentia cujete* L. no Jardim Botânico, João Pessoa-PB



O androceu é formado por quatro estames livres, didínamos, epipétalos. Os filetes são esverdeados e as anteras são grandes, diteca com deiscência longitudinal (Fig. 2E). O número de pólen por antera foi 998.750, totalizando 3.995.000 grãos de pólen por flor, apresentando uma viabilidade média de 98%.

A antese é crepuscular e o processo de abertura dos botões inicia por volta das 16h00min, com a distensão dos lacínios, por volta das 17h00min os lacínios estão totalmente abertos, ini-

ciando-se a emissão de odor forte e desagradável. No início da antese as flores possuem coloração escura, clareando ao longo da antese, com duração de uma noite.

O gineceu é constituído por um ovário súpero, plurilocular e unilocular, o estilete é amarelado, de modo que a área estigmática fique acima das anteras. O estigma é bífido (Fig. 2F). O nectário floral apresenta em formato de disco e está localizado na base do gineceu. O néctar floral é acumulado na câmara nectarífera localizada na base da corola.

As flores produzem grandes quantidades de néctar variando de 110 a 190 μ l, sua produção inicia por volta das 16h00min e perdura-se até o fim da antese, que se completa com a queda das anteras. A concentração de açúcar no néctar variou de 20% as 16h00 (início da antese) e 26% as 21h00, o estigma encontrava-se receptivo a partir das 18h.

O fruto é globoso com epicarpo verde e endocarpo lenhoso e resistente. O cálice é persistente e confere proteção aos frutos jovens.

Os indivíduos de *Crescentia cujete* receberam visitas de morcegos, abelhas, formigas e aranhas.

O morcego *Glossophaga soricina* (Phyllostomidea), chegou ao local de estudo por volta das 17h30min, sendo que antes da primeira visita a uma flor o morcego fez uma passagem próxima, seu primeiro contato com a flor foi por volta das 18h00min com uma duração de 80 a 02 milésimo de segundo com uma frequência de 5-15min no início da noite e 50 - 60 min ao longo da noite (Fig. 3).

Fig. 3. (A) Morcego *Glossophaga soricina* fazendo percurso ao redor da flor e visitando (B e C) as flores de *C. cujete*, no Jardim Botânico, João Pessoa-PB



As visitas dos morcegos são individuais e percorrendo uma rota do tipo “trapline” (Fig. 3A.). Em contato com a flor, tocam com a cabeça os estigmas ocorrendo assim à polinização, após coletarem o néctar comprimem as anteras e recendo nova carga polínica que fica depositada em seu corpo (Fig. 3B e C). *Glossophaga soricina* foi o único visitante que apresentou comportamento para polinizar as flores de *C. cujete*, sendo assim considerado o único polinizador.

A abelha *Trigona spinipes*, foi observada com muita frequência, apresentou dois comportamentos distintos, coleta de pólen e, coleta de néctar, através de perfurações na câmara nectarífera., essa abelha com suas mandíbulas conseguiram criar um orifício no cálice, deixando as flores danificadas, mesmo assim

não impediam as visitas de polinizador efetivo. Suas visitas tiveram início na pré-antese, no horário entre 15h00min e 17h00min.

As folhas de *C. kujete* foram observadas servindo de micro habitat e proteção contra predadores para aranhas da *Iridopelma* sp. família Theraphosidae que se caracteriza por ter patas longas com duas garras na ponta, e corpo revestido de pelos, são animais noctívagos e se alimentam de pequenos animais.

Encontrou-se nectários extraflorais espalhados aleatoriamente por toda superfície dos frutos. Durante todo o período de desenvolvimento dos frutos ocorrem visitas que se diferenciam de acordo com sua maturidade, sendo maior intensidade em frutos jovens. Essas glândulas nectaríferas atraem visitas de formigas da família Formicidae que visitam os nectários extraflorais do cálice, onde a espécie mais frequente *Cephalotes atratus*

As formigas da espécie *C. atratus* pertencentes à família Formicidae, realizaram visitas aos nectários extraflorais presentes nos botões e nos frutos de *C. kujete*. O período de atividade das formigas aconteceram no período diurno, sendo a maior intensidade em frutos jovens. Foram observadas também outras formigas de diferentes espécies forrageando os frutos maduros, já dispersos por barocoria da planta-mãe, alimentando-se da sua polpa e conseqüentemente realizando dispersão secundária, diminuindo assim a competição de plântulas embaixo da planta-mãe. O fruto depois de forrageado serve de abrigo para as formigas, por ser bastante resistente.

O teste de autopolinização espontânea foi realizado em 40 flores, resultando em seis frutos (15%) (autocompatível), já em polinização natural (controle) resultou 25% de 20 flores, não obteve resultado positivos em teste de apomixia. A razão P/O foi de 3073,07.

4 DISCUSSÃO

Crescentia cujete apresentou um padrão de floração do tipo “cornucópia” (GENTRY, 1974) e anual (NEWSTROM *et al.*, 1994).

A síndrome de quiropterofilia apresenta vários atributos florais como antese crepuscular, flores grandes, solitárias e resistentes, dispostas ao longo dos ramos principais (cauliflora), forma de sino, forte odor que serve de atração aos seus polinizadores e abundância de néctar (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979; SAZIMA, 1975).

Em *Crescentia cujete* o néctar é o único recurso oferecido aos seus polinizadores. Segundo Opler (1983) e Cruden *et al.* (1983) esta característica é de extrema importância na recompensa aos polinizadores e sua produção pode variar de acordo com o tamanho dos visitantes.

C. cujete oferece constante produção de néctar por todo o período de antese, favorecendo o retorno do polinizador à mesma planta ao longo da noite. A continuidade da produção de néctar somada a grande quantidade de flores, pode contribuir para o aumento necessário à atração de visitantes como *G. soricina* (GRIBEL, 2007).

A polinização cruzada nas flores de *C. cujete* é favorecida pela disposição dos órgãos reprodutivos, pois ao visitar as flores os morcegos tocam primeiro o estigma e depois as anteras. A deposição de pólen na cabeça dos morcegos beneficia a polinização cruzada (GRIBEL *et al.*, 1990; HOKCHE; RAMIREZ, 1990).

O sucesso reprodutivo da autopolinização espontânea (15%) e polinização natural (Controle) (25%) indica a auto-compatibilidade da espécie um fato pouco registrado para outras espécies de Bignoniaceae. A razão P/O indica uma xenogâmia obrigatória para a espécie.

Plantas com nectários extraflorais geralmente estão associados às formigas, a qual proporciona benefícios positivos para ambos, definido mutualismo (BRONSTEIN, 1994). Nectários extraflorais em Bignoniaceae foram descritos por Elias & Gelband (1975; 1976); Elias (1983). A presença desses nectários extraflorais em frutos foi evidenciada pela primeira vez para o gênero *Crescentia* nos trabalhos de Elias e Prance (1978). Foi relatada a presença nectários extraflorais em *Arrabideae conjugata* (Bignoniaceae) nas sépalas e nos frutos (CORREIA *et al.*, 2005).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O morcego *Glossophaga soricina* foi considerado o efetivo polinizador de *Crescentia cujete* devido sua frequência e comportamento de visita, resultando em uma interação mutualística entre planta-polinizador. *C. cujete* apresenta dispersão barocórica e, uma forte interação com formigas as quais realizam dispersão secundária das sementes de *C. cujete*. A espécie tem grande importância ecológica, pois serve de abrigo para a fauna de pequenos invertebrados, além disso, oferece recurso para polinizadores durante período de seca, quando há menor quantidade de recurso disponível.

REFERÊNCIAS

ANDRADE-LIMA, D.; ROCHA, M.G. **Observações preliminares sobre a Mata do Buraquinho, João Pessoa, Paraíba.** Anais do ICB-UFRPE, Recife, ano. 1, nº1, p.47-61. 1971.

BARBOSA, M.R.V. **Estudo florístico e fitossociológico da Mata do Buraquinho, remanescente de mata atlântica em João Pessoa, Paraíba.** Campinas, 135p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. 1996.

BAKER, H.G. Evolutionary relationships between flowering plants and animals in American and African tropical forests. In: Meggers B. J.; Ayensu E. S.; Duckworth W. D., eds. **Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review**. Washington, DC: Smithsonian Institution, 1973. p. 145-159.

BRONSTEIN, J.L. The contribution of ant plant protection studies to our understanding of mutualism. **Biotropica**, ano, 30, p. 150-161, 1998.

CORREIA, M.C.R.; PINHEIRO, M. C. B.; LIMA, H. A. Biologia floral e polinização de *Arrabidaea conjugata* (Vell.) Mart. (Bignoniaceae). **Acta Botânica Brasilica**, ano 19, nº3, p. 501-510, 2005.

CORREIA, M.C.R.; PINHEIRO, M. C. B.; LIMA, H. A. Biologia floral e polinização de *Anemopaegma chamberlaynii* Bur. & K. Schum. (Bignoniaceae). **Lundiana** ano 7, nº 1, p. 39-46, 2006.

CHAGAS-JÚNIOR, J.M. das; CARVALHO, D. A.; MANSANARES, M. E. A família Bignoniaceae Juss. (Ipês) no município de Lavras, Minas Gerais. **Cerne, Lavras** ano 16, nº4, p. 517-529, 2010.

CRUDEN, R.W. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, ano 31, p. 32-46, 1977.

CRUDEN, R.W.; HERMAN, S.M.; PETERSON, S. Patterns of nectar production and plant pollination coevolution. In: The biology of nectaries (BENTLEY, B. and ELIAS, T. eds.). **Columbia Press**, New York, p. 80-125, 1983.

ELIAS, T.S.; GELBAND, H. Nectar: Its production and functions in trumpet creeper. **Science**, ano 189, p. 289-291, 1975.

ELIAS, T. S.; GELBAND, H. Morphology and anatomy of floral and extrafloral nectaries in *Campsis* (Bignoniaceae). **American Journal of Botany**, ano 63, nº10, p. 1349-1353, 1976.

ELIAS, T.S.; PRANCE, G.T. Nectaries on the fruit of *Crescentia* and other Bignoniaceae. **Brittonia**, ano 30, nº2, p. 175-181, 1978.

ELIAS, T.S. Extrafloral nectaries: their structure and distribution. p. 174-203. In: Bentley B., and Elias T., (eds.). *The Biology of nectaries*. New York, Columbia **University Press**. 1983.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. *The principles of pollination ecology*. 3 ed. **Pergamon Press**, Oxford, England. 1979.

FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en arbores. **Turrialba**, ano 4, p. 22-423, 1974.

FLEMING, T.H. Foraging strategies in plant-visiting bats. In: Kunz TH, ed. **Ecology of bats**. New York: Plenum Press, p. 287-325, 1982.

GADELHA-NETO, P.C. *Biodiversidade da Mata Atlântica*. João Pessoa: Jardim Botânico Benjamim Maranhão. 2004.

GENTRY, A. H.. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, ano 6, nº1, p. 64-68, 1974a.

GENTRY, A. H. Coevolutionary patterns in Central American Bignoniaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, ano 61, p.728-759, 1974b.

GENTRY, A. H. Bignoniaceae in flora of Panama. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, ano 60, p.781-977, 1974c.

GENTRY, A. H. Bignoniaceae of southern Central America: distribution and ecological specificity. **Biotropica**. ano 8, nº2, p. 117-131, 1976.

GENTRY, A. H. Bignoniaceae - Part I: *Crescentieae* and *Tourrettieae*. **Flora Neotropica Monograph**. New York Botanical Garden, Bronx. ano 25, 1980.

GRIBEL, R.; SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Flores pedem morcegos. **Ciência Hoje**, ano 11, p. 22-28, 1990.

HOKCHE, O.; RAMIREZ, N. Pollination ecology of seven species of *Bauhinia* L. (Leguminosae: Caesalpinioideae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**. ano 77, p. 559-572, 1990.

IBRAHIM, M.; VILLANUEVA, C.; MORA, J. Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms. In: Mosquera-Losada M. R., McAdam J, Rigueiro-Rodriguez, A. (eds) **Silvopastoralism and sustainable land management**. CABI Publishing, Wallingford, p.13-16, 2006.

MACHADO, I. C. SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Bat pollination of the terrestrial herb *Irlbachia alata* (Gentianaceae) in northeastern Brazil. **Plant Systematic Evolution**, ano 209, p. 231-237, 1998.

MACHADO, P. H. D. Análise da natureza das interações entre animais e plantas e a sua importância para a manutenção das relações ecológicas. **Ciência e Conhecimento – Revista Eletrônica da Ulbra São Jerônimo** – ano 01, Biologia, A.3. 2007.

NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**. ano 26, p.141-159, 1994.

OPLER, P.A. Nectar production in a tropical ecosystem. In BENTLEY, B. and ELIAS, T. **The biology of nectaries**. Columbia University Press, New York, p.30-79, 1983.

PÉREZ-ARBELAEZ, E. Totumo. In: Plantas útiles de Colombia. **Editorial Victor Hugo**, Medellín, Colombia, p. 320-321, 1990.

RADFORD, A.E.; DICKISON, W. C. MASSEY, J.R.; BELL, C.R. **Vascular Plant Systematics**. Harper & Row Publishers, New York. p. 891, 1974.

SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Quiropterofilia em *Lafoensia pacari* St. Hil. (Lythraceae), na Serra do Cipó, Minas Gerais. In: **Ciência e Cultura**. ano 27, nº4, abril. p. 404-416, 1975.

SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Bat pollination of the passion flower, *Passiflora mucronata* in Southeastern Brazil. **Biotropica**, ano 10, p.100-109, 1978.

WIDODO, S. H. *Crescentia cujete* L. In: Bunyapraphatsara N, van Valkenburg JLCH (eds) Plant resources of southeast Asia (PRO-SEA), Medicinal and poisonous plants. Pudoc, **Wageningen**, ano 12, nº2, p.193–194, 2001.

ZEISLER, M. Über die abgrenzung der eigentlichen Narbenfläche mit der Hilfe von Reaktionen. **Beihefte zum Botanisches Zentralblatt A**. ano. 58, p. 308 - 318, 1938.

ESTRUTURA DE UMA FLORESTA DE MANGUE SUBMETIDA À CORTE SELETIVO NO ESTUÁRIO DO RIO MAMANGUAPE, ESTADO DA PARAÍBA

Edilene Cristina do Nascimento Costa
Frederico Lage-Pinto
Elaine Bernini

1 INTRODUÇÃO

As florestas de mangue são consideradas as mais ricas em carbono nos trópicos (DONATO; KAUFFMAN; MURDI-YARSO, 2011) e sua importância ecológica, econômica e social é amplamente reconhecida (LEE *et al.*, 2014). Entretanto, o declínio das áreas de manguezal tem atingido taxas alarmantes, uma vez que esse ecossistema tem sido explorado por séculos (FRIESS *et al.*, 2019; ICMBio, 2018; VALIELA, BOWEN & YORK, 2001). A perda dos manguezais é atribuída principalmente à pressão exercida por atividades antrópicas (LUGO, MEDINA & MCGINLEY, 2014), tais como aterros, lançamento de efluentes, construções, tanques de carcinicultura e corte de vegetação.

O corte seletivo de árvores é comumente reportado como um dos impactos que afeta o manguezal (ex. BERGER *et al.*, 2006; BERNINI *et al.*, 2014; WALTER *et al.*, 2008). Estudos têm demonstrado que essa pressão antrópica pode resultar em alterações na composição de espécies e na estrutura da vegetação (ALONGI & CARVALHO, 2008; CHAGAS, REZENDE & BERNINI, 2015; EUSEBIO, TESORO; & CABAUG, 1986; PASCOALINI *et al.*, 2019; PINZON, EWEL & PUTZ 2003; WALTERS, 2005).

O manguezal do estuário do Rio Mamanguape é considerado um dos mais conservados do Estado da Paraíba. Entretanto, várias ações de degradação são observadas, como construção de tanques de carcinicultura, superexploração de recursos, alteração da circulação hídrica e corte seletivo. As espécies de mangue são utilizadas pela população como lenha, carvão, construção de casas, estacas para plantação e extração da casca das árvores para retirada do tanino (PALUDO & KLONOWSKI 1999). No estuário superior do rio houve intenso corte seletivo após a ocorrência de desfolhação severa de árvores de *Avicennia germinans* (L.) L. por lagartas no ano de 2011, mas a espécie responsável pelo ataque não foi identificada na época.

Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo foi caracterizar a estrutura de uma floresta de mangue submetida à corte seletivo no estuário superior do Rio Mamanguape, com o propósito de verificar se essa ação antrópica causou mudanças na estrutura da floresta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O manguezal do estuário do Rio Mamanguape está inserido na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape e na Área de Relevante Interesse Ecológico Manguezais da Foz do Rio Mamanguape. A cobertura da floresta de mangue é de aproximadamente 57,2 km² ao longo do estuário (ICMBIO, 2018) e as espécies verdadeiras de mangue registradas são *Avicennia germinans*, *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke, *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn. e *Rhizophora mangle* L. O clima da região é tropical e chuvoso (Am, na classificação Koppen) e a estação chuvosa ocorre entre fevereiro e agosto. A precipitação anual oscila entre 1.600 e 1.900 mm e a temperatura média anual varia entre 24 e 26°C (ALVARES *et al.*, 2013).

A caracterização da estrutura da vegetação foi realizada de acordo com Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986). Na área com sinais de desfolhação severa e corte de árvores (06°49'30" S e 35°03'23" O) foram definidas três transversais distanciadas em 50 m, perpendiculares à estrada. Ao longo de cada transversal foram demarcadas sete parcelas (15 x 15 m) distanciadas em 100 m. Assim, foram definidas sete zonas: Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6 e Z7, sendo cada zona composta por três parcelas. A zona Z1 situou-se mais próxima da estrada e a zona Z7 foi a mais distante.

Em cada parcela todos os indivíduos ≥ 1 m de altura foram identificados e medidos quanto à circunferência, com auxílio de uma fita métrica (CAP: circunferência à altura do peito, a 1,3 m do substrato), e à altura, com o auxílio de uma vara graduada. Adicionalmente, foi realizado o registro de árvores mortas e ainda em pé, corte de vegetação, presença de regeneração foliar e raízes adventícias anômalas. Os cálculos dos parâmetros estruturais foram realizados de acordo Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986). Embora tenham sido feitas réplicas em cada zona, vários parâmetros estruturais não foram registrados nas parcelas, o que impossibilitou a aplicação de testes estatísticos. Por isso, optamos por analisar as tendências gerais dos dados.

3 RESULTADOS

Embora ocorram quatro espécies de mangue no estuário do Rio Mamanguape, foram registradas apenas *A. germinans* e *L. racemosa* na área analisada. Além disso, também se observaram *Acrostichum aureum* L. e *Sesuvium portulacastrum* (L.) L. que são associadas ao manguezal.

Os parâmetros estruturais exibiram elevada variabilidade (Tabela 1). Considerando todas as zonas, a altura das árvores variou de 3,9 a 11,1 m, o DAP médio de 1,3 a 21,6 cm, a área basal

viva de 0,01 a 16,21 m²/ha, a área basal morta de 1,01 a 11,81 m²/ha, a densidade de vivos de 44 a 1.200 indivíduos/ha e a densidade de mortos de 89 a 400 indivíduos/ha. Árvores cortadas foram registradas em todas as zonas, variando de 12 a 100% e sendo mais elevada na zona Z5, onde foram registrados apenas indivíduos cortados (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros estruturais (média±desvio padrão, n=3) nas zonas analisadas no manguezal do estuário do Rio Mamanguape. ¹Alt: altura em m; ²DAP: diâmetro à altura do peito médio em cm; ³AB: área basal em m²/ha; ⁴Dens: densidade em indivíduos/ha; Cort: Indivíduos cortados em %

Zona	Alt ¹	DAP ²	AB ³		Dens ⁴		Cort ⁵
			(vivos)	(mortos)	(vivos)	(mortos)	
Z1	11,1±6,3	21,6±8,9	16,21±9,78	3,61±4,03	682±709	89±0	27±23
Z2	4,8±1,1	8,2±3,1	9,39±1,06	-	1.200±880	-	12±6
Z3	3,9±2,1	1,3±0,2	0,01±0,01	1,01±0,05	89±63	89±63	51±25
Z4	4,2	6,9	0,17	-	44	-	50
Z5	-	-	-	-	-	-	100±0
Z6	5,7	9,3	4,5	22,2	444	400	60±56
Z7	5,0±0,2	8,1±2,8	3,67±3,72	11,81	800±1.006	89	63±40

Na Tabela 2 são apresentados os percentuais de árvores cortadas, regeneração foliar e raízes adventícias anômalas por espécie. O percentual de corte para *A. germinans* foi igual ou superior a 70% em cinco zonas, enquanto para *L. racemosa* esse resultado foi observado em duas zonas. Apenas *A. germinans* exibiu regeneração foliar e raízes adventícias, com valores mais elevados nas zonas Z4 e Z6.

Considerando os indivíduos vivos, *A. germinans* mostrou maior dominância nas zonas Z1 e Z4 e maior densidade relativa nas zonas Z4 e Z6 (Figura 1). *Laguncularia racemosa* foi dominante nas zonas Z2 e Z7 e exibiu maior densidade relativa nas zonas Z1, Z2, Z3 e Z7. Houve maior contribuição de árvores mortas de

A. germinans nas zonas Z3 e Z6 e ausência de mortalidade para *L. racemosa* (Figura 1).

Em geral, os troncos vivos de ambas as espécies mostraram maior contribuição em área basal na classe de diâmetro ≥ 10 cm e densidade relativa na classe diamétrica $\geq 2,5$ cm (Tabelas 3 e 4). Maiores valores de dominância e densidade relativa de troncos mortos foram observados na classe $\geq 2,5$ cm para *A. germinans*.

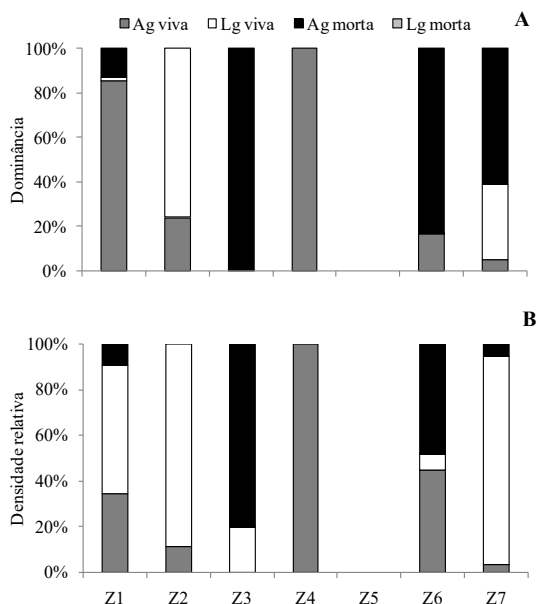
4 DISCUSSÃO

A área analisada apresentou elevada variabilidade em suas características estruturais. As florestas de mangue podem apresentar-se como um mosaico em diferentes fases estruturais (SMITH, 1992) e a idade diferenciada das árvores pode responder pela variação nos parâmetros estruturais. Além disso, diferenças na microtopografia, circulação hídrica e salinidade intersticial também podem promover alterações na estrutura da vegetação (BERNINI & REZENDE, 2011).

Tabela 2. Percentual de árvores cortadas, em regeneração foliar e com presença de raízes adventícias anômalas (média \pm desvio padrão, n=3) por espécie no estuário do Rio Mamanguape. Ag: *Avicennia germinans*; Lg: *Laguncularia racemosa*. *Em relação ao número total de indivíduos vivos da espécie

Zona	Árvores cortadas (%)		Regeneração foliar (%)*		Raízes adventícias (%)*	
	Ag	Lg	Ag	Lg	Ag	Lg
Z1	70 \pm 51	30 \pm 51	68 \pm 45	-	77 \pm 25	-
Z2	-	100 \pm 0	60	-	60	-
Z3	75 \pm 35	25 \pm 35	-	-	-	-
Z4	100	-	100	-	100	-
Z5	100 \pm 0	-	-	-	-	-
Z6	100 \pm 0	-	100	-	100	-
Z7	11 \pm 70	89 \pm 51	-	-	0	-

Figura 1. Dominância (A) e densidade relativa (B) de vivos e mortos das espécies de mangue no estuário do Rio Mamanguape. Ag: *Avicennia germinans* e Lg: *Laguncularia racemosa*



O corte de vegetação, também é um fator que causa variações na estrutura da vegetação (CHAGAS *et al.*, 2015; PASCOALINI *et al.*, 2019), como é o caso do manguezal aqui analisado. As árvores exibiram maiores valores de altura, DAP médio e área basal na zona Z1, Z2 e Z7. Houve menores valores de densidade de indivíduos nas zonas intermediárias (Z3 a Z6), que não refletem apenas o desbaste natural da floresta. Na realidade, os resultados demonstraram uma enorme clareira, causada por corte de vegetação, em geral, nas áreas mais distantes da estrada.

Tabela 3. Dominância (%) de troncos vivos e mortos por espécie e classe de diâmetro (cm) no estuário do Rio Mamanguape. Ag: *Avicennia germinans*; Lg: *Laguncularia racemosa*

Zona	Troncos Vivos (%)						Troncos Mortos (%)					
	Ag			Lg			Ag			Lg		
	<2,5	≥2,5	≥10,0	<2,5	≥2,5	≥10,0	<2,5	≥2,5	≥10,0	<2,5	≥2,5	≥10,0
Z1	-	1,3	84,3	0,3	1,3	-	-	0,1	12,8	-	-	-
Z2	0,1	2,9	21,0	6,4	27,3	42,4	-	-	-	-	-	-
Z3	-	-	-	0,4	-	-	-	99,6	-	-	-	-
Z4	-	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z6	-	8,1	8,8	0,04	-	-	-	74,5	8,6	-	-	-
Z7	0,02	-	5,1	0,9	13,7	19,2	0,5	-	60,6	-	-	-

Tabela 4. Densidade relativa (%) de troncos vivos e mortos por espécie e classe de diâmetro (cm) no estuário do Rio Mamanguape. Ag: *Avicennia germinans*; Lg: *Laguncularia racemosa*

Zona	Troncos Vivos (%)						Troncos Mortos (%)					
	Ag			Lg			Ag			Lg		
	<2,5	≥2,5	≥10,0	<2,5	≥2,5	≥10,0	<2,5	≥2,5	≥10,0	<2,5	≥2,5	≥10,0
Z1	-	5,8	28,9	32,7	23,1	-	-	1,9	7,7	-	-	-
Z2	2,1	4,1	5,2	23,7	55,7	9,3	-	-	-	-	-	-
Z3	-	-	-	19,8	-	-	-	80,2	-	-	-	-
Z4	-	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z6	-	31,0	13,8	6,9	-	-	-	34,5	13,8	-	-	-
Z7	1,8	-	1,8	25,5	58,2	7,3	1,8	-	3,6	-	-	-

Houve menor percentual de corte de árvores nas zonas Z1 e Z2 pelo fato dessas florestas se situarem próximas à estrada. O corte de vegetação é mais frequente no interior da floresta, provavelmente, para não chamar a atenção de órgãos fiscalizadores. A zona Z3 também apresentou menor percentual de corte em relação às zonas mais distantes da estrada, entretanto, a densidade

de indivíduos e o porte das árvores foram inferiores às zonas Z1 e Z2.

Os valores dos parâmetros estruturais de algumas zonas foram muito inferiores aos reportados para outros manguezais do Estado da Paraíba (ALVES & SASSI 2003; ALVES, SASSI & SANTANA, 2013; ARAÚJO 2002). Embora a estrutura das florestas de mangue seja uma resposta aos fatores abióticos e bióticos, o principal responsável por essas diferenças é a pressão antrópica na área analisada. A ocorrência de árvores com área basal $\geq 10,0$ cm nas zonas Z1, Z2, Z6 e Z7 é um indício de que a floresta apresentava elevado desenvolvimento estrutural antes do corte de vegetação.

A alteração na estrutura da vegetação devido ao corte de vegetação foi observada por outros autores. Paludo & Klsonowski (1999) demonstram que florestas de mangue submetidas à constante remoção de madeira exibiram reduzidos valores de densidade e altura das árvores em outra área no estuário do Rio Mamanguape. Similarmente, Walters (2005) reportou que florestas de mangue submetidas a esta ação antrópica foram caracterizadas por maior número de clareiras e menores valores de área basal e altura das árvores.

Os percentuais de troncos cortados (12 a 100%) foram maiores em relação aos valores registrados por Chagas, Rezendes & Bernini (2015) (2 a 43%) e Alongi & Carvalho (2008) (30 a 50%). Os resultados indicaram que *A. germinans* é mais afetada pelo corte seletivo do que *L. racemosa*. Isto está relacionado às alterações ambientais na floresta de mangue. De acordo com informações locais, houve intensa infestação de lagartas na área, promovendo desfolhação severa em *A. germinans* e a população local deu início ao corte seletivo devido ao fato das árvores parecerem mortas. De fato, nós registramos elevada densidade e área basal de árvores mortas de *A. germinans* (árvores em pé des-

folhadas e secas), mas também várias árvores desfolhadas com regeneração foliar, indicando que as árvores não morreram após a desfolhação severa.

Raízes adventícias anômalas em *A. germinans* é um indício de anoxia no sedimento ((SNEDAKER, JIMENEZ & BROWN, 1981) em resposta à alteração na circulação hídrica. Alagamentos prolongados, provavelmente, causaram estresse em *A. germinans* tornando-a mais suscetível ao ataque de lagartas. Não há registro de desfolhação e mortalidade para *L. racemosa*. Entretanto, a regeneração natural das espécies de mangue na área está comprometida, pois há pisoteio pelo gado.

Avicennia germinans exibiu maiores valores de dominância, refletindo sua maior contribuição em área basal na classe ≥ 10 cm. Entretanto, a maior densidade relativa foi registrada para *L. racemosa*. Os resultados indicaram que o corte seletivo reduziu a densidade relativa de *A. germinans* em parte da área estudada, mesmo havendo regeneração das árvores desfolhadas. Similarmente, Pinzon, Ewel & Putz (2003) demonstraram que *Rhizophora apiculata* apresentou menor densidade em relação às demais espécies devido ao corte seletivo. Por outro lado, Chagas, Rezende & Bernini (2015) reportaram que *L. racemosa* foi mais negativamente afetada por essa ação antrópica em relação às demais espécies, mas que não houve alteração na composição de espécies devido à regeneração de *L. racemosa*. Assim, as consequências do corte seletivo na estrutura da vegetação dependem das características das espécies.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros estruturais da floresta analisada apresentaram variabilidade principalmente devido ao corte de vegetação. *Avicennia germinans* é a espécie dominante, mas foi mais afetada

pelo corte seletivo. Esta ação antrópica alterou a densidade relativa das espécies resultando em maiores valores para *L. racemosa*. Recomendam-se ações de fiscalização e desenvolvimento de projetos para a recuperação da área.

Agradecimentos

Ao CNPq (PIBIC/UFPB), pela bolsa de Iniciação Científica concedida a primeira autora. Ao Campus IV da UFPB, pela infraestrutura para desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

ALONGI, D. M.; CARVALHO, N. A. The effect of small-scale logging on stand characteristics and soil biogeochemistry in mangrove forests of Timor Leste. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 255, n.3-4, p. 1359-1366, mar. 2008.

ALVARES, C.A. *et al.*, Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, dez. 2013.

ALVES, R. R. N.; SASSI, R. Phytosociological characteristics and anthropogenic impacts on the mangrove of Intermares coastal lagoon, Northeast Brazil. *Tropical Oceanography*, Recife v. 31, n. 2, p. 135-147, jul. 2003.

ALVES, R. R. N.; SASSI, R.; SANTANA, G. The mangrove forest at the Bucatu Lagoon, Northeast Brazil: structural characterization and anthropic impacts. *Tropical Conservation Science*, New York, vol. 6, p. 254-267, jun. 2013.

ARAÚJO, D. C. B. O processo de herbivoria e os organismos causadores de danos foliares, em plantas de mangue na Área de proteção Ambiental da Barra do rio Mamanguape, Estado da Paraíba, Brasil. 2002. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciên-

cias Biológicas: Zoologia). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2002.

BERGER, U.; ADAMAS, M.; GRIMM, V.; HILDENBRANDT, E. H. Modelling secondary succession of neotropical mangroves: causes and consequences of growth reduction in pioneer species. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, Jena, vol. 7, n. 4, p. 243-252, jan. 2006.

BERNINI, E.; REZENDE, C. E. Vegetation structure in a mangrove forest in Southeastern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, Rio Claro, vol. 6, n. 3, p. 193-209, jul. 2011.

BERNINI, E. *et al.*, Phytosociology and litterfall in the mangrove estuary of the Itabapoana river, Southeast Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, Rio Claro, vol. 9, n. 2, p. 88-102, abr. 2014.

CHAGAS, G. P.; REZENDE, C. E.; BERNINI, E. The effects of selective cutting on the dominance and the relative density of species in a mangrove in the complex of the Guaxindiba river/ Engenheiro Antonio Resende channel, Rio de Janeiro. *Tropical Oceanography*, Recife, vol. 43, n. 1, p. 10-18, jan. 2015.

DONATO, D. C. *et al.*, 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, New York, vol. 4, p. 293-297, abr. 2011.

EUSEBIO, M. A.; TESORO, F. O. CABAUG, D. M. Environmental impact of timber harvesting on mangrove ecosystem in the Philippines. In: NATIONAL MANGROVE COMMITTEE (Ed.). **Mangroves of Asia and the Pacific: Status and Management**. Quezon, Natural Resources Management Center, Ministry of Natural Resources, 1986, p. 337-354.

FRIESS, D. A. *et al.*, 2019. The State of the World's Mangrove Forests: Past, Present, and Future. *Annual Review of Environment and Resources*, Palo Alto, vol. 44, p. 89-115, ago. 2019.

ICMBIO 2018. Atlas dos Manguezais do Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2018.

LEE, S. Y. *et al.*, Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: a reassessment. *Global Ecology and Biogeography*, Malden, vol. 23, n. 7, p. 726-743, mar. 2014.

LUGO, A. E.; MEDINA, E.; MCGINLEY, K. Issues and challenges of mangrove conservation in the Anthropocene. *Madera y Bosques*, vol. 20, n. especial p. 11-38, dez. 2014.

PALUDO, D.; KLONOWSKI, V. S. **Barra de Mamanguape - PB: Estudo do Impacto do Uso de Madeira de Manguezal pela População Extrativista e da Possibilidade de Reflorestamento e Manejo dos Recursos Madeireiros**. Serie Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlantica. MAB / UNESCO / MMA, São Paulo, 1999, 54 p.

PASCOALINI, S. S.; TOGNELLA, M. M. P; LIMA, K. O. O.; FALQUETTO, A. R. Structural plasticity and species distribution in a peri-urban mangrove of Southeastern Brazil. *Scientific Research and Essays*, Nairobi, vol. 14, n. 12, p. 129-144, jul. 2019.

PINZON, Z. S.; EWEL, K. C., PUTZ, F. E. Gap formation and forest regeneration in a Micronesian mangrove forest. *Journal of Tropical Ecology*, New York, vol. 19, n. 2, p. 143-153. Fev. 2003.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de manguezal: estrutura, função e flora**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986. 150 p.

SMITH, T. J. Forest structure. In: ROBERTSON, A. I.; ALONGI, D. M. **Tropical mangrove ecosystems**. Washington: American Geophysical Union, 1992. p. 101-136.

SNEDAKER, S. C.; JIMENEZ, J. A.; BROWN, M. S. Anomalous aerial roots in *Avicennia germinans* L., in Florida and Costa Rica. *Bulletin of Marine Science, Miami*, vol. 31, n. 2, p. 467-470, abr. 1981.

VALIELA, I.; BOWEN, J. I.; YORK, J. K. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *BioScience, Washington*, vol. 51, n. 10, p. 807-815, out. 2001.

WALTERS, B. B. Ecological effects of small-scale cutting of Philippine mangrove forests. *Forest Ecology and Management, Amsterdam*, vol. 206, n. 1-3, p. 331-348, fev. 2005.

WALTER, B. B. *et al.*, Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany, Amsterdam*, vol. 89, n. 2, p. 220-236, ago. 2008.

PREDAÇÃO DIFERENCIAL SOBRE O COMPLEXO MIMÉTICO DE COBRAS CORAIS NA AMAZÔNIA

Frederico Gustavo Rodrigues França
Vívian da Silva Braz
Alexandre Fernandes Bamberg Araújo

1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre coloração animal e adaptações antipredatórias têm sido realizados a mais de um século (BATES, 1862; WALLACE, 1867) e envolvem diversos campos de conhecimento, não apenas biológicos, mas das ciências em geral, como evolução, ecologia, morfologia, etologia, psicologia, semiótica, matemática e física (RUXTON *et al.*, 2004). Dois mecanismos baseados nos padrões de coloração animal são comumente associados à defesa contra os predadores: a coloração críptica e a aposemática (RUXTON *et al.*, 2004). O padrão críptico baseia-se na dificuldade de detecção do predador. Já o aposematismo apoia-se na detecção do predador, baseado em colorações brilhantes e vistosas que anunciam algum grau de impalatabilidade ou periculosidade. Neste contexto, os padrões de coloração apresentados por animais são essenciais para o surgimento e evolução do processo de sinalização e reconhecimento de sinais entre presas e predadores conhecido como mimetismo (RUXTON *et al.*, 2004; WICKLER, 1968).

O mimetismo é um excelente exemplo de como a seleção natural pode atuar sobre a coloração, morfologia e comportamento das espécies. Para evitar predação, seres tão distintos

como plantas, invertebrados e vertebrados têm desenvolvido diversas estratégias miméticas envolvendo pelo menos três atores: o modelo, que transmite o sinal, o mímico, que imita o sinal emitido pelo modelo, e o receptor, que recebe os sinais (RUXTON *et al.*, 2004). A teoria do processo mimético tem sido desenvolvida através de estudos com invertebrados, entre invertebrados e vertebrados e com vertebrados (BRODIE & BRODIE, 2004; POUGH, 1988). Dentre os vertebrados, as serpentes figuram como o grupo com estratégias miméticas mais interessantes e estudadas (GREENE & MCDIARMID, 2004; NISKANEN & MAPPES, 2005).

Os sistemas miméticos em cobras corais permitem o estudo de pressões seletivas que levam às questões evolutivas envolvendo: a) serpentes listradas com colorações aposemáticas são realmente mímicas de serpentes da família elapidae conhecidas como corais-verdadeiras? - o mimetismo das cobras corais têm sido fortemente suportado por estudos que apresentam concordância geográfica (GREENE & MCDIARMID 1981, MARQUES & PUORTO 1991), mimetismo alopátrico (AKCALI & PFENNIG 2014), e genética evolutiva (PFENNIG *et al.*, 2015); b) Um grande número de espécies miméticas são protegidos de predação - confirmado por experimentos que utilizam réplicas de serpentes construídas com massas plásticas (BRODIE 1993; BUASSO *et al.*, 2006; FRANÇA *et al.*, 2017; KIKUCHI & PFENNIG 2010) c) O sucesso de evitar predação aumenta de acordo com a semelhança do mímico com o modelo. Brodie (1993) sugeriu que alguns mímicos seriam menos atacados do que outros. Pfennig & Kikuchi (2012) demonstrou diferenças nas taxas de predação entre mímicos de *Lampropeltis elapsoides* (HOLBROOK, 1838), sendo os imperfeitos mais suscetíveis à predação do que mímicos “perfeitos”.

Neste trabalho, foram utilizadas réplicas artificiais de serpentes corais-verdadeiras, falsas-corais e sem padrão de colora-

ção coral, para acessar a pressão dos predadores naturais sobre os padrões de modelos e mímicos na Floresta Amazônica. Foram testados: o reconhecimento e a predação diferencial nos diversos morfotipos de serpentes, a posição do ataque nas réplicas, e as diferenças sazonais nas frequências de ataques às réplicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de Estudo

O estudo foi realizado em fragmentos florestais da região de Boca do Acre. O município de Boca do Acre localiza-se a sudoeste do Estado do Amazonas, na área de confluência dos rios Acre e Purus. A região apresenta grande parte de sua floresta preservada, principalmente em função da dificuldade de acesso e da presença de terras indígenas (TI Apurinã de Camicuã, TI Apurinã de Iquirema, TI Jamamadi e TI Jaminawa). O clima é Tropical chuvoso com precipitação média anual entre 1550 mm e 3450 mm e com temperatura média diurna de 25° C. No sudoeste da Amazônia brasileira, 69 espécies de serpentes são encontradas, sendo 29% com padrão de coloração coral.

2.2 Réplicas

As réplicas das serpentes foram produzidas seguindo o padrão proposto primeiramente por Brodie (1993) e seguido por outros estudos com algumas variações (FRANÇA *et al.*, 2017). As réplicas foram construídas usando massas plásticas não tóxicas pré-coloridas (Plasticina Acrilex: Vermelho-Fogo 507, Preto 520, Branca 519, Marrom 531) sobre canos plásticos transparentes de 1 cm de diâmetro, e moldadas em formato de “S” com o uso de um arame liso dentro do cano. Todas as réplicas variaram aleatoriamente de comprimento entre 18 e 20 cm. Para cada réplica foi moldada uma extremidade representando a cabeça da serpen-

te, com os mesmos padrões de coloração, onde foram inseridos olhos artificiais dentro da massa. Na outra extremidade foi inserido um anel de arame para fixar a réplica ao substrato.

Cinco padrões que representam a variação de coloração de serpentes corais na Amazônia e mais um padrão controle monocromático foram utilizados:

1) TT: Tricolor em tríades: dois anéis brancos separados por três anéis negros seguidos de anéis vermelhos. Representa as serpentes corais verdadeiras: *Micrurus frontalis*, *M. brasiliensis*, *M. lemniscatus*, *M. filiformis*, *M. spixi* e *M. surinamensis*, e as falsas-corais: *Oxyrhopus melanogenys* e *O. trigeminus*.

2) TD: Tricolor em díades: um anel branco entre dois anéis negros seguidos de anéis vermelhos. *Erythrolamprus aesculapii*, *Atractus badius*, *A. elaps* e *A. latifrons*

3) Tsb: Tricolor com anéis pretos em forma de losango bordado de branco, dorso vermelho entre os anéis, com exceção do primeiro quarto do corpo que não possui a cor vermelha. *Oxyrhopus rhombifer*

4) BIR: Bicolor com anéis negros alternando com vermelhos. *Anilius scytale*, *A. latifrons* e *Oxyrhopus petola*.

5) Ucd: Unicolor com colar nugal negro, vermelho e/ou claro: *Apostolepis assimilis*, *Drepanoides anomalus*, *Oxyrhopus melanogenys*, *Pseudoboa coronata*, *P. newwiedi*, *Tantilla melanocephala*, juvenis de *Clelia clelia*, e *Pseudoboa nigra*.

6) Ctr: Controle inteiramente Marrom ou Cinza. Como *Chironius fuscus* ou *Philodryas patagoniensis*.

2.3 RESPOSTA DOS PREDADORES AOS MODELOS

Para acessar a predação em modelos de serpentes com padrão de coloração coral na Amazônia foram utilizadas transeções em dois fragmentos, sendo cada transeção composta de 80 sextetos. Estas transeções foram realizadas em abril de 2008. Cada

sexteto foi composto dos seis padrões (TT, TD, Tsb, BIR, Ucd e Ctr), sendo cada réplica separada uma da outra por aproximadamente sete metros. Cada sexteto foi separado um do outro por 20 m. As réplicas foram dispostas aleatoriamente dentro dos sextetos e colocadas sobre o solo sobre o folhiço, troncos caídos e pedras. Nenhuma réplica foi colocada sob a vegetação.

Todas transeções permaneceram no campo por 10 dias ininterruptos. As réplicas foram checadas ao final dos 10 dias e eram então recolhidas. Foram registrados os tipos de marcas observadas nas réplicas, bem como a posição da marca no modelo. Todas as réplicas marcadas foram separadas e arquivadas, ficando disponíveis para futuras observações, e as réplicas não marcadas, quando apresentavam ainda bom estado, foram re-moldadas e reutilizadas. Em réplicas com múltiplas marcas foi observado onde encontrava-se a maior quantidade ou intensidade de marcas, na extremidade, ou no meio, para assim apontar a posição do ataque.

2.4 TESTES ESTATÍSTICOS

Para testar as diferenças de ataque aos padrões dentro de cada fisionomia foi utilizado Teste G de independência. Para testar se houve diferença sazonal nas taxas de predação entre estações seca e chuvosa foi utilizado Teste T. Para determinar se houve preferência de ataques na extremidade “cabeça” das réplicas foi utilizado Teste G de homogeneidade. Para determinar as diferenças nas taxas de ataque aos modelos entre o Cerrado (ver FRANÇA *et al.*, 2017) e a Amazônia também foi utilizado o Teste G de homogeneidade, e para essa análise foi utilizada a proporção de ataques por réplicas para padronizar os diferentes esforços utilizados em cada bioma (ZAR, 1999).

Para todos os testes foi utilizado o nível de significância de $P < 0.05$, e os testes foram realizados nos programas BIOSTAT 5.0 e SYSTAT 10.0.

3. RESULTADOS

3.1 Ataques por predadores naturais

Foram utilizadas 960 réplicas durante o estudo. Em todos os padrões de coloração foram encontradas marcas de ataques, sendo reconhecidos vários grupos de predadores. A maioria dos ataques foi realizada por aves (74% ataques) (ver métodos em FRANÇA *et al.*, 2017). Outras impressões também foram observadas, sendo realizadas principalmente por mamíferos e insetos. Algumas impressões realizadas por mamíferos carnívoros foram incluídas nas análises (26% ataques), por tratar-se de grupos que são reconhecidamente predadores de serpentes, como Didelphidae, Canidae e Mustelidae. As outras impressões realizadas por mamíferos roedores (dentes incisivos bem marcados) e por insetos (pequenos e frequentes arranhões) foram anotados e não incluídos nas análises como predadores naturais.

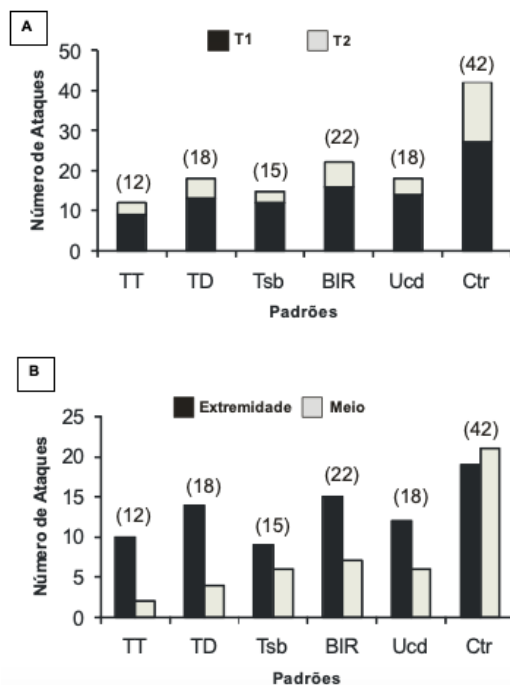
Das 960 réplicas, 127 destas (13.23%) apresentaram algum tipo de impressão em virtude de ataques realizados por predadores naturais. Destes ataques, 91 foram registrados nas 480 réplicas utilizadas na transeção 1 (3.5%) e 36 ataques nas outras 480 réplicas dispostas na transeção 2 (7.5%) (Tabela 1). As taxas de predação apenas às réplicas com coloração coral foram de 10.75% (86 ataques em 800 réplicas corais), sendo 64 ataques na transeção 1 e 21 na transeção 2.

Tabela 1. Quantidade e diferenças (Teste G) nas posições de ataques registradas nas réplicas na Amazônia e em cada transeção (T1 e T2)

Padrão	Extremidade (T1/T2)	Meio (T1/T2)	χ^2	P
TT	10 (7/3)	2 (2/0)	5.8221	0.0158
TD	14 (10/3)	4 (3/1)	5.8839	0.0153
BIR	15 (11/3)	7 (5/2)	2.9769	0.0845
Ucd	12 (9/3)	6 (5/1)	2.0388	0.1533
Tsb	9 (8/1)	6 (4/2)	0.6041	0.4370
Crt	19 (13/7)	21 (14/8)	0.1000	0.7518

Como um todo, foi encontrada diferença significativa na taxa de ataque aos padrões ($G = 27.3699$, $gl = 5$, $P < 0.0001$). O controle (Ctr) foi atacado significativamente mais que os outros padrões. O ataque aos padrões corais não diferiram estatisticamente (Figura 1). Em cada transeção houve diferença nos ataques em relação aos padrões (Transeção 1, $G = 14.3619$, $gl = 5$, $P < 0.0135$ - sendo o controle foi significativamente mais atacado que os outros padrões; Transeção 2, $G = 11.5871$, $gl = 5$, $P < 0.0409$ - sendo também o controle foi mais atacado que os outros padrões. As taxas de predação por padrão de serpente entre as transeções não diferiram entre si ($G_H = 23.4732$, $gl = 18$, $P < 0.1731$).

Figura 1. Frequência de ataque nas réplicas na Amazônia. A –Diferenças de ataques entre as transeções (T1 e T2); B – Diferenças nas posições do ataque (extremidade e meio das réplicas)



Em relação à posição do ataque, na Amazônia os predadores direcionam o ataque desproporcionalmente para a extremidade comparando todas as réplicas ($G_H = 17.4257$, $gl = 6$, $P = 0.0078$) ou somente com as réplicas com padrão coral ($G_H = 17.3256$, $gl = 5$, $P = 0.0039$) (Figura 1). As transeções apresentaram respostas diferentes. Na transeção 1, a predação foi direcionada a extremidade (cabeça) apenas nas serpentes com padrão coral, ($G_H = 11.7425$, $gl = 5$, $P < 0.0385$) mas não ao incluir o padrão controle ($G_H = 11,7796$, $gl = 6$, $P = 0.0671$) Na transeção 2 não houve diferença na posição da predação com ou sem o padrão controle ($G_H = 5.1066$, $gl = 5$, $P = 0.5302$ e $G_H = 5.0398$, $gl = 4$, $P = 0.4110$).

Comparando os resultados com a taxa de predação no Cerrado (ver FRANÇA *et al.*, 2017), foi encontrada diferença significativa nas porcentagens das taxas de ataque de todos os padrões entre o Cerrado e a Amazônia (GH = 14,7010, $g1 = 6$, $P = 0,0227$), sendo a taxa de predação na Amazônia (13,23%) maior do que no Cerrado (6,83%). Além disso, houve diferença nas porcentagens das taxas de predação das serpentes de padrões corais entre o Cerrado e a Amazônia (GH = 12,4576, $g1 = 5$, $P = 0,0290$), sendo a taxa de predação na Amazônia (10,75%) maior do que no Cerrado (4,9%).

4 DISCUSSÃO

Tanto na Amazônia quanto no Cerrado (FRANÇA *et al.*, 2017), as réplicas de serpentes com padrões de coloração coral sofreram menos ataques do que as réplicas controle (Ctr) de padrão uniforme, sugerindo que as serpentes corais, verdadeiras ou falsas, possuem vantagem anti-predatória em relação às outras serpentes. Estes resultados concordam com os experimentos similares realizados em florestas tropicais úmidas da Costa Rica (BRODIE, 1993) e áreas abertas do Chaco argentino (BUASSO *et al.*, 2006) e indicam uma ampla generalização das respostas dos predadores às espécies pertencentes a este complexo mimético, independente da posição geográfica em toda região Neotropical. Dentre os padrões de serpentes corais utilizados neste trabalho, os que apresentavam três cores em disposições de anéis foram os menos atacados. O padrão TT foi o mais evitado pelos predadores. Este é encontrado em mais de 70% dos elapídeos venenosos neotropicais (CAMPBELL & LAMAR, 2004), é amplamente difundido nas serpentes corais-verdadeiras amazônicas, e é o único padrão de elapídeos presentes no Cerrado.

Apesar de resultados similares em relação à predação das réplicas, o Cerrado e a Amazônia apresentaram frequências de predação diferentes. A intensidade dos ataques às réplicas é significativamente menor no Cerrado, indicando que a pressão de predação nas serpentes amazônicas, mesmo corais-verdadeiras, é maior. Estes resultados concordam com a maior frequência de ataques registrados na floresta tropical úmida da Costa Rica em relação aos ataques nas áreas abertas do Chaco argentino. Especificamente, a estrutura da vegetação em florestas tropicais, com grande riqueza de árvores altas e formação de dossel denso, influencia a disponibilidade e a distribuição de luz nestes ambientes (CHEN *et al.*, 1999). Ainda, pela disposição geográfica próxima as latitudes equatoriais, as florestas tropicais úmidas apresentam dias mais curtos e menos tempo de direta radiação solar formada pelo ângulo de inclinação ao meio dia em comparação a áreas abertas em latitudes maiores (CHAZDON & FLETCHER, 1984). Desta forma, as florestas tropicais úmidas figuram entre os mais escuros e sombreados ambientes naturais, sendo que a irradiação solar que chega ao interior das florestas é bastante difusa em virtude do grau de abertura do dossel, posição foliar, estação e clima (MONTGOMERY & CHAZDON, 2001).

O modo como os animais recebem, detectam e interpretam os sinais recebidos em ambientes com diversas intensidades de luz é crucial para o entendimento do processo mimético, e no caso deste trabalho, para o entendimento das diferenças neste processo entre os biomas. A diferença na visão entre as espécies pode gerar distintos efeitos tanto na aparência dos elementos de padrões de cores quanto na dinâmica evolutiva dos processos que envolvem colorações crípticas e aposemáticas (ENDLER, 1990). Enquanto os humanos e a maioria dos mamíferos possuem visão tricromática com os mesmos receptores para detecção de cores e luzes, as aves apresentam diferentes conjuntos de

fotorreceptores para visão acromática (luminescente) e visão de cores, esta sendo tetra ou mesmo pentacromática, obtendo assim uma visão de grande sensibilidade e alta resolução espacial (JARVIS *et al.*, 2002; OSORIO & VOROBYEV, 2005). Desta forma, as aves podem facilmente utilizar sua visão acromática em ambientes pouco iluminados, focando principalmente em formas e padrões, mudando para visão por cores em ambientes iluminados (STEVENS, 2007).

Na Floresta Amazônica, por ser um ambiente com menor iluminação (CHAZDON, 1986), há uma menor importância da cor vermelha aposemática como sinal sinalizador do processo mimético, sendo as espécies selecionadas principalmente pelos padrões de manchas/anéis (uma vez que todas as réplicas com padrão coral tiveram igual vantagem em relação ao controle). Isto explica o polimorfismo de serpentes tanto corais-verdadeiras quanto mímicos nas florestas tropicais e a ocorrência de um grande número de espécies corais com predomínio da coloração negra em relação à vermelha. Como exemplos, as espécies do gênero *Leptomicrurus* possuem coloração dorsal inteiramente negra, as espécies *Micrurus albicinctus*, *M. annellatus*, *M. ephippifer*, *M. margaritiferus*, *M. psyches*, *M. stewarti*, *M. mipartitus* e *M. multifasciatus hertwigi* possuem coloração com anéis principais pretos e anéis secundários brancos ou vermelhos, e as espécies *Micrurus hemprichii*, *M. lemniscatus lemniscatus* e *M. putumayensis* possuem os três anéis negros muito mais largos que os anéis vermelhos. Já no Cerrado, a cor aposemática seria o principal sinal envolvido no processo mimético (FRANÇA *et al.*, 2017), sendo os padrões também importantes, porém de forma secundária. Deste modo, a pressão sobre o modelo é muito menor, evitando a evolução do polimorfismo. Já o polimorfismo dos mímicos pode ser explicado por razões já explicitadas no texto como o grau de toxicidade

do modelo, a evolução do aprendizado do predador e a possibilidade de presas alternativas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados neste trabalho vêm confirmar a complexidade e a importância do mimetismo das serpentes co-rais na Região Neotropical, envolvendo diversos campos científicos como evolução, ecologia, morfologia, comportamento, entre outros. E evidencia a força da seleção natural atuando sobre as espécies de serpentes em ambientes florestais da América do Sul.

REFERÊNCIAS

AKCALI, C. K.; PFENNIG, D. W. Rapid evolution of mimicry following local model extinction. **Biology letters**, v.10, n. 6, e20140304, 2014.

BATES, H. W. Contributions to an insect fauna of the Amazon Valley, Lepidoptera: Heliconiidae. **Transactions of the Linnean Society of London**, v. 23, p. 495-566, 1862.

BRODIE, E. D., III. Differential Avoidance of Coral Snake Banded Patterns by Free-Ranging Avian Predators in Costa Rica. **Evolution**, v. 47, n. 1, p. 227-235, 1993.

BRODIE, E. D., III; BRODIE, E. D., JR. Venomous Snake Mimicry. **The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere** (eds J. A. Campbell & W. W. Lamar), pp. 617-633. Cornell University Press, Ithaca and London, 2004.

BUASSO, C. M.; LEYNAUD, G. C.; CRUZ, F. B. Predation on snakes of Argentina: Effects of coloration and ring pattern on coral and false coral snakes. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 41, n. 3, p. 183-188, 2006.

CAMPBELL, J. A.; LAMAR, W. W. **Venomous reptiles of the Western hemisphere**, Comstock Publishing Associates, Ithaca and London, 870 p, 2004.

CHAZDON, R. L. Light Variation and Carbon Gain in Rain Forest Understorey Palms. **The Journal of Ecology**, v.74, n. 4, p. 995-1012. 1986.

CHAZDON, R. L.; FETCHER, N. Photosynthetic Light Environments in a Lowland Tropical Rain Forest in Costa Rica. **The Journal of Ecology**, v. 72, n. 2, p. 553-564, 1984.

CHEN, J.; SAUNDERS, S. C.; CROW, T. R., *et al.*, Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology. **BioScience**, v. 49, n. 4, p. 288-297, 1999.

ENDLER, J. A. On the measurement and classification of color in studies of animal colour patterns. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 41, p. 315-352, 1990.

FRANÇA, F. G. R.; BRAZ, V. S; ARAÚJO, A. F. B. (2017). Selective advantage conferred by resemblance of aposematic mimics to venomous model. **Biota Neotropica**, v. 17, n. 3 e20170338, 2017.

GREENE, H. W.; MCDIARMID, R. W. Coral snake mimicry: does it occur? **Science**, v. 213 n. 4513, p. 1207 – 1212, 1981.

GREENE, H. W.; MCDIARMID, R. W. Wallace and Savage: Heroes, Theories, and Venomous Snake Mimicry. **Ecology and Evolution in the Tropics: A Herpetological Perspective** (eds M. A. Donnelly, B. I. Crother, C. Guyer, M. H. Wake & Mary E. White), pp. 190-208. The University of Chicago Press, Chicago. 2004.

JARVIS, J. R.; TAYLOR, N. R.; PRESCOTT, N. B. *et al.*, Measuring and modelling the photopic flicker sensitivity of the chicken (*Gallus g. domesticus*). **Vision Research**, v. 42, n. 1, p. 99-106, 2002.

KIKUCHI, D. W.; PFENNIG, D. W. Predator cognition permits imperfect coral snake mimicry. **American Naturalist**, v. 176, n. 6, p. 830-834, 2010.

MARQUES, O. A. V.; PUORTO, G. Padrões cromáticos, distribuição e possível mimetismo em *Erythrolamprus aesculapii* (Serpentes, Colubridae). **Memórias do Instituto Butantan**, v. 53, n. 1, p. 127-134, 1991.

MONTGOMERY, R. A.; CHAZDON, R. L. Forest Structure, Canopy Architecture, and Light Transmittance in Tropical Wet Forests. **Ecology**, v. 82, p. 2707-2718, 2001

NISKANEN, M.; MAPPE, J. Significance of the dorsal zigzag pattern of *Vipera latastei gaditana* against avian predators. **Journal of Animal Ecology**, v. 74, n. 6, p. 1091-1101, 2005.

OSORIO, D.; VOROBYEV, M. Photoreceptor spectral sensitivities in terrestrial animals: adaptations for luminance and colour vision. **Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences**, v. 272, n. 1574, p. 1745-1752, 2005.

PFENNIG, D. W.; KIKUCHI, D. W. Competition and the evolution of imperfect mimicry. **Current Zoology**, v. 58, p. 608-619, 2012.

PFENNIG, D.W.; AKCALI, C.K.; KIKUCHI, D.W. Batesian mimicry promotes pre- and postmating isolation in a snake mimicry complex. **Evolution** v. 69, p. 1085-1090, 2015.

POUGH, F. H. Mimicry of Vertebrates: Are the Rules Different? **The American Naturalist**, v. 131, Supplement: Mimicry and the Evolutionary Process, p. 67-102, 1988.

RUXTON, G. D.; SHERRATT, T. N.; SPEED, M. P. **Avoiding Attack: The Evolutionary Ecology of Crypsis, Warning Signals and Mimicry**, Oxford University Press, USA Oxford. 260 p. 2004.

STEVENS, M. Predator perception and the interrelation between different forms of protective coloration. **Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences**, v. 274, n. 1617, p. 1457-1464, 2007.

WALLACE, A. R. Mimicry and other protective resemblances among animals. **Westminster and Foreign Quarterly Review**, v. 32, p. 1-43, 1867.

WICKLER, W. **Mimicry in Plants and Animals**, McGraw-Hill, New York. 256 p, 1968.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**, Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 929 p, 1999.

HISTÓRIA NATURAL DA SALAMANTA EPICRATES ASSISI NO LITORAL DA PARAÍBA, NORDESTE BRASILEIRO

Carlos Eduardo de Souza Germano
Rafaela Cândido de França
Isabella Mayara Monteiro de Carvalho Pedrosa
Frederico Gustavo Rodrigues França

1 INTRODUÇÃO

Informações detalhadas sobre a história natural de uma espécie são fundamentais para uma melhor compreensão dos processos ecológicos e evolutivos que influenciam em sua sobrevivência, bem como servem de base para estudos voltados ao entendimento da diversidade (por exemplo, diversidade funcional) e sobre manejo e conservação (GREENE & LOSOS, 1988). Além disso, variações nos padrões de história de vida de uma espécie podem ser influenciadas tanto por condições ambientais, como clima ou topografia, bem como por processos históricos e biogeográficos, como inércia filogenética ou eventos vicariantes separando populações (BROWN & GIBSON, 1983).

No Brasil, informações sobre história natural das espécies de serpentes são provenientes tanto de trabalhos realizados com descrição de taxocenoses (ex. FRANÇA & BRAZ, 2013; MARTINS & OLIVEIRA, 1998; STRÜSSMANN & SAZIMA, 1993; VITT & VANGILDER, 1983) além de trabalhos específicos com espécies e populações (ex. ALBUQUERQUE *et al.*, 2007; ALENCAR *et al.*, 2013; MASCHIO *et al.*, 2010; PINTO *et al.*, 2008), inclusive de boídeos (PIZZATTO *et al.*, 2009; PRADO, 2006; SCARTOZZONI &

MOLINA, 2004). Estes trabalhos procuram listar aspectos como dimorfismo sexual, conteúdo e preferências alimentares, padrões de atividade e características reprodutivas.

A família Boidae possui atualmente 66 espécies. A subfamília Boinae é representada por 35 espécies distribuídas em cinco gêneros (*Boa*, *Chilabothrus*, *Corallus*, *Epicrates* e *Eunectes*) presentes no continente neotropical (UETZ *et al.*, 2020). Quatro desses gêneros ocorrem no Brasil (*Boa*, *Corallus*, *Epicrates* e *Eunectes*). De acordo com Reynolds *et al.* (2013), o gênero *Epicrates* está restrito ao continente Neotropical e constitui um grupo de cinco espécies ocorrendo em diversas regiões da América do Sul e América Central, destas, apenas *Epicrates alvarezii* não ocorre no Brasil (PIZZATTO *et al.*, 2007; REYNOLDS *et al.*, 2013). O gênero *Epicrates* é amplamente distribuído no Brasil, possuindo representantes em diversos biomas. *Epicrates cenchria* ocorre na Amazônia, Cerrado e Floresta Atlântica (PASSOS & FERNANDES, 2008; RIVERA *et al.*, 2011), *E. maurus* ocorre no norte da Amazônia (PASSOS & FERNANDES, 2008), *E. crassus* ocorre em formações abertas da região central (Cerrado) e sul do Brasil (Pradaria) (PASSOS & FERNANDES, 2008; RIVERA *et al.*, 2011) e *E. assisi* ocorre principalmente na Caatinga e Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil (RIVERA *et al.*, 2011), estando distribuída em todo o Nordeste (PASSOS & FERNANDES, 2008). Rivera *et al.*, (2011) ainda cita a presença dessa espécie em simpatria com *Epicrates cenchria* no ecótono entre o Cerrado e a Caatinga.

Poucos estudos têm apresentado informações de história natural da salamanta *Epicrates assisi*. De modo geral, a espécie possui um tamanho máximo entre 1,6 m e 2 m, possui hábito crepuscular e noturno, é terrestre, apresenta reprodução vivípara, com ninhadas variando de oito a vinte filhotes, e alimenta-se principalmente de mamíferos (PIZZATTO *et al.*, 2007; VANZOLINI *et al.*, 1980; VITT & VANGILDER, 1983). A espécie (como

a maioria das serpentes no Brasil) causa aversão e medo aos humanos devido, em geral, ao seu padrão de coloração e tamanho relativamente grande, e são comumente mortas, por possuírem locomoção lenta (ALVES *et al.*, 2012). Além disso, *E. assisi* figura como sendo uma espécie de serpente utilizada como alimento em alguns locais do nordeste brasileiro, e também em zooterapia, ornamentação e decoração (ALVES *et al.*, 2012; MENDONÇA *et al.*, 2014).

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi descrever alguns aspectos da história natural da salamanta (*Epicrates assisi*) baseado em indivíduos encontrados no litoral da Paraíba, com relação à atividade diária, sazonalidade, uso do ambiente, distribuição espacial, morfologia (morfometria e folidose), investigando possíveis padrões ou variações.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 105 espécimes de *Epicrates assisi*, sendo 55 encontrados no município de Rio Tinto e 50 provenientes do município de João Pessoa, ambos os locais no litoral do Estado da Paraíba. De acordo com Marcelino *et al.*, (2012), a região do litoral paraibano está inserida no domínio da Floresta Atlântica do Nordeste, sendo caracterizada por apresentar uma estação chuvosa de março a julho, e uma estação seca entre os meses de agosto e fevereiro. Do total de espécimes utilizados, 95 estavam ou foram coletados e depositados na Coleção Herpetológica da Universidade Federal da Paraíba (CHUFPB) e 10 indivíduos foram capturados, medidos e soltos em um fragmento florestal em Rio Tinto.

Os exemplares provenientes do município de Rio Tinto foram coletados entre 2010 e 2015, e utilizados para os registros de uso do hábitat, atividade diária, sazonalidade e distribuição

espacial da espécie. Para cada animal coletado, foi registrado o tipo de substrato utilizado, o horário de atividade e a coordenada geográfica do local de coleta. De acordo com as informações disponíveis, os substratos utilizados pelos indivíduos foram classificados em: calçamento, asfalto, solo exposto, gramínea, entulho, telhado de residência, toco caído e parede de tijolos. Foram identificadas a amplitude e pico de atividade diária e sazonalidade para a espécie. Elaboramos também um mapa de distribuição espacial de *Epicrates assisi* no município de Rio Tinto, utilizando dados de localização (georreferenciados) (ver FRANÇA & FRANÇA, 2019).

Em relação a morfologia, foram tomadas as seguintes medidas de cada indivíduo: Comprimento Rostro-Cloacal (CRC) e Comprimento da Cauda (CC), com o auxílio de uma fita métrica decimal, e Comprimento da Cabeça (CCAB), Altura da Cabeça (ACAB), Largura da Cabeça (LCAB), Compressão lateral do corpo (CL) (Largura do Corpo (LC) / Altura do Corpo (AC)), Diâmetro do Olho (DO) e Distância entre as bordas anteriores das Narinas (DN), utilizando um paquímetro digital (0,01 mm). A massa de cada indivíduo foi verificada com o auxílio de uma pesola. Antes desse procedimento, foi removido o conteúdo estomacal dos indivíduos que os apresentava, assim como o excesso de líquido preservativo. Tendo como referência essas medições, foi investigado se existia dimorfismo sexual na morfometria da espécie. Além disso, um índice de dimorfismo sexual no tamanho corporal foi calculado (média do CRC do maior sexo / média do CRC do menor sexo - 1).

2.1 Análises

Com relação à sazonalidade, foi realizado teste Qui-Quadrado de tendência para investigar diferenças sazonais entre os períodos seco e chuvoso.

Para permitir inferências sobre a época de recrutamento da espécie e análises de dimorfismo sexual entre juvenis e adultos, consideramos como indivíduos recém-nascidos aqueles com o CRC ≤ 500 mm e como adultos aqueles com o CRC > 500 mm, tomando como base estudos anteriores envolvendo a espécie (Ver Prado, 2006). Teste *T* ou Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney foram realizados para verificar se existia diferença significativa entre a média do CRC, CC e massa entre os sexos, bem como se existia diferença significativa na média do CRC, CC e massa entre os sexos nos recém-nascidos. Também verificamos se existia diferença significativa no CRC, CC e massa entre os grupos (LN e LS). Uma Análise de variância multivariada (MANOVA) e o teste *post hoc* de Tukey foram realizados para determinar se existiam diferenças significativas nas variáveis morfométricas, entre os sexos e/ou entre os grupos (LN e LS). Em seguida, através de uma análise discriminante, foram identificadas quais variáveis, dentre as que apresentaram diferenças significativas tomadas simultaneamente, melhor representam a diferença entre os sexos.

3 RESULTADOS

Dos 55 indivíduos encontrados em Rio Tinto, todos estavam na área urbana, tanto em bordas de pequenos fragmentos florestais, quanto na área antropizada (Figura 1). Destes, com relação ao substrato utilizado, 69,2% dos indivíduos foram encontrados sobre locais pavimentados, sendo 55,8% sobre calçamentos e 13,5% sobre asfalto (Figura 2).

A espécie apresentou dois picos de atividade diária, um matinal e outro noturno (Figura 3), e foi significativamente mais abundante na estação chuvosa do que na estação seca ($X^2 = 4.4118$, $df = 1$, $p = 0,0357$, $n = 51$), estando mais ativa no mês de abril. Além disso, não foi coletado nenhum exemplar no mês mais seco do ano (outubro) (Figura 4).

Indivíduos recém-nascidos foram encontrados principalmente entre fevereiro e julho, com pico de abundância no mês de abril (Figura 4). Os indivíduos adultos de ambos os sexos foram encontrados principalmente nos meses de abril e agosto, e fêmeas também em fevereiro. O pico de fêmeas no mês de abril coincide com o pico de recrutamento (Figura 5).

Figura 1. Mapa de distribuição espacial de *Epicrates assisi* no município de Rio Tinto, litoral da Paraíba

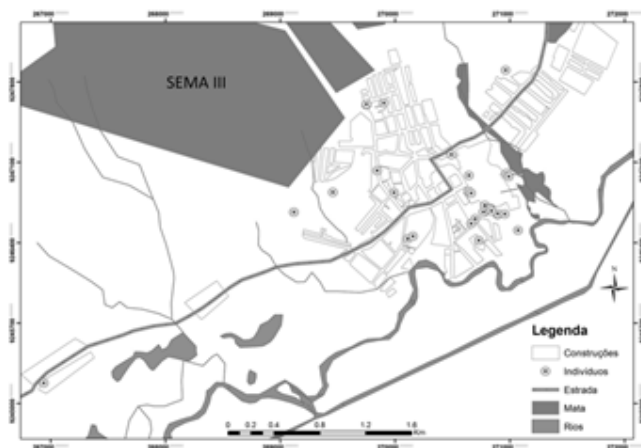


Figura 2. Tipos de substratos utilizados pela salamanta no litoral da PB ($n = 52$). Cal = Calçamento, Asf = Asfalto, Solo = Solo exposto, Gra = Gramínea, Ent = Entulho, Tel = Telhado, Toco = Toco caído, Par = Paredes de tijolos

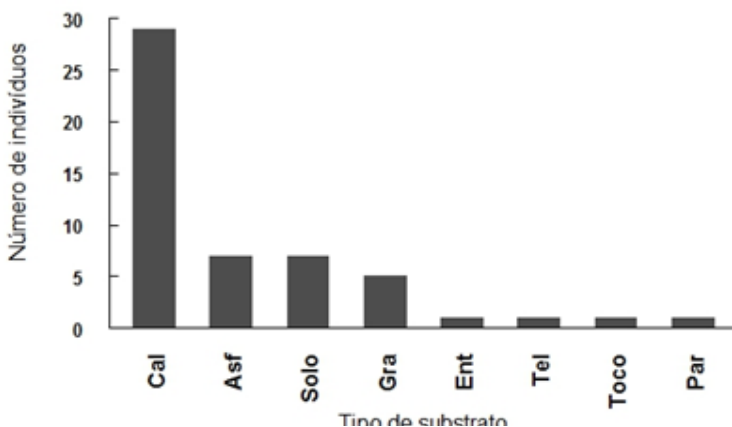


Figura 3. Atividade diária da salamanta no litoral da Paraíba ($n = 39$)

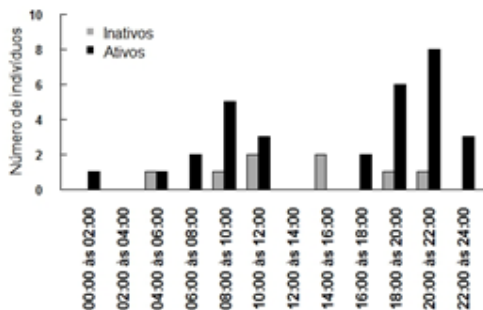


Figura 4. Sazonalidade da salamanta no litoral da Paraíba ($n = 42$)

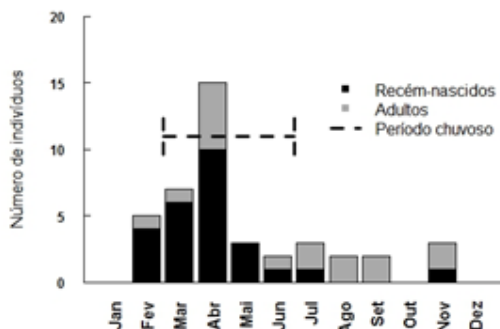
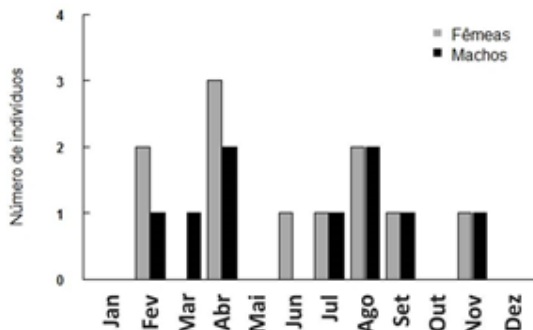


Figura 5. Sazonalidade de machos (n=11) e fêmeas (n=9) adultos de *Epicrates assisi* no litoral norte da Paraíba



Os menores indivíduos mediram 375,08 mm (machos) e 279,51 mm (fêmeas) de comprimento total e os maiores mediram 2.050,59 mm (machos) e 1.517,86 mm (fêmeas). As médias das medidas morfométricas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Dados morfométricos de machos e fêmeas de *Epicrates assisi* da Paraíba. CRC = Comprimento Rostro Cloacal, CC = Comprimento da Cauda, CCAB = Comprimento da Cabeça, ACAB = Altura da Cabeça, LCAB = Largura da Cabeça, AC = Altura do corpo, LC = Largura do corpo, CL = Compressão lateral do corpo, DO = Diâmetro do corpo, DN = Distância entre as narinas. *dp* = desvio padrão da média

Variável	Machos			Fêmeas		
	Média ± <i>dp</i>	Varição	<i>n</i>	Média ± <i>dp</i>	Varição	<i>N</i>
Massa (g)	200,5 ± 388,9	12,5 - 1860	58	298,8 ± 397,6	10 - 1620	39
CRC (mm)	542,8 ± 329,9	308 - 1850	58	639,4 ± 327,9	230 - 1300	39
CC (mm)	75,1 ± 41,6	45 - 217	58	85,6 ± 42,4	33 - 180	39
CCAB (mm)	25,5 ± 8,8	17,37 - 54,22	58	28,2 ± 10,7	14,04 - 50,86	39
ACAB (mm)	10,9 ± 5,3	7,20 - 36,57	58	11,6 ± 4,2	5,62 - 19,94	39
LCAB (mm)	14,8 ± 5,7	9,99 - 34,10	58	16,8 ± 7,0	8,39 - 34,95	39
AC (mm)	21,1 ± 12,3	10,65 - 65,46	58	25,7 ± 15,0	8,73 - 58,52	39
LC (mm)	16,97 ± 10,8	6,82 - 55,20	58	20,0 ± 11,7	7,10 - 51,91	39
CL (mm)	0,80 ± 0,13	0,53 - 1,15	58	0,80 ± 0,16	0,57 - 1,42	39
DO (mm)	3,32 ± 0,90	2,32 - 8,28	58	3,60 ± 0,84	2,42 - 5,30	39
DN (mm)	3,85 ± 1,49	2,38 - 8,91	58	4,15 ± 1,48	2,20 - 8,32	39

O índice de dimorfismo sexual foi de 0,178. Não foram encontradas diferenças significativas entre os sexos nas variáveis morfométricas tomadas simultaneamente (MANOVA, Wilk's Lambda = 0,9447, $p = 0,8218$). Também não foram encontradas diferenças significativas entre os sexos para Comprimento Rostro-Cloacal (Wilcoxon-Mann-Whitney, $W = 1299$, $p = 0,2164$), Massa (Wilcoxon-Mann-Whitney, $W = 1275$, $p = 0,2893$) ou Comprimento da cauda (Wilcoxon-Mann-Whitney, $W = 0,1308$, $p = 0,1937$).

4 DISCUSSÃO

Muitos espécimes de *Epicrates assisi* foram registrados em locais pavimentados. Isso pode estar relacionado com a oferta de calor radiante nas rodovias, estradas, calçamento, etc., o que atrai várias espécies de serpentes para termorregular (KUNZ & GHIZONI-JR, 2009). Urias *et al.*, (2013) encontraram relação positiva entre a temperatura do substrato e a temperatura superficial e cloacal de duas fêmeas adultas de *Epicrates assisi*. O encontro e a mortalidade da salamanta por moradores de Rio Tinto é bastante comum (FRANÇA *et al.*, 2012). Sousa *et al.*, (2010) chama a atenção para o possível impacto causado pela mortalidade de outra espécie congênica (*Epicrates crassus*) no município de Ritópolis-MG, pelos proprietários rurais, e deste modo a perda dos serviços ecossistêmicos que essa espécie desempenha. No caso de *Epicrates assisi*, a perda dessa espécie pode contribuir para uma maior ocorrência de roedores nos ambientes urbanos.

A salamanta *Epicrates assisi* apresentou atividade predominantemente noturna, mas também diurna conforme trabalhos anteriores (ARGOLO, 2004; MESQUITA *et al.*, 2013; VITT & VANGILDER, 1983), inclusive de suas congêneres que ocorrem no Brasil (*E. crassus*, FRANÇA & BRAZ, 2013; *E. cenchria*, SANTOS-COSTA *et al.*, 2015), com exceção de *E. maurus* que é identifi-

cada como exclusivamente noturna (RODRIGUES, 2012). O pico de atividade ocorreu no mês de abril, durante a estação chuvosa, e não foi coletado nenhum espécime no mês mais seco do ano (outubro). Resultado similar foi encontrado por Prado (2006), que registrou pico de atividade no mês de maio e não encontrou diferença significativa entre as estações do ano, diferentemente deste estudo onde foram comparadas as estações seca e chuvosa. A época de recrutamento parece ocorrer principalmente na estação chuvosa, entre os meses de fevereiro e julho, com um pico no mês de abril. Pizzatto & Marques (2007) fornecem um período de recrutamento para *Corallus hortulanus* também para a estação chuvosa. A reprodução não anual de serpentes vivíparas parece ser uma tendência geral para os boídeos brasileiros (PIZZATTO & MARQUES, 2007). Prado (2006) identificou fêmeas prenhas em novembro e dezembro e nascimento em outubro, dezembro, fevereiro, abril e maio, e Pizzatto & Marques (2007) encontraram nascimentos em maio e dezembro, sendo esses registros provenientes de diversas localidades do Nordeste. Para a Caatinga, Mesquita *et al.*, (2013) encontraram jovens da espécie entre janeiro e agosto, enquanto Vitt & Vangilder (1983) registraram nascimentos entre novembro e fevereiro. Porém estas localidades não seguem o regime pluvial encontrado no litoral paraibano. De maneira geral, a espécie apresenta sazonalidade durante o ano, apresentando-se mais ativa nos meses mais chuvosos com pico de atividade no mês de abril.

O número de indivíduos encontrados em áreas urbanas foi bastante superior quando comparado às áreas naturais, principalmente quando comparado com levantamentos de serpentes realizados nos dois principais fragmentos florestais da região, que são porções da Reserva Biológica de Guaribas (SEMA II em Mamanguape e SEMA III em Rio Tinto) (FRANÇA *et al.*, 2012; MESQUITA *et al.*, 2018). Isso indicaria que a espécie apresenta

não apenas tolerância, mas mesmo preferência por ambientes mais abertos, usando pequenos fragmentos florestais em uma matriz urbana.

A ausência de dimorfismo no tamanho corporal de adultos parece ser uma tendência do gênero, uma vez que Pizzatto & Marques (2007) encontraram dimorfismo para várias espécies de boídeos, porém não encontraram dimorfismo sexual no tamanho corporal para nenhuma espécie de *Epicrates*. Por outro lado, os mesmos autores relataram dimorfismo sexual no tamanho da cauda para todas as espécies do gênero (*E. cenchria*, *E. crassus* e *E. assisi*). Apesar de não termos encontrado diferenças significativas no comprimento da cauda, podemos verificar certa tendência (pelos menores e maiores tamanhos de cauda) de que machos poderiam apresentar caudas maiores que fêmeas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A salamanta *Epicrates assisi* apresenta uma amplitude de padrões de história natural que facilita sua presença em áreas antrópicas. Isso reforça a importância da educação ambiental e conscientização da população sobre a importância da preservação dessa espécie comumente encontrada na área urbana de Rio Tinto.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, N. R.; GALATTI, U. & DI-BERNARDO, M. Diet and feeding behaviour of the Neotropical parrot snake (*Leptophis ahaetulla*) in northern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 41, n. 17-20, p. 1237-1243, 2007.
- ALENCAR, L. R. V.; GAIARSA, M. P. & MARTINS, M. The evolution of Diet and Microhabitat Use in Pseudoboinae Snakes. **South American Journal of Herpetology**, v. 8, n. 1, p. 60-66, 2013.

ALVES, R. R. N.; FILHO, G. A. P.; VIEIRA, K. S.; *et al.* A zoological catalogue of hunted reptiles in the semiarid region of Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 8, n. 27, 2012.

ARGOLO, A. J. S. **As serpentes dos cacauais do sudeste da Bahia**. Editus, 2004.

BROWN, J. H. & GIBSON, A. C. **Biogeography**. United States of America: The C. V. Mosby Company, 1983.

FRANÇA, R. C.; GERMANO, C. E. S. & FRANÇA, F. G. R. Composition of a snake assemblage inhabiting an urbanized area in the Atlantic Forest of Paraíba State, Northeast Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 3, 2012.

FRANÇA, F. G. R. & BRAZ, V. S. Diversity, activity patterns, and habitat use of the snake fauna of Chapada dos Veadeiros National Park in Central Brazil. **Biota Neotropica**, 13(1): 74-85, 2013.

FRANÇA, R. C.; FRANÇA, F. G. R. Spatial patterns of snake diversity in an urban area of north-east Brazil. **Herpetological Journal**, v. 29, n. 4, 2019.

GREENE, H. W. & LOSOS, J. B. Systematics, natural history and conservation. **BioScience**, v. 38, p. 458-452, 1988.

KUNZ, T. S. & GHIZONI-JR, I. R. Serpentes encontradas mortas em rodovias no estado de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, 22(2): 91-103, 2009.

MARCELINO, A.S.; ARAÚJO, L.E.; ANDRADE, E.C.A. & ALVES, A.S. Avaliação Temporal da Climatologia do Litoral Norte da PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 03: 467-72, 2012.

MARTINS, M. & OLIVEIRA, M. E. Natural history of snakes in forest of the Manaus region, Cantral Amazonia, Brazil. **Herpetological Natural History**, v. 6, n. 2, p. 78-150, 1998.

MASCHIO, G. F.; PRUDENTE, A. L. C.; RODRIGUES, F. S. & HOOGMOED, M. S. Food habits of *Anilius scytale* (Serpentes: Aniliidae) in the Brazilian Amazonia. **Zoologia**, v. 27, n. 2, p. 184-190, 2010.

MENDONÇA, L. E. T., VIEIRA, W. L. S. & ALVES, R. R. N. Caatinga Ethnoherpetology: Relationships between herpetofauna and people in a semiarid region of northeastern Brazil. **Amphibian & Reptile Conservation**, 8(1): 24–32, 2014.

MESQUITA, D. O., ALVES, B., PEDRO, C., *et al.*, Herpetofauna of Reserva Biológica Guaribas: a complex of Atlantic Forest and isolated Cerrado patches in Northeastern Brazil. **Herpetology Notes**, 11, 455-474, 2018.

MESQUITA, P. C. M. D., PASSOS, D. C., BORGES-NORJOSA, D. M. & SECHIN, S. Z. Ecologia e história natural das serpentes de uma área de Caatinga no nordeste brasileiro. **Papéis Avulsos de Zoologia**, 53(8): 99-113, 2013.

PASSOS, P. & FERNANDES, R. Revision of the *Epicrates cenchria* complex (SERPENTES: BOIDAE). **Herpetological Monographs**, v. 22, p. 1-30, 2008.

PINTO, R. R.; FERNANDES, R. & MARQUES, O. A. V. Morphology and diet of two sympatric colubrid snakes, *Chironius flavolineatus* and *Chironius quadricarinatus* (Serpentes: Colubridae). **Amphibia-Reptilia**, v. 29, p. 149-160, 2008.

PIZZATTO, L.; MARQUES, O. A. V. & MARTINS, M. Ecomorphology of boinae snakes with emphasis on South American forms. pp. 35-48, in Henderson, R. W. and Powell, R. (ed.). **Biology of Boas and Pythons**. Eagles Mountain, UT, Eagle Mountain Publishing. 2007.

PIZZATTO, L. & MARQUES, O. A. V. Reproductive ecology of Boinae snakes with emphasis on Brazilian species and a com-

parison to Pythons. **South American Journal Herpetology**, 2(2): 107-122, 2007.

PIZZATTO, L.; MARQUES, O. A. V. & FACURE, K. Food habitats of Brazilian boid snakes: overview and new data, with special reference to *Corallus hortulanus*. **Amphibia-Reptilia**, v. 30, p. 533-544, 2009.

PRADO, L. P. Ecomorfologia e Estratégias reprodutivas nos Boidae (Serpentes), com ênfase nas espécies Neotropicais. Universidade Estadual de Campinas, Tese de Doutorado. Campinas. 2006.

REYNOLDS, R. G.; NIEMILLER, M. L.; HEDGES, S. B.; *et al.*, Molecular phylogeny and historical biogeography of West Indian boid snakes (*Chilabothrus*). **Mol. Phylogenet. Evol.**, 68(3): 461-470, 2013.

RIVERA, P. C.; Di COLA, V.; MARTÍNEZ, J. J.; GARDENAL, C. N. & CHIARAVIGLIO, M. Species delimitation in the continental forms of the genus *Epicrates* (Serpentes, Boidae): integrating phylogenetics and environmental niche models. **PLoS ONE** 6, e22199. 2011.

RODRIGUES, G. M. Taxocenose de serpentes da Ilha do Marajó, Estado do Pará, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará, 2012.

SANTOS-COSTA, M. C.; MASCHIO, G. F. & PRUDENTE, A. L. C. Natural history of snakes from Floresta Nacional de Caxiuanã, eastern Amazonia, Brazil. **Herpetology Notes**, 8: 69-98, 2015.

SCARTOZZONI, R. R. & MOLINA, F. B. Comportamento alimentar de *Boa constrictor*, *Epicrates cenchria* e *Corallus hortulanus* (Serpentes) em cativeiro. **Revista de Etologia**, 6(1): 25-31, 2004.

SOUSA, B. M.; NASCIMENTO, A. E. R.; GOMIDES, S. C.; RIOS, C. H. V.; HUDSON, A. A. & NOVELII, I. A. Répteis em fragmen-

tos de Cerrado e Mata Atlântica no Campo das Vertentes, Estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. **Biota Neotrop.**, v. 10, n. 2, 2010.

STRÜSSMANN, C. & SAZIMA, I. The snake assemblage of the pantanal at Poconé, western Brazil: faunal composition and ecology summary. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 28, n. 3, p. 157-168, 1993.

UETZ, P., FREED, P. & HOŠEK, J. **The Reptile Database**, <http://www.reptile-database.org>, accessed [10 Oct 2020], 2020.

URIAS, I. C., FERREIRA, B. W. S. S., SILVA, R. S., ARAÚJO, E. S., LIRA, N. R. C. & RIBEIRO, L. B. Temperatura da superfície corpórea e cloacal de *Epicrates assisi* (Squamata: Boidae): Associações com a atividade motora e correlações com a temperatura do substrato. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 11, n.2, p. 159-164, 2013.

VANZOLINI, P. E.; RAMOS-COSTA, A. M. & VITT, L. J. **Répteis das Caatingas**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. 161 p. 1980.

VITT, L. J. & VANGILDER, L. D. Ecology of a snake community in notheastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, 2-4, 273-296, 1983.

RESPOSTA DA MIRMECOFAUNA AO EFEITO DE BORDA PROMOVIDO POR ESTRADA EM UMA MATA DE TABULEIRO NO LITORAL NORTE DA PARAÍBA

Lynthelly Pereira de Castro Vianna
Frederico Lage-Pinto
Elaine Bernini

1 INTRODUÇÃO

As estradas são importantes para o deslocamento da população humana, porém, a retirada de vegetação para a abertura destas vias de acesso causa perda de habitat, diminui o potencial de regeneração das áreas do entorno (LAURANCE; GOOSEM & LAURANCE, 2009), estabelece barreiras à movimentação de animais reduzindo o fluxo gênico (JAEGER *et al.*, 2005; RAMBALDI & OLIVEIRA, 2003) e pode gerar efeito de borda, que altera a composição e/ou abundância de espécies na margem de um fragmento de habitat (FAHRIG, 2003; FORMAN & GRODON, 1986). Entre os organismos afetados pelo efeito de borda encontram-se os artrópodes que executam diversas funções no ecossistema e ocupam ampla diversidade de microhabitats (FISHER, 1998).

As formigas constituem um importante grupo de artrópodes, pois representam biomassa quatro vezes maior que a de vertebrados (WILSON & HOLLDOBLER, 2005) e estão envolvidas em diversas interações e processos ecossistêmicos (GRIFFITHS *et al.*, 2018; LACH, CATHERINE & KIRSTI, 2010). Por essas e outras razões, a mirmecofauna tem sido um dos principais grupos

utilizados em pesquisas que visam avaliar a qualidade ambiental (RIBAS *et al.*, 2012; UEHARA-PRADO *et al.*, 2009).

As alterações no habitat devido à fragmentação das florestas afetam as formigas de forma direta e/ou indireta. Segundo Murcia (1995) o efeito direto das perturbações altera a abundância e a distribuição das espécies devido às mudanças físicas próximas à borda do habitat, estando relacionado à tolerância fisiológica frente ao aumento da incidência de luz solar, da temperatura e da velocidade do vento. Já o efeito indireto está associado às mudanças nas interações entre as espécies. Assim, o efeito de borda resulta em fauna mais empobrecida de formigas nas proximidades da borda da floresta (CARVALHO & VASCONCELOS, 1999). Além disso, pequenos fragmentos florestais exibem maior proporção de borda, que são menos favoráveis às espécies com hábitos especialistas (LEAL *et al.*, 2012).

Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo é avaliar a resposta da mirmecofauna ao efeito de borda promovido por estrada em uma Mata de Tabuleiro no Litoral Norte da Paraíba.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Mata de Tabuleiro localizada no fragmento SEMA II (3.017 ha) da Reserva Biológica Guaribas (REBio Guaribas), Município de Mamanguape, Paraíba. O clima na região é quente e úmido. A temperatura média anual varia entre 24°C e 26°C (classificação Köppen). A precipitação anual oscila entre 1.750 e 2000 mm, com período chuvoso de fevereiro a julho (MMA/ICMBio, 2003).

Duas áreas foram selecionadas no local de estudo (6°44'43" S e 35°08'19" W) em março de 2020. A primeira situada a 10 m da margem da estrada (borda) e a segunda a 100 m da primeira (interior). Em cada área foi alocada uma transeção de 150 m

paralela à estrada. Ao longo da transeção foram distribuídas 15 armadilhas de queda (*PITFALLS*; 750 mL) distanciadas entre si por 10 m, totalizando 30 armadilhas. Os *pitfalls* foram preenchidos com 250 mL de solução composta de água, 3% de sal e gotas de detergente líquido neutro.

Os *pitfalls* permaneceram em campo por 48 h. Os espécimes coletados foram encaminhados para triagem, montagem e identificação. A identificação foi realizada em nível de espécie/morfoespécies conforme Baccaro *et al.*, (2015) e literatura especializada. As formigas fixadas foram depositadas no Laboratório de Ecologia Costeira e Oceânica da Universidade Federal da Paraíba, Campus IV, Rio Tinto.

A diversidade foi calculada pelo índice de Shannon-Weaver. A similaridade foi analisada pelo índice de Sorensen e a uniformidade de distribuição pelo índice de equitabilidade de Pielou (MAGURRAN, 2004). Todas as métricas tiveram como base o registro de ocorrência de espécies (AHUATZIN *et al.*, 2019) e foram realizadas no *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019) com auxílio do pacote *Vegan* (OKSANEN *et al.*, 2019).

A frequência absoluta foi calculada através da fórmula:

$$FA_i = (NP/NPT).100 \quad (1)$$

Onde: NP é o número de *pitfalls* em que a espécie “i” ocorreu e NPT corresponde ao número total de *pitfalls* amostrados.

A frequência relativa foi calculada através da fórmula:

$$F (\%) = (F_i/F_t).100 \quad (2)$$

Onde: F_i corresponde ao número de registros de cada espécie e F_t o número de registros totais de espécies de cada área.

As espécies/morfoespécies foram classificadas em grupos funcionais de acordo com Silva & Brandão (2014) que consideram: cultivadoras de fungos, generalistas, formigas de correição/nômades, predadoras especializadas, predadoras epigeicas de

tamanho grande, predadoras epigéicas de tamanho médio e predadoras generalistas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados 33 morfoespécies de Formicidae, distribuídos em 19 gêneros e 7 subfamílias (Tabela 1). Myrmicinae e Formicinae apresentaram maior riqueza, compreendendo 70% das formigas coletadas (Figura 1). Conforme aqui observado, Myrmicinae tem sido registrada como a subfamília com maior riqueza de espécies em diferentes ecossistemas (ARAÚJO, 2019; DELABIE *et al.*, 2006; GOMES, IANNUZZI & LEAL, 2010; TAVARES, 2017; VARGAS *et al.*, 2007; VEIGA-FERREIRA, MAYHÉ-NUNES & QUEIROZ, 2005) que pode ser explicado por seus múltiplos hábitos alimentares e de nidificação (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

No total foram coletadas 2.059 formigas, com maior abundância na borda da mata (Tabela 2). *Camponotus* e *Pheidole* foram mais ricos, ambos com 4 espécies cada. Resultados similares foram reportados por TAVARES (2017) e ARAÚJO (2019) em uma Floresta Estacional Semidecidual na REBio Guaribas. Estes são alguns dos gêneros com maior diversidade de espécies e adaptações, com ampla distribuição geográfica e maior abundância local (WILSON, 1976).

Camponotus exibiu poucas espécies quando comparado a outros tipos florestais (ex. LEAL, 2002; TAVARES, 2017), o que pode ser explicado pela variação da fisionomia vegetal e da metodologia, pois a maioria das espécies deste gênero é arborícola. *Pheidole* abrange formigas principalmente coletoras generalistas, mas, também incluem espécies predadoras e granívoras (WILSON, 2003). Formigas deste gênero têm sido empregadas na ava-

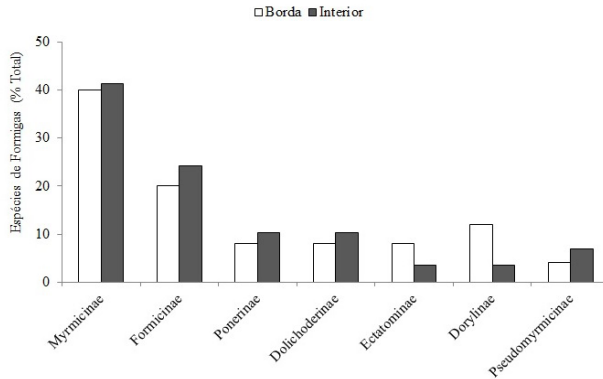
liação das mudanças ecológicas associadas ao uso da terra (ANDERSEN *et al.*, 2002).

Tabela 1. Registros de ocorrência (RO; %), frequência absoluta (FA; %) e grupos funcionais das espécies de formigas analisadas em uma Mata de Tabuleiro na Reserva Biológica Guaribas. GF: grupo funcional; CF: Cultivadoras de fungos; G: Generalistas; N: Formigas de correição (nômades); PE: Predadoras especializadas; PEG: Predadoras epigéicas de tamanho grande; PEM: Predadoras epigéicas de tamanho médio; PG: Predadoras generalistas

Táxon	Borda		Interior		GF
	RO	FA	RO	FA	
SUBFAMÍLIA DOLICHODERINAE					
<i>Dolichoderus sp. 1</i>	-	-	2	13,3	G
<i>Dorymyrmex sp. 1</i>	6	40	3	20	G
<i>Dorymyrmex sp. 2</i>	1	6,7	2	13,3	G
SUBFAMÍLIA DORYLINAE					
<i>Cylindromyrmex sp. 1</i>	3	20	-	-	PE
<i>Neivamyrmex sp. 1</i>	13	86,7	5	33,3	N
<i>Neivamyrmex sp. 2</i>	1	6,7	-	-	N
SUBFAMÍLIA ECTATOMMINAE					
<i>Ectatomma sp. 1</i>	5	33,3	9	60	PEG
<i>Ectatomma sp. 2</i>	2	13,3	-	-	PEG
SUBFAMÍLIA FORMICINAE					
<i>Brachymyrmex sp. 1</i>	6	40	9	60	G
<i>Camponotus sp. 1</i>	8	53,3	10	66,7	G
<i>Camponotus sp. 2</i>	1	6,7	1	6,7	G
<i>Camponotus sp. 3</i>	-	-	2	13,3	G
<i>Camponotus sp. 4</i>	-	-	2	13,3	G
<i>Nylanderia sp. 1</i>	8	53,3	2	13,3	G
<i>Nylanderia sp. 2</i>	1	6,7	1	6,7	G

SUBFAMÍLIA MYRMICINAE					
<i>Atta sp. 1</i>	4	26,7	3	20	CF
<i>Apterostigma sp. 1</i>	2	13,3	-	-	CF G
<i>Cephalotes sp. 1</i>	2	13,3	3	20	G
<i>Cephalotes sp. 2</i>	1	6,7	1	6,7	G G
<i>Crematogaster sp. 1</i>	-	-	3	20	G
<i>Ochetomyrmex neopolitus Fernandez, 2003</i>	1	6,7	4	26,7	G G
	3	20	1	6,7	G
<i>Pheidole sp. 1</i>	-	-	1	6,7	PE
<i>Pheidole sp. 2</i>	-	-	2	13,3	PE CF
<i>Pheidole sp. 3</i>	14	93,3	14	93,3	
<i>Pheidole sp. 4</i>	1	6,7	1	6,7	
<i>Stegomyrmex sp. 1</i>	4	26,7	4	26,7	
<i>Strumigenys sp. 1</i>	4	26,7	8	53,3	
<i>Trachymyrmex sp. 1</i>					
SUBFAMÍLIA PONERINAE					
<i>Hypoponera sp. 1</i>	-	-	1	6,7	PG
<i>Odontomachus sp. 1</i>	1	6,7	1	6,7	PG PG
<i>Odontomachus sp. 2</i>	1	6,7	1	6,7	
SUBFAMÍLIA PSEUDOMYRMECINAE					
<i>Pseudomyrmex sp. 1</i>	3	20	6	40	PEM PEM
<i>Pseudomyrmex sp. 2</i>	-	-	1	6,7	

Figura 1. Percentual do número total de espécies das subfamílias de formigas analisadas em uma Mata de Tabuleiro na Reserva Biológica Guaribas



Quatro espécies exibiram frequência absoluta >50% na borda: *Pheidole sp. 4*, *Neivamyrmex sp. 1*, *Camponotus sp. 1* e *Nylanderia sp. 1*. No interior da mata, cinco espécies mostraram esse resultado: *Pheidole sp. 4*, *Camponotus sp. 1*, *Brachymyrmex sp. 1*, *Ectatomma sp. 1* e *Trachymyrmex sp. 1* (Tabela 1).

Em habitats com perturbações são esperadas distribuições de frequência com uma maior proporção de espécies mais dominantes (HILL & HAMER, 1998) e, esse resultado foi observado tanto na borda quanto no interior do fragmento estudado. As perturbações antrópicas observadas na área são descarte de lixo, trilhas e presença de fezes humanas. A dominância de espécies dos gêneros *Pheidole* e *Nylanderia* reflete mudanças na estrutura da vegetação (RESENDE *et al.*, 2011; SUGUITURU *et al.*, 2013) e indicam que a área analisada se encontra sob pressão antrópica. Esses gêneros são caracterizados por espécies generalistas e oportunistas (LUTINSKI *et al.*, 2014; RESENDE *et al.*, 2011). Formigas dominantes tendem a construir ninhos grandes, pois possuem colônias populosas e alta territorialidade (DEJEAN & CORBARA, 2003). *Nylanderia* é um dos gêneros mais agressivos e responsáveis por deslocar espécies nativas (BACCARO *et al.*, 2015).

Neivamyrmex sp. 1 apresentou elevada frequência na borda. De acordo com Topoff *et al.*, (1980), colônias de formigas desse gênero são de tamanho moderado e sua alimentação é quase que exclusivamente composta de outras formigas. As formigas do gênero *Ectatomma* são consideradas predadoras generalistas de diversos artrópodes e anelídeos, entretanto, algumas podem coletar secreções açucaradas excretada de alguns hemípteros (CERETO, 2008). Formigas do gênero *Brachymyrmex* são consideradas generalistas por explorarem diferentes substratos, constroem seus ninhos em locais relativamente frágeis ou efêmeros, indicando frequentes movimentações dos ninhos (LAPOLLA & LONGINO, 2006).

Generalistas representaram 40% e 59% das espécies de formigas na borda e no interior da mata, respectivamente (54% no total; Tabela 1). A fragmentação do habitat influencia a riqueza de espécies e pode resultar em mudanças nas funções ecológicas (LAURANCE *et al.*, 2006) ao promover alterações funcionais nas assembleias de alguns animais (BECKER *et al.*, 2007). Para uma ampla gama de táxons, a simplificação dos fragmentos florestais costuma favorecer a dominância de espécies generalistas e diminuição das especialistas (TABARELLI *et al.*, 2010).

Espécies altamente especializadas são bastante sensíveis à perda de recursos-chave induzida por perturbações antrópicas, diferentemente das espécies generalistas que são beneficiadas pela ampla tolerância a ambientes perturbados, dieta generalizada e pelos requisitos flexíveis de nidificação (ANDERSEN, 1995). O elevado percentual de espécies generalistas no interior da mata demonstra novamente que toda a área analisada se encontra sob pressão antrópica.

Houve maior abundância de indivíduos e maior riqueza de gêneros na borda da mata, entretanto, a riqueza e diversidade de espécies foram superiores no interior (Tabela 2). A similarida-

de de espécies entre as áreas foi de 77% (Tabela 2). Das 33 espécies coletadas, 21 foram compartilhadas entre as áreas e apenas 4 ocorreram exclusivamente na borda e 8 no interior da mata.

Tabela 2. Análise faunística de Formicidae em uma Mata de Tabuleiro na Reserva Biológica Guaribas. N: Número total de indivíduos; S: Riqueza de gêneros; S': Riqueza de espécies; H': Diversidade de Shannon-Weaner; J': Equitabilidade de Pielou; Sor: Similaridade de Sorensen

Área	N	S	S'	H'	J'	Sor
Borda	1.235	19	25	1.64	25	0.77
Interior	824	18	29	1.76	29	

Embora a similaridade entre as áreas tenha sido elevada, os resultados indicaram que houve resposta da mirmecofauna ao efeito de borda, pois houve maior riqueza e diversidade de espécies no interior da mata. Devido à fragmentação do habitat ocorrem mudanças microclimáticas na borda da mata que diminuem a disponibilidade de nichos (DELLA LUCIA; FOWLER & MOREIRA, 1993). Já o interior da mata, por se tratar de um ambiente estruturalmente mais complexo, pode oferecer maior oportunidade de recursos alimentares, locais de nidificação, abrigo e estabilidade climática (DELLA LUCIA & FOWLER; MOREIRA, 1993), permitindo que diversas espécies coexistam.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que tanto a borda quanto o interior da mata encontram-se sob forte pressão antrópica, pois houve elevada proporção de espécies de formigas mais dominantes e generalistas. Além disso, o interior da mata apresentou maior diversidade e riqueza de espécies e menor abundância de indivíduos, indicando o efeito de borda na comunidade de formigas.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica concedida à primeira autora e ao Campus IV da UFPB, pela infra-estrutura para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AHUATZIN, D. A., *et al.*, Forest cover drives leaf litter ant diversity in primary rainforest remnants within human-modified tropical landscapes. *Biodiversity and Conservation*, v. 28, n. 5, p. 1091-1107, Apr. 2019.

ANDERSEN, A. N. A Classification of Australian Ant Communities, Based on Functional Groups Which Parallel Plant Life-Forms in Relation to Stress and Disturbance. *Journal of Biogeography*, vol. 22, no. 1, pp. 15–29. Jan. 1995.

ANDERSEN, A. N., *et al.*, Using Ants as Bioindicators in Land Management: Simplifying Assessment of Ant Community Responses. *Journal of Applied Ecology*, vol. 39, no. 1, pp. 8–17. Feb. 2002.

ARAÚJO, R. K. M. **Efeito do dendê (*Elaeis guineenses* jacq.) sobre a mirmecofauna (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) na Reserva Biológica Guaribas.** 2019. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba. Rio Tinto, 2019.

BACCARO, F. B., *et al.*, **Guia para os gêneros de formigas do Brasil.** Manaus: Editora INPA, 2015. 388 p.

BECKER, C. G., *et al.*, Habitat split and the global decline of amphibians. *Science*, São Paulo, v. 318, n. 5857, p. 1775-1777. Nov. 2007.

CARVALHO, K. S. VASCONCELOS, H. L. Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. Bio-

logical Conservation, Manaus, v. 91, Issues 2-3, p. 151-157. Dec. 1999.

CERETO, C. E. **Formigas em Restinga na Região da Lagoa Pequena, Florianópolis, SC: Levantamento Taxonômico e Aspectos Ecológicos.** 2008. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

DEJEAN, A.; CORBARA, B. Review of mosaics of dominant ants in rainforests and plantations. *In*: Basset, Y., Kitching, R., Miller, S. & Novotny, V. (eds.) *Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy.* Cambridge University Press, p. 341-347. Dec. 2008.

DELABIE, J. H. C., *et al.*, As formigas como indicadores biológicos do impacto humano em manguezais da costa sudeste da Bahia. *Neotropical Entomology*, Londrina v. 35, n. 5, p. 602-615, out. 2006.

DELLA LUCIA, T. M. C.; FOWLER, H. G.; MOREIRA, D. D. O. Espécies de formigas cortadeiras no Brasil. p. 251-262 *In*: Della Lucia, T. M. C. *As formigas cortadeiras.* Viçosa, Folha de Viçosa, 262 p, jun. 1993.

FAHRIG, L. Effects of fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* Canadá, v. 34, p. 487-515. Nov. 2003.

FISHER, B. L. Insect behavior and ecology in conservation: Preserving functional species interactions: *Annals of the Entomological Society of America* [Ann. Entomol. Soc. Am.], South Africa, v. 91, n. 2, p. 155-158, Mar. 1998.

FORMAN, R. T. T.; GRODON, R. **Landscape Ecology.** John Wiley & Sons, Inc. New York. 1986. 712 p.

GOMES, J. P.; IANNUZZI, L.; LEAL, I. R. Resposta da Comunidade de Formigas aos Atributos dos Fragmentos e da Vegetação

em uma Paisagem da Floresta Atlântica Nordestina. *Neotropical Entomology*, Recife, v. 39, n. 6, p. 898-905, dez. 2010.

GRIFFITHS, H. M., et al. Ants are the major agents of resource removal from tropical rainforests. *Journal of Animal Ecology*, Liverpool, UK, v. 87, p. 293– 300. June, 2018.

HILL, J. K.; HAMER, K. C. Using species abundance curves as indicators of habitat disturbance in tropical forests. *Journal of Applied Ecology*, Durham, v. 35, n. 3, p. 458-460. June, 1998.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Harvard University Press. Cambridge, 1990. 732 p.

JAEGER, J. A. G., *et al.*, Predicting when animal populations are at risk from roads: Na interactive model of road avoidance behavior. *Ecological modeling*, Ottawa, Canada, v. 185, p. 329-348. July, 2005. Doi: 10.1016/j.ecolmodel.2004.12.015

LACH, L.; CATHERINE, P.; KIRSTI, A. **Ant ecology**. Oxford University Press. Oxford, 2010. 432 p.

LAPOLLA, J. S.; LONGINO, J. T. An unusual new *Brachymyrmex* Mayr from Costa Rica, with implications for the phylogeny of the lasiine tribe group. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, Costa Rica, v. 108, p. 297-305. Mar. 2006.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends Ecol Evol*. Queensland, Australia, v. 24, n. 12, p. 659-669. Sept. 2009.

LAURANCE, W. F., *et al.* Rain forest fragmentation and the proliferation of successional trees. *Ecology*, Manaus, v. 87, n. 2, p. 469-482. Feb. 2006.

LEAL, I. R. Diversidade de formigas no Estado de Pernambuco, p. 483-492. *In* Tabarelli, M; Silva, J. M. C. (eds) Atlas da biodi-

versidade de Pernambuco. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, jun. 2002. 722 p.

LUTINSKI, J. A.; LUTINSKI, C. J.; CORTÊS LOPES, B.; BARROS DE MORAIS, A. B. Estrutura da comunidade de formigas (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) em quatro ambientes com diferentes níveis de perturbação antrópica. *Ecologia Austral*, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, v. 24, n. 2, p. 229-237, ago. 2014. Doi:10.25260/EA.15.24.2.0.26

MAGURRAN, A. E. **Measuring Biological Diversity**. Blackwell Publishing, Oxford, 2004. 256 p.

MMA/ICMBio. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Plano de manejo Reserva Biológica Guaribas. Brasília, DF, ICMBio. 2003.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends Ecol Evol*, Colombia, v. 10, n. 2, p. 58-62. Feb. 1995.

OKSANEN, J., *et al.* Vegan: community ecology package. R package version 2.5-4. Sept. 2019. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 06/07/2020.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. June, 2019. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 06/07/2020.

RAMBALDI, M. D.; OLIVEIRA, D. A. S. **Fragmentação de ecossistemas**. Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Biodiversidade e Florestas: Brasília, DF. 2003. 508 p.

RESENDE, J. J., *et al.* Communities of ants (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) in different Atlantic Rain Forest phytophysion-

omies. *Sociobiology*, Feira de Santana, Bahia, v. 58, n. 3, p. 779-799. Jan. 2011.

RIBAS, C. R., *et al.* Ants as indicators in Brazil: a review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. *Psyche: A Journal of Entomology*, Lavras, Minas Gerais, v. 2012, p. 1-23. Dez. 2012.

SUGUITURU, S. S., *et al.* Diversidade e riqueza de formigas (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) em remanescentes de Mata Atlântica na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, SP. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 13, n. 2, p. 141-152, jun. 2013. ISSN 1676-0611.

TABARELLI, M., *et al.* Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. *Biol. Conserv.*, Recife, Pernambuco, v. 143, n. 10, p. 2328-2340. Oct. 2010.

TAVARES, B. L. P. **Diversidade e composição da comunidade de formigas da Reserva Biológica Guaribas e suas aplicações para a conservação da Mata Atlântica no Estado da Paraíba, Brasil.** 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, Brasil. 2017.

TOPOFF, H., *et al.* Behavioural ecology of mass recruitment in the army ant *Neivamyrmex nigrescens*. *Animal Behaviour*, New York, v. 28, Issue 3, p. 779-786. Aug. 1980.

UEHARA-PRADO, M., *et al.* Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: a first approach in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, Campinas, São Paulo, v. 142, n. 6, p. 1220-1228. Mar. 2009.

VARGAS, A. B., *et al.* Efeito de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 36, n. 1, p. 28-37, fev. 2007. ISSN 1678-8052.

VEIGA-FERREIRA, S.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M. Formigas De Serapilheira Na Reserva Biológica Do Tinguá, Estado Do Rio De Janeiro, Brasil (Hymenoptera: Formicidae). Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida. Seropédica, RJ, EDUR, v. 25, n. 1, p. 49-54, jan. 2005.

WILSON, E. O. Which are the most prevalent ant genera. Studia Entomologica, Massachusetts, v. 19, n. 1-4, p. 187-200. Dez. 1976.

WILSON, E. O. **Pheidole in the New World:** a dominant, hyperdiverse ant genus. Harvard University Press. 2003. 794 p.

WILSON, E. O.; HÖLLDOBLER, B. The rise of the ants: a phylogenetic and ecological explanation. Proceedings of the National Academy of Sciences, Massachusetts, v. 102, n. 21, p. 7411-7414. Mar. 2005.

COBERTURA VEGETAL E MAPEAMENTO PARTICIPATIVO DO USO DOS RECURSOS NATURAIS EM UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA NO LITORAL NORTE DA PARAÍBA

Nadjacleia Vilar Almeida
Rayllany Juliete Galvão de Lima
Maria Mônica de França Aquino
Rafaela Costa de Lima

1 INTRODUÇÃO

○ Brasil tem uma grande riqueza natural, com biomas que possuem enorme diversidade de espécies, destacando-se a Mata Atlântica, considerada a segunda maior floresta tropical pluvial do continente americano que, mesmo com o intenso e extenso desmatamento, é um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade (TABARELLI *et al.*, 2005).

De acordo com Campanili & Schäffer (2010, p. 5), “os levantamentos já realizados indicam que a Mata Atlântica abriga 849 espécies de aves, 370 espécies de anfíbios, 200 espécies de répteis, 270 de mamíferos e cerca de 350 espécies de peixes”. Varjabedian (2010) destaca que a Mata Atlântica abriga 383 das 633 espécies da fauna ameaçados de extinção no Brasil. Estima-se que mais de 93% da cobertura original da mata atlântica tenha sido degradada ao longo do processo de ocupação do litoral brasileiro (MAYERS *et al.*, 2000).

Dados do IBGE (2015) mostram que na Paraíba só resta 483km² de área remanescente de Mata Atlântica. A Fundação SOS Mata Atlântica (2017) apresentou um estudo feito entre 2014 e 2015 no município de Mataraca, no litoral norte paraibano, aparece como a cidade que mais desmatou a Mata Atlântica em toda Paraíba, uma área equivalente a 49 hectares.

No litoral norte da Paraíba parte dos remanescentes de Mata Atlântica estão distantes de grandes centros urbanos, contudo as cidades de médio e pequeno porte registraram nos últimos anos o aumento populacional nas áreas urbanas e consequente diminuição nas áreas rurais o que pode influenciar na expansão urbana e avanço desta para áreas com remanescentes florestais, que, sem planejamento e desordenado, configuram uma ameaça para os ambientes naturais (SOARES & ALMEIDA, 2020).

A fim de monitorar e diagnosticar os recursos naturais desses espaços, sobre os quais atuam tensões para mudança de uso ao longo dos tempos, surge a metodologia de mapeamento participativo. Nesta metodologia a população participa da produção do mapeamento, no qual seu conhecimento é, ao mesmo tempo, reconhecido e valorizado. A interação entre pesquisadores e comunidades produzida pelo mapeamento participativo permite, ainda, o intercâmbio de conhecimentos e transmissão de saberes técnicos e acadêmicos sobre a importância dos elementos da natureza, da sua proteção e do uso racional (ACSELRAD, 2008). A participação da comunidade local é fundamental, ela transmite seu conhecimento tradicional sobre o local estudado e adquire conhecimentos mais técnicos, passando a enxergar de uma outra forma os ambientes naturais onde estão inseridos (PAESE *et al.*, 2012).

As pequenas comunidades e/ou as comunidades tradicionais ainda com características rurais são fundamentais para a proteção dos biomas devido sua aproximação e conexão com

estes ambientes (LINHARES & SANTOS, 2017). A junção do conhecimento acadêmico/científico com o conhecimento empírico da população pode se tornar uma importante estratégia na preservação dos remanescentes florestais.

A microbacia do riacho Cascata, zona rural do município de Mamanguape-PB, apresenta na sua configuração espacial um importante fragmento de mata atlântica ao longo do médio curso do rio principal. No interior desse fragmento estão localizadas as principais nascentes do riacho Cascata. Dentre os diferentes usos dos recursos naturais na microbacia destaca-se o uso da água para abastecimento humano e para irrigação, principalmente da monocultura da cana-de-açúcar.

Para identificar e especializar os principais usos dos recursos naturais realizados pela comunidade de Pindobal na microbacia foi adotada além do mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra a metodologia do mapeamento ou SIG participativo.

Diante o exposto, nosso objetivo foi identificar e analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal e o uso dos recursos naturais da microbacia hidrográfica do Riacho Cascata, Litoral Norte da Paraíba.

2 METODOLOGIA

No desenvolvimento da pesquisa foi realizado a delimitação da microbacia, extração da rede de drenagem, mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra e o mapeamento participativo do uso dos recursos naturais. Para todos os procedimentos foi utilizado o *software* ArcGis (versão 10.6.1).

O limite da microbacia e a rede de drenagem foram obtidas de forma automática, em ambiente SIG, a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação) da imagem de radar SRTM (Missão Topográfica de Radar Transportado) com resolução espacial de

30x30 metros referente a folha SB-25-Y-A, disponibilizada gratuitamente no site da *United States Geological Survey* (USGS).

Para identificar as classes de cobertura e uso foi adquirida uma imagem do Google *Earth Satellite*, através programa SAS *Satellite* (gratuito), com data de 21/12/2019. A imagem possui baixo percentual de nuvens na área de estudo, sendo necessário apenas a reprojeção para o hemisfério sul. A resolução espacial é de 18,97 m/pixel favorecendo a identificação dos usos da terra.

Para o mapeamento foi realizada a classificação supervisionada utilizando o método da máxima verossimilhança. Foram criadas amostras das assinaturas espectrais dos pixels que compõem os tipos de uso e cobertura da terra da microbacia do Riacho Cascata, conforme as características demonstradas nos padrões de cor, textura e forma dos objetos (FLORENZANO, 2011).

Para validação do mapeamento a partir da classificação supervisionada foi avaliada a precisão dos mapeamentos temáticos através da matriz de confusão e do índice Kappa (RUIZ e CHUVIECCO, 1995 *apud* COHEN, 1960; LU & WENG, 2007; MOREIRA, 2007; QUEIROZ *et al.*, 2017).

Com base na metodologia apresentada por Paese *et al.* (2012) e Araújo *et al.* (2017) o mapeamento participativo iniciou a partir do contato com os moradores locais para explicar o objetivo e natureza acadêmica do projeto. Em um segundo momentos os pesquisadores e um morador local realizaram o reconhecimento da área a partir de um mapa (Figura 1) existente na sede do Centro de Educação Produtiva de Pindobal, elaborado pelo Instituto de Terras e Planejamento Agrícola do Estado da Paraíba-INTERPA sendo possível visualizar os lotes de cada morador e a posição do remanescente de Mata Atlântica.

Em um terceiro encontro com a participação de alguns moradores foi apresentada e dada orientações básicas para facilitar a leitura e localização dos moradores numa carta imagem

da microbacia do riacho Cascata. Em seguida os moradores marcaram na carta imagem os locais onde possivelmente é feito uso dos recursos naturais. Foram utilizados adesivos coloridos para cada uso indicado pelos moradores (Figura 2).

Com o auxílio de um morador foi realizada a verificação dos locais indicados, em exatamente 4 idas a campo, tornando possível anotar as coordenadas com a utilização do GPS (*Global System Position*) de navegação com precisão de 3 a 5m.

Figura 1. Reconhecimento da área de estudo no mapa.



Foto: Mônica Aquino. Data: 18/10/2019

Figura 2. Marcação no mapa dos pontos de uso dos recursos naturais.



Foto: José Everardo. Data: 18/10/2019

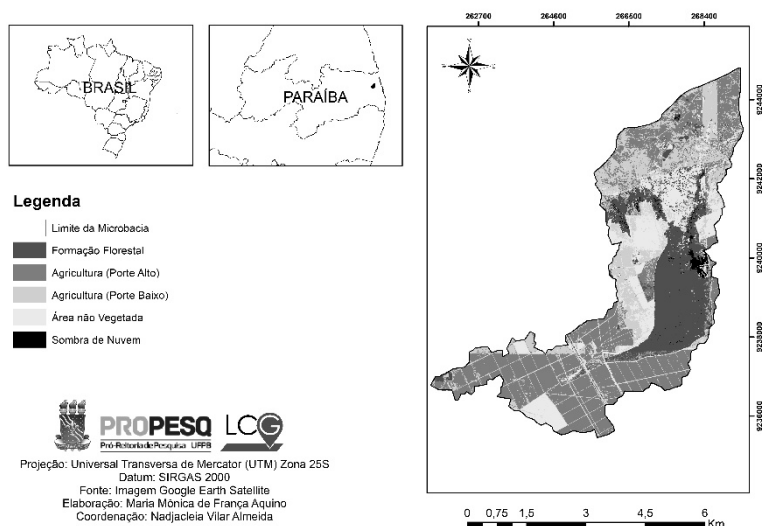
Após as verificações em campo foi elaborado um mapa participativo com destaque para a localização dos usos dos recursos naturais indicados pelos moradores da comunidade de Pindobal, Mamanguape-PB.

3 COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA NA MICROBACIA DO RIACHO CASCATA

A microbacia do Riacho Cascata possui uma área total de 2.656 hectares que foi dividida em 5 principais classes de cobertura e uso: Formação Florestal, Agricultura (Porte Alto), Agricultura (Porte Baixo), Área não vegetada, nuvem e sombra de

nuvem (Figura 3). Na análise da precisão do mapeamento com o Índice Kappa obteve-se o valor de 0,77, com base na qualidade da classificação adaptada por Moreira (2007), esse valor é categorizado como “Muito Bom”.

Figura 3. Uso e cobertura da terra na microbacia do riacho Cascata em 2019, Paraíba-PB.



A classe que teve o maior destaque foi a de Agricultura ocupando 62% da microbacia (Agricultura de porte alto com 39% e com porte baixa com 23%). Destaca-se que está incluída na classe Agricultura Porte Baixo a agricultura de subsistência e algumas pequenas áreas de pecuária. Devido a proximidade da assinatura espectral dos alvos cana-de-açúcar, cultivo de subsistência e pasto não foi possível separar essas classes. A classe Área não Vegetada ocupa 18% da microbacia e sombra de nuvem 1% (Tabela 1).

A classe Formação Florestal corresponde aos remanescentes de Mata Atlântica e ocupa 504ha, equivalente a 19% da mi-

croacia, um percentual muito baixo levando em consideração que é uma classe de vegetação natural. Observa-se que 383,5ha da Formação Florestal corresponde a um único fragmento localizado na área central da microbacia e que a classe Agricultura exerce forte pressão sobre esse fragmento, além das alterações causadas por usos pontuais que serão destacados a seguir.

Tabela 1. Quantificação da cobertura vegetal e uso da terra da microbacia do riacho Cascata

Classes	Área (ha)	Porcentagem
Formação Florestal	509	19%
Agricultura (Porte Alto)	1.039	39%
Agricultura (Porte Baixo)	602	23%
Área não Vegetada	477	18%
Sombra de nuvem	30	1%
TOTAL	2.656 ha	100%

De acordo com Aquino *et al.* (2019), o cultivo da cana-de-açúcar é o principal causador do desmatamento na região e como consequência acarreta, erosões, assoreamento e diminuição de biodiversidade. Os impactos do setor sucroalcooleiro na natureza afetam a qualidade do clima, a biodiversidade, a conservação do solo, os recursos hídricos e intensificam o uso de defensivos e fertilizantes (CEZARINO & LIBONI, 2012).

É importante ressaltar que a agricultura de subsistência na microbacia é essencial para manutenção e sobrevivência de pequenos agricultores.

Mapeamento Participativo

Associado ao uso e cobertura destacados no mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra foi possível identificar no mapeamento participativo usos pontuais e específicos feitos pelos moradores da comunidade de Pindobal, Mamanguape-PB.

Como visto no mapeamento anterior (Figura 3), nas observações em campo e nos relatos dos moradores os principais usos dos recursos naturais são o uso do solo para agricultura, tanto a monocultura da cana-de-açúcar quanto a agricultura de subsistência, e o uso da água para irrigação (Figura 4 e 5).

Figura 4. Plantação de cana-de-açúcar, na microbacia do riacho Cascata



Foto: Mônica Aquino. Data: 14/01/2020

Figura 5. Agricultura de subsistência na microbacia do riacho Cascata



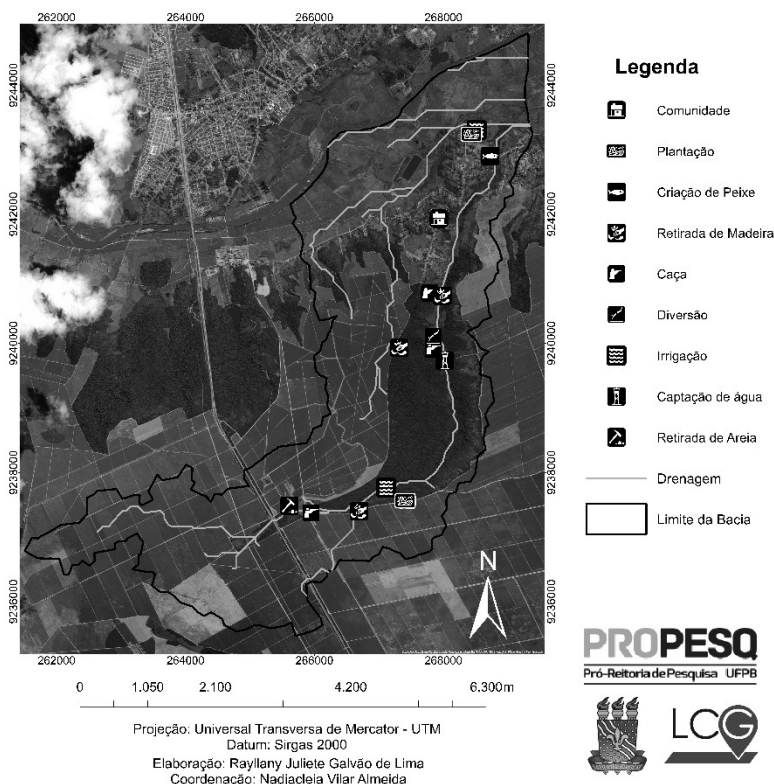
Foto: Rayllany Lima. Data: 18/10/2019

Na Figura 6 é possível observar os locais onde os moradores localizaram alguma atividade caracterizada como uso dos recursos naturais.

Os principais usos citados foram: retirada de madeira, a caça, diversão (banho), criação de peixe e pesque-pague, retirada de areia, irrigação, captação de água. Ressalta-se que foi mantida a nomenclatura utilizada pelos moradores preservando o conhecimento local conforme indicado por Araújo *et al.* (2017).

A caça é uma atividade recorrente na microbacia, sendo realizada por moradores locais. Observa-se no mapa (Figura 6) que ela ocorre nas proximidades do rio, foi registrado o uso de armadilhas para captura de animais de pequeno porte (Figura 7). Segundo relatos de moradores os animais da caça são abatidos para consumo próprio.

Figura 6. Mapeamento participativo dos usos na microbacia do Riacho Cascata, Paraíba



A água utilizada na microbacia é captada da rede de drenagem do riacho Cascata. A usina faz a captação para uso (irrigação) em seu plantio de cana-de-açúcar (Figura 8) e a comunidade capta e armazena em uma caixa d'água comunitária para uso e consumo em suas residências e, por um sistema de bombeamento para irrigar as culturas de subsistência e abastecer o tanque de piscicultura.

Os tanques de criação de peixes (piscicultura) estão inseridos em um dos lotes da comunidade. Foi construído pelo proprietário do lote um desvio do curso do riacho para abastecer

os tanques, sua produção é comercializada na comunidade e na cidade de Mamanguape, sua estrutura também é usada como área de lazer, no qual as pessoas usam o local como um pesque pague.

Figura 7: Armadilha para caça conhecida como girau.



Foto: Rayllany Lima. Data: 21/10/2019

Figura 8: Bomba de captação de água do riacho Cascata.



Foto: Rayllany Lima. Data: 18/10/2019

Os resultados gerados no mapeamento participativo com o uso de novas tecnologias de mapeamento, possibilitam a valorização do conhecimento da comunidade local em relação ao espaço e o ambiente. Corroboramos com Linhares & Santos (2017, p.56) ao afirmar que “a busca por ações mais eficientes de conservação, pode ser realizada mediante a utilização do mapeamento participativo” incluindo as necessidades locais nos projetos de planejamento e gestão ambiental.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do uso e cobertura do solo permitiu identificar a classe dominante da área (Agricultura) e, também, o nível de degradação da microbacia do riacho Cascata. O baixo percentual de vegetação natural mostra o nível de vulnerabilidade da área de estudo.

O fragmento florestal mais representativo com 383,5ha está localizado no centro da microbacia, ao longo do riacho, e concentra o maior número de atividades de uso dos recursos naturais apontadas pelos moradores da comunidade Pindobal. Os usos mais citados foram a caça, a retirada de madeira e irrigação. Muitos desse usos são realizados sem uma preocupação direta com a conservação dos ambientes naturais, ou seja, de forma não sustentável. No entanto, alguns moradores se mostraram preocupados com o meio ambiente e receptivos a adoção de práticas mais sustentáveis.

Assim, recomenda-se a realização de trabalhos futuros voltados para a educação ambiental, restauração florestal, revitalização de rios, agroecologia, entre outras áreas que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável da microbacia.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Franciele Eunice; ANJOS, Rafael Silva; ROCHA-FILHO, Gilson Brandão. Mapeamento participativo: conceitos, métodos e aplicações. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 128-140, 2017

AQUINO, M. M. F.; SILVA, E. B.; VELÔSO, T. M. G.; ALMEIDA, N. V. A Classificação Supervisionada no estudo da cobertura vegetal e do uso da terra da sub-bacia hidrográfica do Riacho Manimbu, Paraíba, Brasil. *In*: Geovani Seabra. (org.). **Terra: Mudanças Climáticas e Biodiversidade**. Ituiutaba: Barlvento, 2019. p. 1157- 1168.

ACSELRAD, Henri. (org.) **Cartografias Sociais e Território**. Rio de Janeiro: IPPUR/UFRJ, 2008.

CAMPANILI, M.; SCHÄFFER, W. B. **Mata Atlântica: manual de adequação ambiental**. Brasília: MMA/SBF, p. 96, 2010.

CEZARINO, L. O.; LIBONI, L. B. Impactos sociais e ambientais da indústria da cana-de-açúcar. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, v. 4, n. 1, p. 202-230, 2012.

COHEN, Jacob. A coefficient of agreement for. **Educational and Psychological Measurement**. New York. Vol. XX, Nº. 1, 1960

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. -- 3 ed. atualizada e ampliada. - São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

IBGE. 2015. Diretoria de Geociências. **Atlas nacional do Brasil Milton Santos**. – Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=247603>> Acesso em: 30 de junho de 2020.

LINHARES, Talita dos Santos & SANTOS, Luis Felipe Umbelino dos. Mapeamento participativo: subsídio à gestão participativa e ao manejo sustentável de recursos naturais de comunidades tradicionais. **Sociedade e Território** – Natal. Vol. 29, N. 1, p. 50 - 70. Jan./Jun. de 2017

LU, D., WENG, Q. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performace. **International Journal of Remote Sensing**. v. 28 (5), p. 823-870, 2007.

PAESE, A.; UEZU, A.; LORINI, M. L; CUNHA, A. (orgs.). **Conservação da biodiversidade com SIG**. São Paulo: oficina de textos, 2012.

QUEIROZ, Túlio B.; BALDIN, Talita; MARCHESAN, Juliana; PEDRALI, Leticia; PEREIRA, Rudiney Soares; BATISTA, Fábio de Jesus; SOUSA, Rita. Avaliação do desempenho da classificação do uso e cobertura da terra a partir de imagens Landsat 8 e Rapideye na região central do Rio Grande do Sul. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 36, n. 3, p. 569 - 578, 2017

MAYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403: 845-853.

MOREIRA, M. A. 2007. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicações**. Editora UFV, 3a ed. Viçosa, MG.

SOARES, Mayara de Fátima & ALMEIDA, Nadjacleia Vilar. **Dinâmica de crescimento urbano de uma cidade de pequeno porte no Litoral Norte do estado da Paraíba, Brasil**. In: HELENO, Edilane do Amaral *et al.* A pesquisa na universidade necessária. João Pessoa: Editora UFPB, 2020.

TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C.; BEDE, L. C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.

VARJABEDIAN, Roberto. Lei da Mata Atlântica: Retrocesso ambiental. **Estud. av.**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 147-160, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100013>

OCUPAÇÃO IRREGULAR NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE CILIARES NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO TIJUCA

Rafaela Costa de Lima
Milena Dutra da Silva
Lincoln Eloi de Araújo
Elaine Belarmino da Silva
Nadjacleia Vilar Almeida

1 INTRODUÇÃO

O avanço populacional aliado ao desenvolvimento agropecuário são fatores que contribuem para o aumento das alterações e degradações dos recursos naturais nas bacias hidrográficas, tanto em termos quantitativos como qualitativos (SILVA, 2011). A redução de áreas de vegetação nativa interfere no fluxo dos corpos d'água e na manutenção e estabilidade do solo. Desta forma, a cobertura vegetal é fundamental na qualidade ambiental e para disponibilidade dos recursos hídricos, e por essa razão deve ser preservada.

Para garantir a preservação das florestas e demais formas de vegetação foi instituído no Código Florestal Brasileiro (Leis nº. 4.771/65, nº12.651/2012 e nº 12.727/2012) a Área de Preservação Permanente (APP), definida nos Art. 3º e 4º da lei nº12.651/2012, como área coberta ou não por vegetação nativa, localizada às margens dos rios, riachos, nascentes e reservatórios, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a estabilidade

geológica, a biodiversidade, e facilitar o fluxo gênico da fauna e flora (BRASIL, 2012a; BRASIL, 2012b).

A legislação vigente determina uma área mínima de vegetação a ser mantida nas APPs, a fim de preservar as faixas marginais dependendo da largura de cada curso d'água, variando de 30 a 500 metros de APP. Na zona rural, além das APPs, instituem-se as áreas de Reserva Legal (RL), que devem ser mantidas cobertas pela floresta nativa (BRASIL, 2012a).

Mesmo diante da importância da preservação das florestas, com o passar dos anos o Código Florestal foi flexibilizado e, uma das modificações mais impactantes para as APPs foi a obrigatoriedade de recomposição das APPs ser definida em função de uma medida agrária, o módulo fiscal brasileiro (BRASIL, 2012a). Diante da importância e fragilidade desses ambientes e das pressões das atividades socioeconômicas as pesquisas que monitoram as alterações nas APPs são fundamentais, pois possibilitam verificar o ganho de produção agrícola ou a perda dos recursos naturais (CUPPINI, 2012).

O uso das geotecnologias para análise do uso e cobertura do solo, mediante informações de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permitem a aquisição e produção de elementos cartográficos, sendo estes instrumentos eficientes para modelagem do espaço geográfico e delimitação de APPs (GONÇALVES *et al.*, 2012). Tais dados e informações são fundamentais para o planejamento e gestão ambiental, sobretudo em áreas de conflito no uso e ocupação em faixas ciliares.

A microbacia hidrográfica do Riacho Tijuca e todo o entorno da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanaguape (APA-BRM) é, predominantemente, ocupada por plantações de cana-de-açúcar. O cultivo da cana-de-açúcar foi iniciado durante o Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL) em 1975, instituído pelo Governo Federal, assim ocorreu o controle

e a ocupação agrícola das terras na região, modificando a paisagem e suprimindo as reservas de Mata Atlântica que ainda existiam na área (PANET, 2002 *apud* FREIRES, 2017). A microbacia do Riacho Tijuca é um afluente da margem direita do estuário do rio Mamanguape, com área de 2.803ha, abrangendo 21 (vinte e uma) propriedades rurais. Está inserida parcialmente na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape (APA-BRM), unidade de conservação de uso sustentável, no município de Rio Tinto – PB, Litoral Norte da Paraíba.

A APA-BRM foi criada com o objetivo de conservar o habitat do Peixe-Boi Marinho (*Trichechus manatus*), os remanescentes florestais e os recursos hídricos. No entanto, os ecossistemas da APA-BRM vêm sendo alterados, principalmente, pelas atividades realizadas no seu entorno (ALMEIDA & SILVA, 2016).

A manutenção das Áreas de Preservação Permanente Ciliares (APPCs) dos rios contribuintes do estuário do rio Mamanguape, além de assegurar a oferta de importantes serviços ecossistêmicos e hidrológicos, viabiliza a conexão e interface entre o ecossistema aquático e terrestre. Nas APPCs a presença de matas ciliares possibilita, ainda, a ciclagem de nutrientes (serapilheira), ampliação do fluxo gênico enquanto corredores ecológicos, a proteção dos recursos hídricos, auxílio no equilíbrio hídrico, reduzindo o escoamento, e conseqüentemente, a ação dos processos erosivos, e assegura o bem-estar das populações humanas.

Nessa perspectiva, a presente pesquisa objetivou analisar a variabilidade espaço-temporal da formação florestal e do uso e ocupação nas Áreas de Preservação Permanentes Ciliares (cursos d'água e nascentes) em imóveis rurais na microbacia hidrográfica do Riacho Tijuca.

2 METODOLOGIA

A rede de drenagem da microbacia foi digitalizada em tela tendo como base a carta topográfica da Barra do Rio Ma-

manguape (Folha: SB-25-Y-A-VI-3-NO) publicada no ano de 1974, elaborada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) na escala de 1:25.000, através das ferramentas de vetorização do *software* ArcGis (Versão 10.6.1).

A delimitação da microbacia foi determinada a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação) da imagem de radar SRTM (Missão Topográfica de Radar Transportado), com resolução espacial de 30x30 metros, referente a folha SB-25-Y-A, disponibilizada gratuitamente no site da *United States Geological Survey* (USGS).

A delimitação das APPCs seguiu o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651/ 2012) e a resolução CONAMA nº 303/2002. A largura dos cursos d'água e a delimitação das faixas de proteção foram efetuadas por meio de métodos e técnicas em geoprocessamento no ARCGIS.

Foram utilizadas imagens de satélite Landsat-5/TM, datadas de 05/02/1985 (período seco) e 06/07/1999 (período chuvoso), e imagens Landsat-8/OLI, de 25/11/2016 (período seco) e 28/09/2018 (período seco). O período chuvoso na região ocorre entre os meses de março e agosto (média anual de 173mm); e o período seco compreende os meses entre setembro e fevereiro (ARAÚJO *et al.*, 2016). As imagens utilizadas possuem resolução espacial 30x30 metros, com percentual de cobertura de nuvens $\leq 10\%$.

Para a interpretação e classificação supervisionada das imagens Landsat-5/TM, utilizou-se a composição das bandas R5G4B3 (banda 5-vermelho, banda 4-verde e banda 3-azul); e para as imagens Landsat-8/OLI, a composição 6R5G4B (banda 6-vermelho, banda 5-verde e banda 4-azul). Foram definidas sete classes de uso e ocupação: Formação Florestal, Mangue, Corpos D'água, Agricultura, Área não vegetada, Nuvem e Sombra de

Nuvem. A classificação supervisionada utilizando o algoritmo de classificação (*Maximum Likelihood Classification*).

No Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) foram adquiridos os limites (polígonos) dos imóveis rurais inseridos na microbacia do riacho Tijuca. Procedeu-se a sobreposição das APPCs com os polígonos das propriedades rurais a fim de identificar quais propriedades possuíam APPCs. Para identificar e avaliar possíveis conflitos de uso nas APPCs foi realizado o overlay do mapeamento de cobertura vegetal e uso da terra das APPCs das propriedades rurais nos anos analisados (1985, 1999, 2016 e 2018).

Para identificar a obrigatoriedade de recomposição da cobertura vegetal nas propriedades identificadas com conflitos (Lei 12.651/2012) foram delimitados *buffers* de acordo com o número de módulos fiscais de cada propriedade.

3 USO E COBERTURA DA TERRA NAS APPCS

De acordo com os dados cadastrais fundiários, existem 21 propriedades rurais inseridas na microbacia do Riacho Tijuca. As APPCs abrangem apenas 7 destas propriedades (02, 05, 06, 14, 16, 20, 21) (Figura 2). Os imóveis 02 e 05 ocupam a maior área na microbacia abrangendo tanto o interior quanto o exterior da APA-BRM, classificados como grandes propriedades, pois possuem respectivamente 123,31 e 136,88 módulos fiscais. Os imóveis 06, 14, 16, 20, 21 são denominados minifúndios, menores que 1 módulo fiscal, e estão presentes apenas no limite externo da APA-BRM.

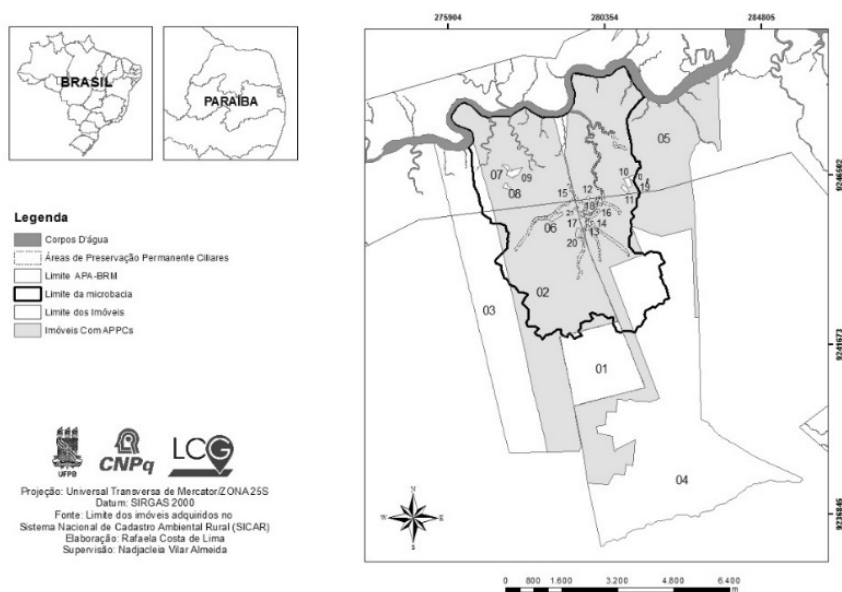
Considera-se minifúndio o imóvel rural com área inferior a 1 módulo fiscal¹, e grande propriedade o imóvel rural com área superior a 15 módulos fiscais. Ao analisar os polígonos referentes aos imóveis rurais inseridos na microbacia do Riacho Tijuca,

¹ O valor do módulo fiscal em Rio Tinto é de 16 ha

verificou-se que eles possuem extensão territorial entre 0,79ha a 2.190,0ha.

Em 1985, no imóvel 02, as APPCs com faixa de proteção de 30m possuem 9,39ha ocupadas de forma irregular, pelas classes Agricultura e Área não vegetada. No imóvel 05 são 17,33ha ocupadas indevidamente. Os imóveis 06, 14, 16, 20 e 21 apresentam poucos fragmentos de mata e a classe Agricultura predomina (Tabela 1).

Figura 2. Imóveis rurais com APPCs na microbacia do Riacho Tijuca, Rio Tinto – PB.



Em 1999 o imóvel 02 apresenta 5,94ha ocupadas de forma irregular, pelas classes Agricultura e Área não vegetada nas APPCs. O imóvel 05 apresenta 18,04ha das APPCs ocupadas irregularmente (Tabela 1). Para as pequenas propriedades, a classe Formação Florestal é registrada entre uma área de 0,02ha a 3,67ha. Não ocorrendo registro da classe mangue. Constatou-se

que as classes de uso, Agricultura e Área não vegetada ocupam todos os imóveis, exceto o imóvel 16.

Tabela 1. Quantificação do uso e cobertura da terra das APPCs inseridas nos imóveis rurais da microbacia do Riacho Tijuca, Rio Tinto-PB

Usos	Imóveis							
	2	5	6	14	16	20	21	
	Área (ha)							
1985	Formação Florestal	8,73	13,85	1,72	1,17	0,27	0,45	0,25
	Mangue	-	21,13	-	-	-	-	-
	Corpos d'água	1,45	7,75	-	0,02	-	-	-
	Agricultura	7,26	13,25	2,54	1,85	0,66	1,24	
	Área não vegetada	2,13	4,08	0,17	-	-	-	-
	Total	19,57	60,06	4,43	3,04	0,93	1,69	0,25
	1999	Formação Florestal	12,72	15,05	3,67	1,46	0,93	0,17
Mangue		0,5	22,06	-	-	-	-	-
Corpos d'água		0,53	8,21	-	-	-	-	-
Agricultura		3,79	13,16	0,67	0,08	-	1,35	0,2
Área não vegetada		2,15	4,88	0,15	1,51	-	0,18	0,03
Total		19,69	63,36	4,49	3,05	0,93	1,7	0,25
2016		Formação Florestal	10,79	15,44	4,09	2,94	0,61	1,69
	Mangue	0,03	18,16	-	-	-	-	-
	Corpos d'água	-	10,28	-	-	-	-	-
	Agricultura	5,73	6,23	0,34	-	-	-	0,14
	Área não vegetada	0,65	7,94	0,01	-	-	-	-
	Nuvem	0,03	2,65	-	0,1	-	-	-
	Sombra	1,68	1,4	-	0,01	0,32	-	-
Total	18,91	62,1	4,44	3,05	0,93	1,69	0,25	

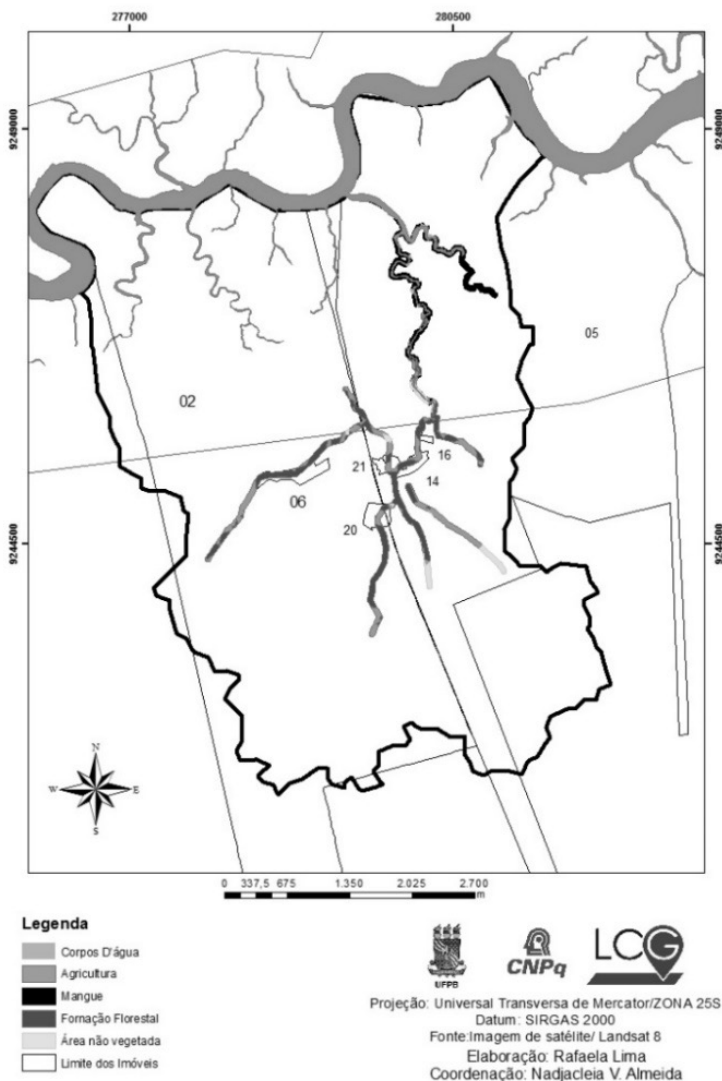
2018	Formação Florestal	10,37	13,38	3,85	1,72	0,85	0,61	-
	Mangue	-	20,96	-	-	-	-	-
	Corpos d'água	-	8,21	-	-	-	-	-
	Agricultura	8,41	12,63	0,59	1,33	0,08	1,08	0,25
	Área não vegetada	0,14	6,4	-	-	-	-	-
	Total	18,92	61,58	4,44	3,05	0,93	1,69	0,25

Fonte: Autores

Em 2016, 6,38ha do imóvel 02 eram ocupados de forma irregular, pelas classes Agricultura e Área não vegetada. No imóvel 05 14,17ha eram ocupadas indevidamente. A classe Formação Florestal está presente em todos os demais imóveis e ocorreu uma diminuição de 3,9ha na classe mangue no imóvel 05. (Tabela 1).

Em 2018, 8,55ha do imóvel 02 eram ocupadas de forma irregular, pelas classes Agricultura e Área não vegetada e no imóvel 05 19,03ha eram ocupadas indevidamente. Nos minifúndios foi registrado um aumento para a classe Agricultura e diminuição da Formação Florestal (Tabela 1 e Figura 3).

Figura 3- Uso e cobertura da terra nas APPCs da microbacia do Riacho Tijuca em 2018



No período de 1985 a 2018 em média 31% das APPCs da microbacia do riacho Tijuca foram ocupadas pela atividade agrícola (Agricultura e Área não vegetada). Essa atividade é desen-

volvuda de forma mais intensa na parte mais alta (montante) da microbacia afetando negativamente as nascentes.

A Lei 12.651/2012 específica a obrigatoriedade de recomposição das faixas marginais dos rios, as APPs, de acordo com o tamanho da propriedade e do módulo fiscal. Assim, a legislação determina que, para propriedades com menos de um módulo fiscal é obrigatória a recomposição da faixa marginal em 5 metros, para as propriedades com área superior a 4 (quatro) módulos fiscais, devem fazer a recomposição das faixas marginais de 20 (vinte) metros.

Considerando a obrigatoriedade de recomposição definida na legislação, o imóvel 06 deveria recompor 6,64ha, o imóvel 05 14,23ha, e os imóveis 06, 14, 16, 20 e 21 deveriam recompor 0,58ha. Esses dados evidenciam o conflito de uso existente e a inconformidade legal dessas propriedades diante do avanço da monocultura canavieira nas APPCs e, a conseqüente, supressão da cobertura vegetal ao longo dos cursos d'águas, como é o caso das APPCs da microbacia do Riacho Tijuca.

Vale ressaltar que todos os imóveis apresentam datas de cadastro das propriedades na plataforma do SICAR, entre os anos de 2015 e 2018, portanto de acordo com a legislação nessas propriedades é obrigatória a recomposição das APPCs.

Ressalta-se que, a classe agricultura ocupa ao longo de todo período analisado as APPCs das nascentes do Riacho Tijuca. As APPCs referente as nascentes correspondem a 2,51ha. Em 1985 2,04ha são ocupados pela agricultura, predominantemente a cana-de-açúcar, e pela Área não vegetada. Em 1999 a ocupação irregular ocupa 2,02ha das APPCs. Em 2016 diminui para 1,8ha e, em 2018, aumenta para 2,1ha com uso inadequado e que deveria ser destinada a preservação. A faixa de recomposição obrigatória das APPCs no entorno das nascentes é de 15 metros, independentemente do tamanho do imóvel (BRASIL, 2012a). Portanto

todas as propriedades devem recompor as APPCs de nascentes, totalizando 7,96ha.

Nota-se que nos anos analisados as nascentes foram impactadas negativamente pelo uso e ocupação ao longo do tempo. Entretanto, cabe fazer algumas ressalvas, apesar da região, originalmente, ser ocupada por vegetação de mata atlântica, devido à supressão da vegetação original, atualmente a área em estudo apresenta extensas áreas de atividades agrícolas, como por exemplo, a monocultura canavieira. Essas tensões ambientais impedem que vegetação natural se desenvolva, trazendo consequências negativas para as áreas das nascentes, e para APA-BRM.

Ferreira *et al.* (2011), mostram que um dos fatores associados ao modo de uso e ocupação do solo em áreas rurais, está relacionado com a pressão da antropização, variando de acordo com o tamanho da propriedade.

Em outra análise, Justino *et al.* (2019) apontam que grande parte da mata ciliar dos cursos d'águas e nascentes apresentam ocupação intensa das áreas que deveriam ser destinadas a preservação, e as classes de uso da terra superam as áreas de mata.

Apesar da importância, as matas ciliares vêm sendo ocupadas por atividades antrópicas, diante dos interesses conflitantes do uso e cobertura da terra (GONÇALVES *et al.*, 2012). A história do território brasileiro é marcada pela exploração dos recursos naturais, prejudicando a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos. Ao longo do tempo, contínuas extensões de matas foram devastadas para dar espaço à agricultura e pecuária (RIBEIRO *et al.*, 2005).

A mata ciliar é estabelecida naturalmente em faixas marginais dos rios e riachos, no entorno de lagos e nascentes, consistindo como um importante suporte para o equilíbrio do ecossistema (CASTRO, 2015). Atuam como corredores ecológicos, quando presentes ao longo dos cursos d'águas e ligadas aos fragmentos

florestais, proporcionando a passagem da fauna (KUNTSCHIK *et al.*, 2011).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do mapeamento de uso e cobertura da terra nas APPCs dos cursos d'águas e nascentes da microbacia hidrográfica do Riacho Tijuca e do confronto dos imóveis rurais, foi possível observar que as disposições legais do Código Florestal Brasileiro (12.651/2012) não estão sendo cumpridas.

Nas APPCs do curso hídrico ocorreu perda de vegetação, e o aumento da classe de uso Agricultura, ao longo dos tempos. Isto reverbera a inserção de monocultura canavieira e outras atividades de subsistências em substituição a vegetação original (formações florestais).

As APPCs no entorno das nascentes, para todos os anos analisados, encontram-se parcialmente ocupadas pela classe Agricultura e Área não vegetada, ocorrendo a perda da vegetação natural, com o avanço dos anos. As presentes alterações tornam as margens das nascentes vulneráveis aos processos erosivos e demandam atenção com fins de evitar o assoreamento e, ou, prejuízos a qualidade da água. Destaca-se, aqui, a necessária adequação das propriedades rurais à legislação ambiental brasileira e a recuperação e preservação das matas ciliares.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L.E.; SILVA, F.D S.; ALENCAR, H.N.; SANTOS, E.C.A.; SANTOS, K.A. **Variabilidade Climática da APA da Barra do Rio Mamanguape-Paraíba**. In: ALMEIDA, N.V. & SILVA, M.D. (Org). Geotecnologias e Meio Ambiente: analisando uma Área de Proteção Ambiental. João Pessoa, PB. Ed. FeF Gráfica e Editora, 2016

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF.

CONAMA. **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA; “Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente”; publicada no Diário Oficial da União em 20/03/2002; Brasília, DF.

BRASIL. Lei n. 12.727, de 25 de maio de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. 2012a. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, p.1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm. Acesso em: 10 março de 2020.

BRASIL. Lei n. 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. 2012b. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, p.1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm. Acesso em: 10 março de 2020.

CASTRO, M. N. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Eletrônica de educação da Faculdade Araguaia**. v. 4, n. 4, 2015, p. 230-241.

CUPPINI, D., DECIAN, V., ROVANI, I., DE QUADROS, F. R., & ZOTTI, N. Análise das áreas de preservação permanente em uma propriedade rural sob o enfoque do Código Florestal Federal (Brasil 1965) e Lei 12.727/2012. **Revista Perspectiva**. 36(135), 2012, 41-51.

FERREIRA, R. A., AGUIAR NETTO, A. D. O., SANTOS, T. I. S., SANTOS, B. L., & MATOS, E. L. D. Nascentes da sub-bacia hi-

drográfica do rio Poxim, estado de Sergipe: da degradação à restauração. **Revista Árvore**, 35(2), 2011, 265-277.

FREIRES, J. L. Dinâmica espaço temporal da cobertura vegetal da sub-bacia hidrográfica do Rio Tinto. **Monografia** (Bacharelado em Ecologia) – Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto, 2017.

GONÇALVES, A.B. *et al.* Mapeamento das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na sub-bacia hidrográfica do Rio Camapuã/Brumado. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, 2012, p. 759-766

JUSTINO, R. C., MATAVELI, G. A. V., KAWAKUBO, F. S., GUERRERO, J. V. R., & Chaves, M. E. D. Mapeamento do uso da terra e áreas de preservação permanente (APP) nas bacias hidrográficas dos rios São Tomé e Machado, sul de Minas Gerais. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, 9(1), 50-65, 2019.

KUNTSCHIK, D. P., EDUARTE, M., & UEHARA, T. H. K. Matas ciliares. 1 ed. São Paulo: SMA. v.7, p.84, 2011.

RIBEIRO, C. A. A. S., SOAREES, V. P., OLIVEIRA, A. M. S., & GLERIANI, J. M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista árvore**, 29(2), 203-212, 2005.

SILVA, M. P. Planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego da Olga, UGRHI Pontal do Paranapanema–São Paulo: inventário e diagnóstico. **Monografia** (Engenharia Ambiental). Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/ UNESP, 2011.

SICAR/RT. **Sistema de Cadastro Ambiental Rural**. Disponível em:< <http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>>. Acesso em: 26 de março de 2020.

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM ESCOLAS PÚBLICAS LOCALIZADAS NA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE GUARABIRA/PB

Mirelly Bezerra Costa
Patrícia Tavares de França
Joel Silva dos Santos

1 INTRODUÇÃO

Diversas pesquisas acadêmicas, a exemplo das desenvolvidas por Costa (2012), Grzybowski (2004); Marçal (2016), Moraes (2009), Tibiriçá (2008) e Tondo (2017), têm revelado interesse nos estudos sobre o conforto térmico em ambientes escolares, apontando diversas causas e consequências relacionadas ao ambiente construído e a bioclimatologia local. Nesse sentido, devido ao seu caráter interdisciplinar, esse tema tem sido alvo de investigação científica por vários profissionais de inúmeras áreas do conhecimento científico: arquitetura e urbanismo; engenharia civil; ciências ambientais; engenharia mecânica; engenharia de produção; desenho industrial; geografia; ecologia, educação dentre outros (QUEIROZ, 2015). Sendo assim, a temática se reveste de um caráter interdisciplinar e importância fundamental na propositura de soluções sustentáveis e de Políticas Públicas de planejamento ambiental desses ambientes construídos na perspectiva da bioclimatologia humana.

Diversos ambientes de ensino apresentam sérios problemas relacionados ao conforto térmico, pois muitas vezes foram

construídos sem levar em consideração o clima da região e os princípios da arquitetura bioclimática (PIZARRO, 2018). Dentre as diversas consequências ocasionadas pela problemática em questão, pode-se destacar: a insatisfação dos usuários com o desconforto térmico; o desempenho acadêmico afetado pelo desconforto térmico e a falta de padrões específicos para a elaboração do projeto arquitetônico que leve em consideração as condições do microclima local (GRAÇA, 2004). Tais condições podem comprometer as funções laborais, o bem-estar e a saúde de populações inseridas em ambientes insalubres.

Marçal *et al.* (2018), em pesquisa de campo observando a percepção ambiental dos estudantes em uma instituição de ensino superior de Belo Horizonte, verificaram o desconforto térmico como um dos fatores destacados pelos estudantes como prejudicial no processo de ensino e aprendizagem. De forma semelhante, Jiang *et al.* (2018) investigaram a temperatura e o desempenho de aprendizagem no noroeste da China, e com isso, observaram que o desconforto térmico com altas e baixas temperaturas impactam negativamente no desempenho dos estudantes em sala de aula. Mudanças na temperatura de um ambiente podem causar problemas de saúde que afetam as habilidades do aluno em com atividades que exigem concentração e atenção (BURGOS, GRIGOLETTI & PAIXÃO, 2015).

A relação entre conforto térmico e espaço escolar aponta para a necessidade de projetos arquitetônicos que levem em consideração as condições climáticas locais, ou seja, os princípios bioclimáticos para um projeto arquitetônico sustentável.

Dessa forma, vale destacar que outro problema verificado nas escolas tem sido a adoção de projetos arquitetônicos padronizados que não levam em consideração o clima local. A pesquisa descrita por Graça & Kowaltowski (2004), realizada em quinze escolas na cidade de Campinas-SP, revelou que as salas de aula

dessas escolas são consideradas desconfortáveis devido à falta de proteção contra insolação direta sobre os usuários. Muitas vezes, na elaboração do projeto de uma edificação escolar, o tempo disponível no processo de criação da proposta arquitetônica é restrito e as condições de conforto térmico não são tomadas como um princípio do projeto inicial. Ou seja, não se leva em consideração os princípios da arquitetura bioclimática, especialmente num país com dimensões territoriais como o Brasil, que apresenta uma diversidade climática variada ao longo do seu território. Diante disso, alguns autores apontam a importância de criar padrões específicos para salas de aulas que considerem as suas particularidades quanto ao clima local, (CHOAS, 2016; GRAÇA & KOWALTOWSKI, 2004; MORAES, 2009; MUELLER, 2007). Dessa forma, os princípios da arquitetura bioclimática são imprescindíveis na concepção do projeto arquitetônico.

Dessa forma, é diante deste contexto que surge a necessidade de se realizar esse estudo, que tem como objetivo principal, diagnosticar as condições de conforto térmico em escolas públicas localizadas no interior do Estado da Paraíba, especificamente na Região Geográfica Imediata de Guarabira nos municípios de Dona Inês/PB e Pirpirituba/PB. As escolas definidas para a pesquisa foram a E.E.F.M. Gov. Clóvis Bezerra Cavalcanti e a escola E.E.E.F. Monsenhor Walfredo Leal.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

Para a realização da pesquisa, foram definidas duas importantes escolas públicas localizadas na Região Geográfica Imediata de Guarabira: a E.E.E.F.M. Gov. Clóvis Bezerra Cavalcanti,

situada no município de Dona Inês/PB e a E.E.E.F. Monsenhor Walfredo Leal localizada no centro da cidade de Pirpirituba/PB.

2.2 Procedimentos Metodológicos

Para a realização da pesquisa, inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico a respeito da temática em questão. Como já destacado anteriormente, os critérios a serem adotados para a escolha das escolas foram: O tempo integral de funcionamento dos estabelecimentos de ensino, o fato de ser uma escola pública e as salas de aulas apresentarem segurança para os equipamentos e não possuírem ar condicionado. Após esse levantamento preliminar, as escolas públicas foram visitadas para o reconhecimento de campo (aspectos do seu espaço geográfico) e definição das salas de aulas a serem monitoradas.

Para uma melhor compreensão do ambiente físico, preliminarmente foi feita uma caracterização física das salas de aulas a serem monitoradas complementadas por atividades de campo através das visitas *in loco* visando descrever a configuração espacial e o padrão arquitetônico das salas de aula, bem como, suas dimensões, espessura das paredes, orientação solar, presença de ventilação, uso de ar condicionado, tipologia das janelas, existência de elementos de proteção solar e materiais dos elementos construtivos.

Para a obtenção dos dados microclimáticos de temperatura e umidade relativa do ar, foram utilizados aparelhos do tipo termo higrômetro HOBO Data Logger U-10 (Figura 1), que ficaram alocados em uma sala de aula de cada escola investigada.

Figura 1. Termo-higrometro HOBO Data Logger U-10



Foi definida uma sala de aula a ser monitorada em cada escola investigada, em função do número de aparelhos e da segurança dos equipamentos. Os aparelhos ficaram a 1,5 de altura e foram programados para realizarem as leituras em intervalos ininterruptos de 1 em 1 hora durante no período de 02 de março a 10 de março do ano de 2020. Vale destacar, que estava prevista uma segunda etapa de campo, mas em função da pandemia não foi possível realizar a segunda etapa da pesquisa de campo.

Para a avaliação do conforto térmico da sala de aula, foi utilizado o Índice de Desconforto Térmico (IDT), desenvolvido por Thom (1959), onde nele é possível estabelecer uma relação entre temperatura média e umidade relativa do ar. Também foi utilizado as faixas de sensações térmicas ajustadas para regiões tropicais para a classificação do IDT.

O Índice de Thom é calculado a partir da seguinte equação:

$$\text{IDT} = T - (0,55 - 0,0055 \cdot \text{UR}) \cdot (T - 14,5)$$

Em que T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%).

Para a caracterização do nível de desconforto térmico, utilizou-se a classificação de Santos (2011), ajustada para condições tropicais, apresentada na Tabela 1:

Tabela 1. Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições de clima tropical.

Faixas	IDT (° C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 24,0	Confortável
2	24 ≤ IDT ≤ 26,0	Parcialmente confortável
3	26 < IDT < 28,0	Desconfortável
4	IDT ≥ 28,0	Muito desconfortável

Fonte: Santos (2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização Física das salas de aulas monitoradas na E.E.E.F.M. Gov. Clóvis Bezerra Cavalcanti e na E.E.E.F. Monsenhor Walfredo Leal

A sala de aula da E.E.E.F.M. Gov. Clóvis Bezerra Cavalcanti (Figura 2) atende alunos do turno integral. Não apresentando padrões arquitetônicos que levem em consideração os princípios da arquitetura bioclimática. Verificou-se que a sala de ensino não apresenta aparelho de ar condicionado, possuindo apenas 2 janelas laterais e uma única porta de entrada e saída do ambiente.

Figura 2. Sala de ensino da E.E.E.F.M. Gov. Clóvis Bezerra Cavalcanti



A sala de aula da E.E.E.F. Monsenhor Walfredo Leal (Figura 3) atende alunos nos dois turnos: manhã/tarde. Vale destacar, que esta sala também não apresenta padrões arquitetônicos que levem em consideração os princípios da arquitetura bioclimática. Verificou-se que a sala apresenta 06 janelas e 03 ventiladores. Todas as janelas estão voltadas para a face Oeste, recebendo assim, incidência solar no período da tarde.

Figura 3. Sala de ensino da E.E.E.F. Monsenhor Walfredo Leal



3.2. Avaliação do Índice de Desconforto Térmico nos ambientes de ensino investigados

Em relação ao índice de desconforto térmico da sala de aula monitorada na E.E.E.F.M. Gov. Clóvis Bezerra Cavalcanti localizada na zona urbana do município de Dona Inês/PB, foi possível observar a variação do IDT entre parcialmente confortável a muito desconfortável no período investigado. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2019) ao investigar ambientes de ensino no Campus IV da Universidade Federal da Paraíba.

Verifica-se, que não foi encontrado em nenhum horário condições de conforto térmico favoráveis na sala monitorada (Tabela 2).

Tabela 2. Comportamento Médio do IDT referente à sala de aula da cidade de Dona Inês/PB

Horário das aulas	IDT	Faixa de identificação do IDT de Santos (2011)
08H0min0s	25,6	Parcialmente Confortável
09H0min0s	26,0	Desconfortável
10H0min0s	26,3	Desconfortável
11H0min0s	26,5	Desconfortável
12H0min0s	26,7	Desconfortável
13H0min0s	27,0	Desconfortável
14H0min0s	27,4	Desconfortável
15H0min0s	27,6	Desconfortável
16H0min0s	27,9	Desconfortável

Observa-se também na Tabela 2, o comportamento crescente do IDT ao longo do dia durante todo o período monitorado. O menor IDT encontrado ocorreu no início do dia às 08 horas e o maior IDT ocorreu no período da tarde às 16 horas. Santos (2018) apontou condições semelhantes para escolas públicas localizadas na capital paraibana. Tais condições de desconforto térmico podem ocasionar uma série de problemas, no que diz respeito, ao bem-estar e saúde de professores e alunos inseridos nesses ambientes de ensino em condições insalubres. Além disso, tais condições podem dificultar o processo de ensino e aprendizagem dos discentes nesses ambientais em condições de desconforto térmico. A adoção de medidas de intervenção visando o planejamento desses espaços orientados pelos princípios da arquitetura bioclimática torna-se urgente.

Em relação ao índice de desconforto térmico da sala de aula monitorada na E.E.E.F. Monsenhor Walfredo Leal localizada na zona urbana do município de Píripituba/Pb, verifica-se um comportamento semelhante ao da sala de aula monitorada na

E.E.E.F.M. Gov. Clóvis Bezerra Cavalcanti . Ou seja, novamente não foi encontrado nenhum IDT em condições confortáveis durante o período das medições. O menor IDT foi encontrado no início da manhã às 08 horas e o maior IDT ocorreu no período da tarde conforme apresenta a Tabela 03. Nesse caso em particular, todas as faixas de medições do IDT foram classificadas como desconfortáveis.

Tabela 3. Comportamento Médio do IDT referente à sala de aula da cidade de Pirpirituba/PB

Horário das aulas	IDT	Faixa de identificação do IDT de Santos (2011)
08H0min0s	26,5	Desconfortável
09H0min0s	27,0	Desconfortável
10H0min0s	27,2	Desconfortável
11H0min0s	26,9	Desconfortável
12H0min0s	26,8	Desconfortável
13H0min0s	26,4	Desconfortável
14H0min0s	27,1	Desconfortável
15H0min0s	27,4	Desconfortável
16H0min0s	27,6	Desconfortável

Observando o IDT das duas escolas investigadas e o padrão arquitetônico das mesmas, destaca-se a falta de planejamento e organização do ambiente de ensino, no que se refere à construção dos espaços escolares e os padrões arquitetônicos. Também podemos destacar a falta de ventilação adequada, as cores escuras do teto e paredes, a radiação solar direta, a falta de saída adequada de ventilação e a umidade relativa do ar nos ambientes.

Tudo isso pode ter várias consequências no processo de ensino e aprendizagem e afetar psicologicamente e fisiologicamente os discentes e docentes (KOVALTOWKI, 2011). Resultados semelhantes foram encontrados por Santos (2018) e Silva

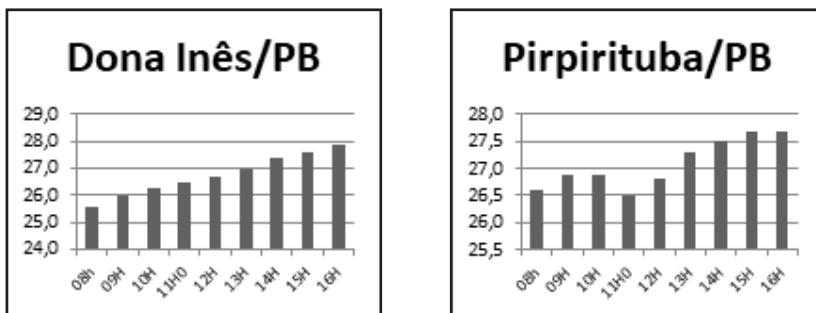
(2019) em ambientes de ensino na região metropolitana de João Pessoa/PB.

3.4 Análise comparativa do comportamento do IDT entre as duas salas de aula monitoradas

Segundo as análises comparativas do comportamento do IDT as duas salas de aulas se enquadraram na faixa 3 de sensação térmica considerada desconfortável em quase todos os horários monitorados. Pelo comportamento da figura observa-se também um aumento da temperatura sempre no período da tarde devido à absorção de calor pelos materiais de construção.

Santos (2018) e Silva (2019) apontam que o desconforto térmico também pode ocorrer por várias características físicas do entorno do espaço geográfico escolar. A retirada da vegetação, a impermeabilização, a verticalização, dentre outros fatores também podem contribuir para gerar condições de desconforto térmico ambiental em espaços públicos e no interior de ambientes construídos, como escolas públicas em áreas de forte rigor climático como as faixas tropicais do globo. Tais características foram observadas no entorno das escolas investigadas e também podem ter potencializado o desconforto térmico nas salas de aula, principalmente pela falta de sombreamento próximo as janelas.

Figura 4. Análise comparativa do comportamento médio do IDT nas salas de aulas monitoradas nas duas escolas investigadas



No que diz respeito aos valores das médias horárias do IDT de todo período observado, verifica-se que o IDT mais elevado foi encontrado na sala de aula da E.E.E.F. Monsenhor Walfredo Leal, com o valor de 27,7 entre os horários das 15 e 16 horas. Os valores de menor IDT foram encontrados em ambas as salas de aulas 26,5 no período da manhã. Observa-se assim, que a média de temperatura mais elevada dos ambientes de ensino monitorados ocorreu as 15 e 16 horas classificadas como muito desconfortável em ambas as salas. E as menores médias ocorreram em horários diferenciados em relação aos dois pontos monitorados: na (sala 01) ocorreu as 13hrs e na (sala 02) ocorreu as 11hrs. Conforme as análises comparativas do comportamento do IDT nas duas salas monitoradas durante o período de investigação, ambas bem destacadas na Figura 4, verificam-se que praticamente todas as médias do IDT do período avaliado foram consideradas desconfortáveis. Os alunos sofrem com condições de desconforto térmico desde o início ao término do dia letivo. Isso pode acarretar em problemas de saúde, déficit de atenção e rendimento abaixo da média no processo de ensino e aprendizagem. Santos (2018) ressalta a importância da manutenção de temperatura estáveis em salas de aula para a realização de atividades educativas, pois ambientes insalubres causam diversos efeitos sobre a saúde humana. Nesse sentido, vários estudos apontam que o desconforto térmico também pode ocorrer por várias características físicas do entorno do espaço geográfico escolar. A retirada da vegetação, a impermeabilização, a verticalização, dentre outros fatores também podem contribuir para gerar condições de desconforto térmico ambiental em espaços públicos e no interior de ambientes construídos, como escolas públicas em áreas de rigor climático com as faixas tropicais do globo. Essas características foram observadas no entorno das escolas investigadas e também

podem ter potencializado o desconforto térmico, principalmente pela falta de sombreamento próximo as salas e janelas da escola.

A pesquisa se reveste de importância especialmente, no que diz respeito, a adoção de Políticas Públicas que levem em consideração os princípios da arquitetura bioclimática no planejamento escolar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. As salas de aula das escolas investigadas apresentaram valores altos de temperatura e umidade relativa do ar no período monitorado. O Índice de conforto térmico nas escolas investigadas variou entre parcialmente confortável, muito desconfortável e desconfortável de acordo com o índice de Thom adaptado por Santos (2011) para regiões tropicais;

2. Os valores mais altos do Índice de conforto térmico ocorreram no período da tarde. Sendo que, no período da manhã as salas de aula também apresentaram IDT parcialmente confortável à desconfortável. Ou seja, durante todo o período integral os alunos e professores estão submetidos a condições de trabalho insalubres;

3. Os dados de IDT analisados não apresentam nenhum valor confortável. A pesquisa ressalta o quanto são inapropriadas as condições de conforto térmico no qual estão submetidos alunos e professores das escolas investigadas;

4. A partir da situação observada, pode-se afirmar que as condições de desconforto térmico estão relacionadas aos materiais de construção das salas de aulas investigadas, das características do entorno de cada escola e do seu projeto arquitetônico que não leva em consideração os princípios da arquitetura bioclimática;

5. Fazem-se necessárias medidas urgentes de planejamento do ambiente construído, levando em consideração os princípios da bioclimatologia humana na promoção de um projeto arquitetônico sustentável para os ambientes das duas escolas investigadas.

REFERÊNCIAS

BURGOS E., GRIGOLETTI G., PAIXÃO D. **Otimização do conforto ambiental no espaço escolar: uma visão sustentável**. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS, Brasil. 2015.

CHOAS, Mona Lisa Lobo de Souza. **Sobre as características do espaço arquitetônico facilitadoras do ensino-aprendizagem na universidade**. Tese. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília. 2016.

COSTA, Ana Márcia Viana da. **Adequação de edificações escolares ao contexto climático de Maceió-AL**, com vistas à otimização de seu desempenho térmico. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura. 2012.

GRAÇA, Valéria Azzi Collet da; KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornélie. **Metodologia de avaliação de conforto ambiental de projetos escolares usando o conceito de otimização multicritério**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 19-35, jul./set. 2004.

GRZYBOWSKI, Graziella Toledo. **Conforto térmico nas escolas públicas em Cuiabá – MT**: Estudo de caso. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, 2004.

GRAÇA, Valéria Azzi Collet da; KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornélie. **Metodologia de avaliação de conforto ambiental de projetos escolares usando o conceito de otimização multicri-**

tério. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 19-35, jul./set. 2004.

JIANG, Jing; WANG, Dengjia; LIU, Yanfeng; XU, Yanchao; LIU, Jiaping. **A study on pupils' learning performance and thermal comfort of primary schools in China. Building and Environment.** 2018). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318301082>. Acesso em: 9 de outubro de 2018.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. *Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino.* São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p.57-60, 1959.

MARÇAL, Viviane Gomes. **Análise de índices de conforto térmico não convencionais:** uma avaliação em ambiente escola. Tese doutorado. Universidade Federal de Ouro Preto, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2016.

MARÇAL, Viviane Gomes; SOUZA, Henor Artur; COELHO, Fernanda Fonseca de Melo; MARÇAL, Caio Cesar Sousa. **Relevância e percepção do conforto térmico no processo de aprendizagem em sala de aula.** B. Téc. Senac, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, maio/ago. 2018.

MORAES, Clélia Mendonça de. **Conforto térmico em salas de aula no Brasil:** análise experimental e numérica. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP: [s.n.], 2009.

MORAES, Clélia Mendonça de. **Conforto térmico em salas de aula no Brasil:** análise experimental e numérica. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP: [s.n.], 2009.

MUELLER, Cecília Mattos. **Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental:** o processo metodológico para elaboração de um anteprojeto. Dissertação de mestrado. Faculdade de

Arquitetura e Urbanismo USP, Programa de Pós-graduação, São Paulo, 2007.

PIZARRO, P. R. **Estudo das variáveis do conforto térmico e luminoso em ambientes escolares**. Dissertação. Bauru: UEP, 178p. 2018.

QUEIROZ, Gabriel Ramos; Naiara Karin Schimaniak; Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos; Giane de Campos Grigoletti. Autodesk Revit® como ferramenta BIM aplicada à simulação térmica de edificações. **Revista de Arquitetura IMED**, 4(2): 33-41, jul./dez. 2015.

SANTOS, D, G. **Estudo das condições de conforto térmico em quatro escolas de tempo integral no município de João Pessoa (PB)**. Dissertação de Mestrado, 67-84 p. 2018.

SILVA, A. M. P. Estudos das condições do conforto térmico ambiental e ilha de calor no Centro de Ciências Aplicadas e Educação/ UFPB/ CAMPUS IV. Monografia (Bacharelado em Ecologia). Universidade Federal da Paraíba- João Pessoa, 2019.

THOM, E. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n.1, SANTOS, J. S. **Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida**. Campina Grande: UFCG, 108p. Tese de Doutorado. 2011.

TIBIRIÇÁ, André Luiz Serrato. **Educação e Conforto Térmico: questionamentos e interpretações sobre espaço escolar**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Juiz de Fora. 2008.

TONDO, Gabriela Hanna. **Influência das estratégias bioclimáticas no desempenho térmico em edifícios escolares**. Dissertação de mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de pós-graduação em engenharia civil. Joinville, 2017.

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E SUA RELAÇÃO COM OS CASOS DE DENGUE NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA - PB

Alexander Macena Gabinio de Carvalho
Anne Falcão de Freitas
Joel Silva dos Santos

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais desencadeiam uma sequência de fatores que estão ligados ao equilíbrio das populações humanas e a questões de ordens ecológicas (Silva *et al.*, 2007). Tais alterações são sentidas diretamente nas cidades e torna-se alvo cada vez mais crescente do estudo da Ecologia Urbana.

Nesse sentido Santos (2011) destaca, que o processo de industrialização acelerou a urbanização, o avanço tecnológico e o crescimento populacional, implicando na extração dos recursos naturais e redução de áreas verdes, resultando na degradação do meio ambiente e no acréscimo significativo na difusão de gases poluentes, motivadores do efeito estufa. Tais alterações contribuem em mudanças na química da atmosfera e do clima, proporcionando o aumento da temperatura, surgimento de ilhas de calor e desconforto térmico, gerando consequências graves sobre o bem-estar e saúde da humanidade.

Segundo Confalonieri (2003) o aquecimento global potencializará a ocorrência de doenças tropicais ocasionadas por vetores, como dengue, febre amarela e malária. Tais doenças são tidas como endêmicas, pois ocorrem em países da zona intertropical e se expandem para regiões extratropicais. Dentre as principais

doenças que ocorrem em áreas urbanas e tem uma relação direta com as condições climáticas, pode-se exemplificar a dengue. Segundo os dados apresentados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), milhares de gente todos os anos são infectadas no planeta. Aproximadamente 550 mil pessoas carecem de atendimento hospitalar em razão da dengue, onde 20 mil falecem em decorrência da epidemia.

No Brasil são registrados, entre 50 a 100 milhões de casos por ano, isso significa que entre $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{2}$ da população brasileira tem dengue todos os anos (Brasil, 2005). Atualmente quase todo território nacional é afetado pela dengue, pois, as condições climáticas de regiões tropicais são favoráveis à propagação de seu vetor. A dengue e outras arboviroses estão associadas diretamente à supervivência e multiplicação do *Aedes aegypti* – a fêmea desse culicídeo - que se reproduz em condições climáticas favoráveis (CÂMARA *et al.*, 2009). Sendo assim, percebe-se que cidades localizadas no Nordeste brasileiro apresentam condições favoráveis para a proliferação do *Aedes aegypti*, (PEREDA *et al.*, 2010), suscitando assim, preocupação dos diversos órgãos de planejamento urbano e saúde pública.

Perante este quadro esta pesquisa se apresenta, com o objetivo principal de analisar a influência das condições climáticas nos casos de dengue na cidade de João Pessoa/PB entre os anos 2007 e 2016.

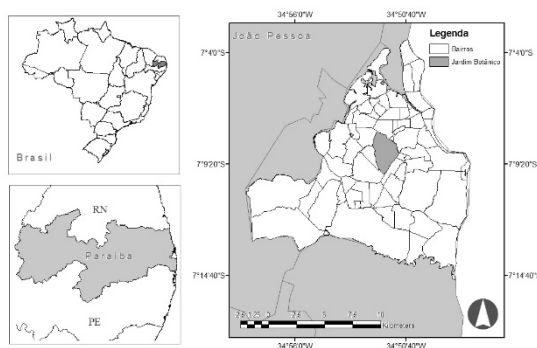
A pesquisa parte da hipótese que as condições climáticas da cidade de João Pessoa/PB, têm influenciado a ocorrência de dengue nos últimos dez anos, pois tais epidemias estão ligadas às elevadas taxas de temperatura e pluviosidade, condições ideais para o clímax reprodutivo do *Aedes aegypti*.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

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

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



Fonte: Carvalho, Alexander M. G. 2017

O clima da cidade é do tipo Tropical Úmido e o período chuvoso na cidade vai de abril a julho e seu período mais seco está compreendido entre os meses de setembro a dezembro (SANTOS, 2011).

Nos últimos anos o município de João Pessoa/PB tem crescido expressivamente. Em 1970 a cidade apresentava 221.052 habitantes, e atualmente o último censo demográfico realizado pelo IBGE (2010), constatou 723.514 habitantes. Em 2017 o município apresentou estimativa de 811.598 mil habitantes IBGE (2017) e configura-se atualmente como uma cidade de porte médio, ten-

do seu território quase todo urbanizado, o que reduz bastante a cobertura vegetal e fragmentos de Mata Atlântica no perímetro urbana; remodelando o aspecto geográfico da cidade e consecutivamente o clima local (SANTOS, 2011).

2.2 Procedimentos metodológicos

O presente estudo propõe uma metodologia de trabalho pautada na contextualização da problemática com caráter interdisciplinar e holístico através do tratamento quanti-qualitativo dos dados da pesquisa, que possibilitará ao final do estudo, a aplicabilidade de seus resultados em programas de planejamento ambiental e saúde pública da capital, João Pessoa/PB.

Para a execução deste trabalho, a priori foi realizado um inventário bibliográfico e documental a respeito da temática em questão. Para o tratamento dos dados climatológicos (temperatura e precipitação) e de saúde (quantificação dos casos de dengue) foi utilizado a análise estatística descritiva, onde os dados foram dispostos em gráficos e tabelas e interpretados à luz da fundamentação teórica da pesquisa.

A estatística descritiva tem por finalidade a organização e o resumo didático dos dados em tabelas e diagramas. Para a tabulação dos dados foi utilizado a planilha eletrônica do programa Microsoft Excel®. Os dados foram plotados e transformados em gráficos mensais e anuais e interpretados.

2.3 Levantamento de dados sobre os casos de dengue

Os dados referentes a quantificação de casos confirmados de dengue do município de João Pessoa, no período de 2007 a 2016, foram obtidos através de dados secundários coletados junto ao Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN, por meio do endereço eletrônico <http://sinan.saude.gov.br/sinan/>.

O mecanismo de coleta dos dados investigados tratou-se de uma planilha do programa Microsoft Excel®. Posteriormente à coleta de dados, ocorreu o procedimento de tabulação a partir da referida planilha eletrônica.

2.4 Levantamento de dados climáticos

Os dados de temperatura e pluviosidade foram coletados no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) da estação meteorológica do município de João Pessoa por meio do endereço eletrônico <http://www.inmet.gov.br/portal/>. A série climatológica utilizada compreende os anos de 2007 a 2016.

A ferramenta de coleta dos dados investigados tratou-se de uma planilha do programa Microsoft Excel®. Posteriormente à coleta dos dados, ocorreu o procedimento de tabulação a partir da referida planilha eletrônica. Em seguida, os dados foram plotados em gráficos mensais e anuais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

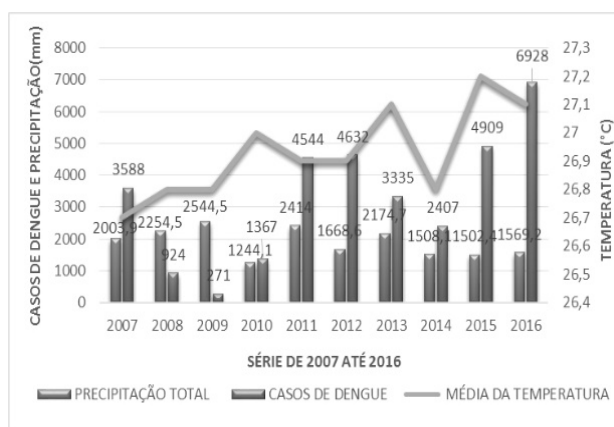
3.1 Avaliação das condições climáticas e sua relação com os casos de dengue no município de João Pessoa/PB (2007 – 2016)

Na Figura 2, a qual apresenta o percentual de casos de dengue confirmados e a série climatológica entre os anos de 2007 a 2016, é possível observar uma relação entre os anos mais quentes e os casos da doença registrados na capital que podem potencializar a proliferação do *Aedes aegypti*.

Santos (2011), afirma que as mudanças nos ambientes naturais podem potencializar o acréscimo das temperaturas nas cidades, alterando assim, o microclima local com consequências adversas para a população em geral. Assim, como o crescimento das cidades é outro aspecto extremamente significativo para o acréscimo da temperatura do ar, as mudanças nos padrões de

temperatura e pluviosidade associadas a falta de infraestrutura pode potencializar a proliferação do *Aedes aegypti*. Tais fatores, podem proporcionar condições favoráveis, como água parada, seja pelo barramento das águas pluviais através do entupimento das galerias fluviais ou em recipientes abertos que serve de criadouros para o vetor da dengue, aumentando assim, a propagação e transmissão de doenças (PEREDA *et al.*, 2010).

Figura 2. Casos de dengue e sua relação com a temperatura e precipitação entre os anos de 2007-2016 no município de João Pessoa, PB. Fonte: Carvalho, Alexander M. G. 2017



Ao longo da série avaliada foi verificado um total de 32.905 casos registrados de dengue para a área de estudo. Aproximadamente 70% dos casos estão notificados entre os anos de 2012 a 2016 (Figura 2). Nos cinco primeiros anos da série (2007 a 2011), somente 2011 apresentou taxa acima de 4000 casos da doença (Figura 2). Também é possível observar que a partir de 2011 os números de casos são bem mais expressivos, como no caso do ano de 2012, 2015 e 2016, que apresentaram taxas acima dos 4000 casos por ano.

Dessa forma, pode-se observar que o aumento gradativo da média da temperatura ao longo dos anos correspondeu proporcionalmente ao aumento do número de casos de dengue no

município de João Pessoa/PB ao longo da série investigada (Figura 2). Lozano-Funetes *et al.* (2012), destacam que mudanças nas condições climáticas, e especialmente no regime de suas variáveis térmicas e hídricas, podem proporcionar maior abundância e difusão de vetores, exemplo da dengue.

Vale ressaltar, que de acordo com a série climatológica observada, os anos que apresentaram média da temperatura anual entorno de 26,8°C, apresentam baixos índices de casos de dengue. O ano de menor número de casos da doença, observado na série investigada foi o de 2009 com 271 casos (Figura 2). Por outro lado, os anos que apresentaram temperatura média de 27°C, obtiveram os maiores índices da doença conforme Figura 2. Observa-se que os números de notificações obtidas para o ano de 2016 foram os maiores, com 6.928 casos de dengue, um dos maiores registrados para a série climatológica estudada. Nesse caso, a média encontrada foi de 27,1°C, sendo a segunda mais alta, ficando abaixo apenas de 2015 que apresentou 27,2°C, considerado o ano mais quente da série climatológica (Figura 2).

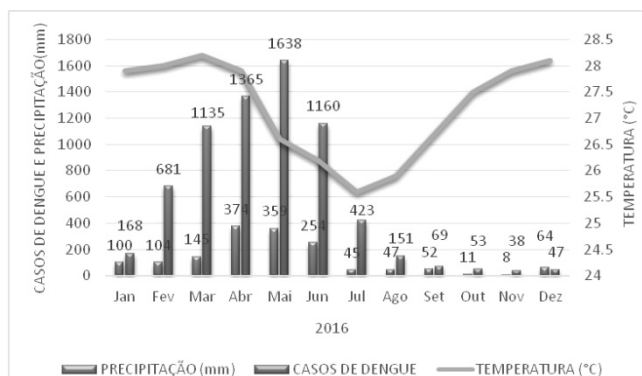
Verificando o comportamento da série climatológica e o número de casos de dengue, pode-se afirmar que o acréscimo dos casos da dengue acompanhou proporcionalmente o aumento da média da temperatura anual entre os anos de 2007 e 2016. Conforme Pereda *et al.* (2010) elementos ambientais, como temperaturas elevadas e incidência de precipitação colaboram de forma significativa para reprodução do mosquito, e como efeito, um acréscimo no registro de casos da doença.

3.2 Avaliação das condições climáticas e sua relação com os casos de dengue no município de João Pessoa/PB entre os períodos secos e chuvosos para os anos de 2009 e 2016

Como observado na Figura 2, os anos de 2009 e 2016 apresentaram valores discrepantes para os demais anos da série climatológica investigada: 2009 apresentou baixas temperaturas e alto índice de pluviosidade e 2016 baixo índice de pluviosidade e altas temperaturas.

Na Figura 3, observa-se que os casos de dengue no ano de 2016 seguem um modelo de sazonalidade. Os números de notificações obtidas são de 6.928 casos, o maior para a série climatológica. A Figura 3, demonstra que aproximadamente 84% dos casos ocorreram no primeiro semestre do ano de 2016, apresentando o maior registro de casos da doença no mês de maio (1.638 casos). Por outro lado, novembro apresentou o menor índice, com apenas 38 casos de dengue. Em trabalho efetuado na cidade de Cascavel-PR, Antônio *et al.* (2015), verificou que a maior ocorrência do número de casos aconteceu na época de transição entre o ciclo seco e o início do chuvoso, corroborando assim, com os dados da presente pesquisa.

Figura 3. Relação de casos de dengue com a precipitação e temperatura do ar no ano de 2016 no município de João Pessoa: período seco e chuvoso. Fonte: Carvalho, Alexander M. G. 2017



Portanto, verifica-se que entre os meses de março a junho de 2016 (período de transição entre a estação seca e chuvosa na área de estudo) ocorreram valores acima, de mil casos de dengue no município de João Pessoa/PB. (Figura 3). Segundo Bezerra (2006), a temperatura benéfica ao ciclo de vida do *Aedes aegypti* apresenta-se entre 21°C e 29°C, para fertilidade e uma longa duração de vida dos adultos, entre 22°C e 30°C. Os picos de temperatura de 18°C e 34°C destaca aspectos nocivos sobre o crescimento e a fecundidade do inseto. Levando em conta que a temperatura padrão para o desenvolvimento do vetor estar entre 21°C e 29°C, isso pode explicar o aumento no registro de casos da doença no momento de transição climática na área de estudo.

Segundo Antônio *et al.* (2015), fatores de ordem socioeconômicas e políticos também podem contribuir para sua proliferação, já que o avanço da dengue estar intimamente associada as vulnerabilidades socioambientais da população.

No que diz respeito ao regime pluviométrico, a cidade de João Pessoa exibe uma estação chuvosa se dá início em março e se prolonga até meados de agosto, sendo os meses de abril, maio e junho os de maior relevância de acordo com o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Os meses de abril, maio, junho equivalente aos meses mais chuvosos do ano de 2016, com 374,3 mm, 359,7 mm, 254,7 mm, de acúmulo pluviométrico. Isso aponta para uma possível relação entre os casos de dengue e a precipitação na área de estudo (Figura 3).

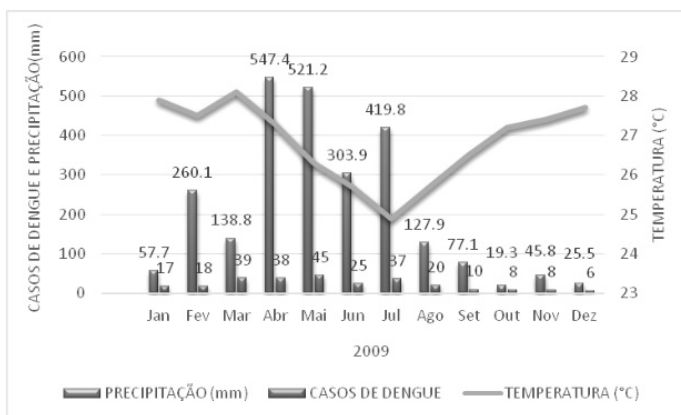
As estações chuvosas são suscetíveis à propagação da doença, pois a procriação necessita da existência de água. A proliferação da dengue é mais evidente no fim do período seco e durante o período chuvoso, como já observado anteriormente. Os números mais expressivos de casos de dengue do período analisado foram notificados nos meses de março, abril, maio e junho, que correspondem respectivamente a 1.135, 1.365, 1.638 e

1.160 casos (Figura 3), onde o maio apresentou o ápice de casos notificados.

Tais dados, corroboram com o alerta de Silva *et al.* (2007), onde afirmam que a disseminação da dengue é enfatizada devido as altas temperaturas e o acúmulo de água da chuva em lugares propício (objetos descartados e estruturas côncavas), recipientes descartáveis e no extrato domiciliar. Tais lugares servem de criadouro ao mosquito transmissor.

Apesar de demonstrar valores pluviométricos bem maiores, 2009 foi o ano que apresentou o menor índice da doença, com 271 casos notificados no ano, dos quais aproximadamente 70% dos casos ocorreram no primeiro semestre do referido ano (Figura 4). Diferentemente de 2016, não houve a combinação do aumento de temperatura com os elevados índices pluviométrico em 2009. A temperatura média anual de 26,8°C, foi considerada uma das mais baixas da série climatológica de 2007 a 2016 (Figura 2). Tais condições climáticas, podem ter afetado a proliferação do mosquito transmissor.

Figura 4. Relação de casos de dengue com a precipitação e temperatura do ar ano de 2009 no município de João Pessoa. Fonte: Carvalho, Alexander M. G. 2017



Comportamento semelhante ao ano de 2016 ocorreu em função do número de casos da doença registrados entre os meses de abril, maio e junho, sendo maio também, o mês de maior ocorrência da doença. Por outro lado, o mês de dezembro apresentou o menor índice, com apenas 6 casos de dengue, Figura 4. Isso ressalta novamente a relação direta do número de casos e a precipitação, já que os períodos mais secos apresentaram os menores números de casos de acordo com as Figuras 3 e 4. Câmara e tal. (2009), ressalta que as epidemias de dengue ligadas propriamente ao seu principal vetor ocorrem nos meses mais quentes do ano e início do período chuvoso, época do clímax reprodutivo do *Aedes aegypti*. A taxa metabólica do vetor tem seu ápice nos meses quentes, sintetizando seu ciclo evolutivo em até oito dias ou expandindo até 22 dias nos meses mais frios.

No ano de 2009, os maiores volumes pluviométricos foram nos meses de abril, maio, junho e julho que correspondem respectivamente a 547,4mm, 521,2mm, 303,9mm, 419,8mm de acúmulo pluviométrico (Figura 4).

Segundo Oliveira *et al.* (2007), em épocas de muita chuva, ocorre o escoamento superficial, que acarreta na lavagem das formas imaturas para fora dos possíveis criadouros, impossibilitando seu desenvolvimento. O que não se constatou no ano de grande epidemia 2016, já que o índice pluviométrico foi bem menor e o número de casos expressivamente maior, apesar de apresentar a mesma sazonalidade com relação a ocorrência de casos. O ápice dos casos ocorrerem, comumente, com intervalo de aproximadamente um a dois meses depois do aumento da temperatura e das chuvas. Ou seja, é exatamente no período de transição entre a época seco e chuvoso que ocorre o aumento dos casos de dengue.

Gonçalves & Rebelo (2004), conseguiram apontar uma ligação positiva entre a quantidade de ocorrência da doença com a

precipitação, que amplia respectivamente a quantidade de criadouros para o crescimento das larvas do vetor, fornecendo condições favoráveis e adequadas para a dispersão da doença.

Observou-se uma diferença na distribuição dos casos entre os anos, assim como na pluviosidade e temperatura. Os casos de dengue em 2009 tiveram valores mais homogêneos com relação a sua distribuição mensal, tanto é que o período de maior ocorrência foi mais amplo abrangendo mais meses do que em 2016, que teve um período menor de ocorrência, mas uma maior concentração de casos, com taxas bem mais elevadas.

O ano de 2016 também apresentou uma distinção bem acentuada em relação aos períodos seco e chuvoso, essa heterogeneidade não ocorreu em 2009, pois as chuvas se apresentaram melhor distribuídas durante o ano, principalmente no primeiro semestre do ano, o que caracteriza um ano mais chuvoso, além da temperatura se apresentar mais amena, devido ao resfriamento que pode ter sido proporcionado por conta do alto índice pluviométrico.

Por fim, vale destacar que as variações climáticas não são os únicos fatores para proliferação do *A. aegypti* que também estão associadas a vulnerabilidade socioambiental da população.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os resultados obtidos em relação às influências das condições climáticas sobre as epidemias de dengue no município de João Pessoa/PB, no período de 2007 a 2016, foi possível constatar que:

1. Na série climatológica analisada observou-se que as elevadas temperaturas durante os períodos chuvosos favorecem a proliferação da doença transmitida pelo *A. aegypti*. O período de março a junho destaca-se como os meses mais suscetíveis a uma

epidemia de dengue no município de João Pessoa, pois trata-se do período de transição entre a quadra mais seca e o início da quadra chuvosa na área de estudo. Nota-se uma sazonalidade semelhante entre os anos avaliados, onde os maiores valores relacionados ao número de casos de dengue estão nos meses mais quentes e úmidos compreendidos no intervalo de transição entre a época mais seca e a chuvosa;

2. Observou-se que a incidência do agravo se apresenta congruente à elevação dos índices pluviométricos e às flutuações da temperatura no primeiro semestre de cada ano;

3. O ano de 2009 apresentou o menor índice de casos da doença para a área de estudo e o ano de 2016 o maior índice de casos. Isso demonstra que a baixa média da temperatura do ar e o elevado índice pluviométrico, contribui para baixa incidência de casos na área de estudo;

4. A temperatura do ar é um elemento climático crucial para o desenvolvimento do mosquito adaptados às regiões de clima tropical;

5. Políticas Públicas de prevenção da doença devem ser realizadas também levando em consideração o comportamento da dinâmica climática da área de estudo.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J.O. **O clima e o Homem. In: Introdução a Climatologia para os Trópicos.** Rio de Janeiro: Bertrand, p. 286-321. 1991.

ANTONIO, G.; PEDER, L.D.; SILVA, C.M. **Influência das alterações climáticas nos casos de dengue nos anos de 2007 a 2011 na cidade de Cascavel – PR.** Revista Saúde e Biologia 10, 06-14. 2015

BESERRA, E. **Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba.** Public Health 35, 853-860. 2006.

BRASIL – Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Dengue: Diagnóstico e Manejo Clínico**. 2. ed. Brasília: Diretoria Técnica de Gestão, 2005.

CÂMARA, F.P.; GOMES A.F.; SANTOS, G.T.; CÂMARA, D.C.P. **Clima e epidemias de dengue no Estado do Rio de Janeiro**. Revista da Sociedade Brasileira e Medicina Tropical 42, 137-140. 2009.

COSTA, E.A.P *et al.* **Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae)**. Revista Brasileira de Entomologia 54, 488-493. 2010.

CONFALONIERI U.E.C. **Variabilidade Climática, Vulnerabilidade Social e Saúde no Brasil**. 20, 193-204. 2003.

GONÇALVES N.V.S.; REBELO, J.M.M. **Aspectos epidemiológicos da dengue no município de São Luís, Maranhão**. Brasil, 1997-2002. Cad. Saúde Pública. 20, 1424-1431. 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso no dia 07 de janeiro de 2018. 2010.

INMET - Instituto Nacional de METEOROLOGIA. <http://www.inmet.gov.br/portal/>, 2017. Acessado no dia 10/01/2018.

LOZANO-FUENTES, S. *et al.* **The dengue virus mosquito vector *Aedes aegypti* at high elevation in México**. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 87, 902-909. 2012.

OLIVEIRA, C.L., BIER, V.A., MAIER, C.R., RORATO, G. M., FROST, K. F., BARBOSA, M. A., SCHNORRENBERGER, S. C. W., LANDO, T. T. **Incidência da dengue relacionada às Condições climáticas no município de Toledo - PR**. Rev. Arq. Ciênc. Saúde Unipar 11, 211-216. 2007.

PEREDA, P.C.; ALVES, D.C.O.; RANGEL, M.A. **Elementos Climáticos e Incidência de Dengue: Teoria e Evidências para Municípios Brasileiros**. São Paulo 2010. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ocs/index.php/sbe/EBE11/paper/>> acesso em 01 de abril de 2018.

SANTOS, J.S.S.; SILVA, V.P.R.; ARAÚJO, L.E., LIMA, E.R.V.; COSTA, A.D.L. **Análise das condições do conforto térmico em ambiente urbano: estudo de caso em Campus Universitário**. Revista Brasileira de Geografia Física 2, 292-309. 2011.

SILVA, J.S.; MARIANO, Z.F.; SCOPEL, L. 2007. **A influência do clima urbano na proliferação do mosquito *Aedes aegypti* em Jataí (GO) na Perspectiva da Geografia Médica**. Hygeia 3, 33-49. 2007.

SINAN - **Sistema de Informação de Agravos de Notificação**. Disponível em: <http://sinan.saude.gov.br/sinan/>. Acesso 08 de nov 2017.

HABITATS URBANOS SOB A ÓTICA DA ECOLOGIA URBANA NA CIDADE DE SANTA RITA - PARAÍBA

Milca Laís da Luz Macieira
Leonardo Figueiredo de Meneses
Joel Silva dos Santos

1 INTRODUÇÃO

Durante a Segunda Conferência Mundial sobre Assentamentos Humanos realizada em 1996, os dados apresentados pela Organização das Nações Unidas (ONU) mostraram que a taxa de crescimento da população urbana mundial desde a década de 1950 foi muito elevada (SILVA & TRAVASSOS, 2008).

O ano de 2008 marcou o momento em que a população urbana mundial ultrapassou os 50%. Dez anos depois alcançou a marca de 55% e a previsão é que em 2050 este valor ascenda a 66% da população mundial, o que representaria aproximadamente 6 bilhões de pessoas (ONU, 2014). Contudo, as áreas urbanas correspondem a apenas 2,4% da superfície terrestre do planeta (MEA, 2005; MEXIA *et al.*, 2018), o que sugere grandes adensamentos populacionais.

Nesse contexto, o aumento populacional e a elevada expansão urbana acarretam diversos problemas sociais e ambientais. Esse debate ganhou destaque mundial com a Conferência de Estocolmo, em 1972, onde a qualidade ambiental das áreas urbanas começou a ser discutida, com o intuito de melhorar a salubridade desses espaços construídos (GONÇALVES, 2010; MOREIRA, 2002).

A referida conferência incorporou o conceito de ecossistema na compreensão das cidades surgindo, assim, o conceito de ecossistema urbano (REHBEIN & ROSS, 2010) que consiste na integração e metabolismo entre os espaços naturais e modificados.

Padoan (2014) destaca que, para o ecossistema urbano sobreviver, faz-se necessária a importação de uma série de recursos naturais e, em contrapartida, as cidades exportam produtos manufaturados, tecnologia e resíduos sólidos, líquidos e gasosos devido sua baixa capacidade de reciclagem.

Neste sentido, a ecologia urbana traz uma importante contribuição no estudo de alternativas para o desenvolvimento humano, objetivando compatibilizar os espaços urbanos com a capacidade de suporte do ambiente. E, auxilia ainda na descoberta de um ponto de equilíbrio que permita a conservação dos ecossistemas naturais, essenciais a toda forma de vida e o desenvolvimento urbano (TÃO *et al.*, 2017 p. 302).

É nesse contexto que esta pesquisa se insere, tendo, como objetivo principal, identificar os habitats urbanos com ênfase na importância das áreas verdes urbanas para a promoção da sustentabilidade na cidade de Santa Rita/PB.

2 METODOLOGIA

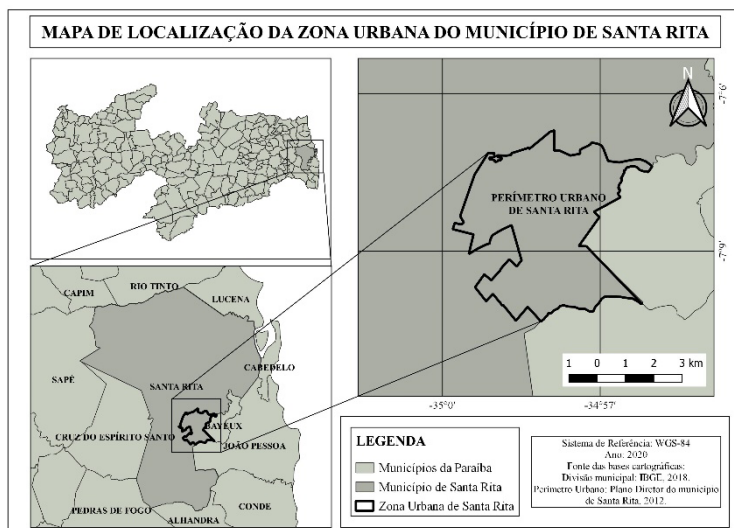
2.1 Área de Estudo

O município de Santa Rita se localiza na Região Metropolitana de João Pessoa, capital da Paraíba (Figura 01) sendo a terceira cidade do estado em população, com aproximadamente 120.310 habitantes (IBGE, 2010). Desses, 16.593 em área rural e 103.717 em área urbana, totalizando 86,2% de grau de urbanização.

O clima regional é considerado como tropical úmido, com índices relativamente elevados de umidade relativa do ar e temperaturas médias anuais em torno dos 26°C (AZEVEDO *et al.*, 2017), apresentando os maiores índices de pluviosidade nos meses de abril, junho e julho (ANDRADE & JERONIMO, 2015; PEREIRA *et al.* 2012).

Em relação a vegetação, é composta em sua maioria, por Floresta Subperenifolia com remanescentes de Mata Atlântica, matas de restingas e manguezais, com partes de Floresta Subcaducifolia (MARQUES, 2014).

Figura 1. Mapa do limite urbano da cidade de Santa Rita



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

No que se refere aos compartimentos geomorfológicos, o município encontra-se inserido no setor oriental úmido e subúmido (BARBOSA & BARBOSA, 2016; CARVALHO, 1982). Na área de estudo observam-se os Baixos Planaltos Costeiros e as Planícies Fluviais marcados principalmente, por várzeas ou planícies aluviais, mangues, tabuleiros e restingas.

Do ponto de vista hidrográfico, insere-se em parte das bacias do Rio Paraíba, do Miriri e Gramame, apresentando diversos afluentes e subafluentes desses rios, assim como riachos e açudes, além das praias fluviais situadas na zona rural (BARROS, 2006; CPRM, 2005).

O município apresenta expressivo acervo histórico e, desde o início do povoamento da Paraíba, foi sede de vários engenhos de cana-de-açúcar. Nas últimas décadas do século XX, o município foi marcado por um expressivo processo de urbanização. Enquanto a população rural registrou uma redução de 27% entre 1970 e 2010, a população urbana apresentou um significativo crescimento de 240% nesse mesmo período, ou seja, uma taxa de urbanização de 57,53% em 1970 e crescimento para 86,21% em 2010 (AGUIAR, 2012 p. 56).

Dessa forma, com o núcleo urbano consolidado o município passa a sofrer uma modificação na paisagem, visto que, o que antes eram áreas verdes, deu lugar ao aglomerado urbano, frente à demanda por moradias.

2.2 Procedimentos Metodológicos

A primeira etapa da pesquisa foi o levantamento bibliográfico realizado através de buscas por trabalhos científicos e pesquisa documental com o objetivo de caracterizar a área de estudo. Já a segunda parte se deu pela identificação dos habitats urbanos através de mapeamento e atividades de campo. A classificação dos habitats urbanos baseou-se em Adler e Tanner (2015), os quais dividem os habitats em quatro categorias diferentes:

- **construídos:** compreendem basicamente as construções humanas, sendo que para o estudo foi tomado tanto as áreas urbanas já consolidadas quanto as áreas que estão em estágio de expansão.

- **de resíduos:** locais que foram em grande parte substituídos pelo lixo humano.
- **aquáticos:** cobertos principalmente ou parcialmente por água, podendo ser recém criados ou modificações de corpos d'água anteriores ou estabelecidos por seres humanos. Nesse estudo foram mapeadas apenas as áreas de açudes, pequenas lagoas e áreas alagadas. Os rios foram inseridos apenas como representação de corpos hídricos inseridos na paisagem, visto que estão anexados dentro do habitat urbano, porém, não entraram no cálculo de área.
- **verdes:** são cobertos basicamente por plantas e variam em tamanho, uso, gerenciamento e regime de perturbação. Para o mapeamento desse tipo de habitat foram consideradas todas as áreas que apresentavam cobertura vegetal, homegeneizando a classificação quanto ao uso, forma de gerenciamento e grau de perturbação.

A identificação e mapeamento dos habitats urbanos foi feita por meio das imagens de satélite do Google Earth, utilizando-se técnicas da fotointerpretação, buscando interpretá-las de acordo com sua cor, forma, tamanho, padrão, textura e sombra. Optou-se por este método pelo fato de já se ter um conhecimento prévio da área estudada e por ser possível validar os resultados em campo.

Após a vetorização, os dados foram inseridos no *software* livre QGIS, onde foi possível gerar o mapa final e calcular as áreas de cada habitat.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

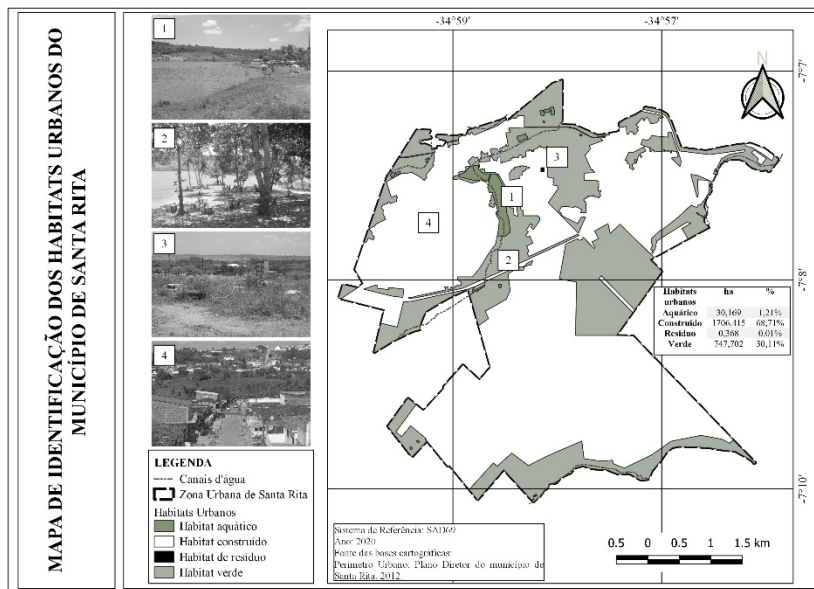
Observando-se a Figura 2 verifica-se que mais da metade da área urbana (68,71%) é classificada como habitat construído e

que 30,11% da área urbana do município de Santa Rita/PB é composto por habitats verdes imprescindíveis para a manutenção da qualidade de vida da população.

A expansão do habitat construído na área de estudo está diretamente ligada ao fato do município de Santa Rita ser o segundo núcleo de povoamento mais antigo da Paraíba e o primeiro povoado que contribuiu para a fixação de engenhos e de uma comunidade em seu interior (SANTOS, 2013).

Outro fator que também pode ter contribuído para a construção da cidade foi que nos tempos do Brasil Colônia, Santa Rita foi um local de pernoite para viajantes que tinham como destino a Capital. No início da colonização, para comerciantes, nativos, escravos, exploradores e colonizadores irem à Capital, tinham que fazer um grande percurso e Santa Rita ficou conhecida como lugar de pousio para os viajantes. Ao longo dos anos, diante das necessidades, foram sendo construídas as primeiras casas, que se multiplicaram, fazendo surgir em pouco tempo um novo povoado e a expansão do núcleo urbano (AGUIAR, 2016; SILVA, 2008).

Figura 2 Identificação dos tipos de habitats na zona urbana do município de Santa Rita



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Atualmente a população se concentra significativamente na zona urbana que apresenta um grande centro industrial, com a implantação e funcionamento de indústrias de vários setores. O município também conta com empresas que se beneficiam das fontes de água mineral comuns na região. Esses elementos tornam o município no terceiro maior pólo industrial do Estado.

Apesar do avanço da malha urbana nas últimas décadas a cidade de Santa Rita/PB ainda apresenta 30,11% de sua área territorial urbana constituída por habitats verdes, possuindo algumas áreas verdes conservadas em meio ao espaço urbano. Porém, é notável a ausência de planos de manejo para esses espaços, que prestam diversos serviços ecossistêmicos para a população local.

Com a visita de campo, foi possível identificar *in loco* diversos impactos ambientais que ocorrem nessas áreas, tais como

depósito de entulhos variados e acúmulo de lixo, que podem comprometer o bem-estar e a saúde da população.

Vale destacar que o município de Santa Rita também tem como base econômica o setor agrícola, o qual fornece geração de emprego e renda à população local. Nesse sentido, é possível identificar nos quintais ou terrenos das casas, algumas áreas destinadas ao plantio de tubérculos e cultivo de hortaliças, frutas e verduras, representando assim, pequenos habitats verdes.

No que diz respeito aos habitats aquáticos, destaca-se a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, em torno da qual, a cidade se desenvolveu (FRAZÃO, 2016). A bacia possui vários afluentes e subafluentes, e caracteriza-se por ter um regime de escoamento perene e o padrão de drenagem dendrítico em todas as estações do ano, contendo também, corpos de acumulação d'água, lagoas, açudes e áreas alagadas que anexam-se dentro do ambiente urbano e dividem espaço com espécies de plantas aquáticas.

Em relação ao habitat de resíduos, verificou-se na malha urbana do município um ponto de destinação final (inapropriada) de resíduos. Os resíduos encontrados nesse ponto da cidade variam desde resíduos domiciliares à sucatas de veículos. A ocorrência dessa área na zona urbana se dá pela “transformação” do habitat verde em lixão.

Como já destacado anteriormente, dentre os habitats urbanos encontrados na área de estudo, os habitats verdes desempenham um importante papel na manutenção da biodiversidade, qualidade do ar e, conseqüentemente, bem-estar da população. No caso específico de áreas urbanas, os habitats verdes fornecem serviços ecossistêmicos de regulação microclimática, purificação da atmosfera urbana e composição de espaços de encontro e troca social (serviços culturais) (BARGOS & MATIAS, 2011). Tais serviços oferecem à população uma melhoria de qualidade ambiental no que se refere ao bem estar humano e a saúde pública

(SZEREMETA & ZANIN, 2013). Por esse motivo observa-se a importância da criação e conservação das áreas verdes em ambientes urbanos, especificamente na cidade de Santa Rita/PB.

Segundo Gómez-Baggethun & Barton (2012) e Fernandes & Botelho (2016) os serviços ecossistêmicos prestados por áreas verdes urbanas contribuem para mitigar externalidades ambientais negativas associadas ao processo de urbanização das cidades.

Conforme, o Art. 8º, § 1º, da Resolução CONAMA Nº 369/2006, considera-se área verde:

“o espaço de domínio público que desempenhe função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização”.

Chan *et al.* (2016) descreve que a importância dos espaços verdes urbanos se aplicam também aos valores relacionais de interações com a natureza, no que diz respeito aos efeitos emocionais, psíquicos e de envolvimento entre as pessoas em um determinado local, como por exemplo, as praças urbanas (Figura 03).

Figura 3. (a) Praça do Coreto e (b) Praça Getúlio Vargas, Centro de Santa Rita. Fotos: Milca Macieira, 2020



Nesse contexto, é imprescindível a adoção de políticas públicas de ordenamento e planejamento ambiental na área de estudo com o intuito de manter e conservar os espaços verdes na cidade, bem como desenvolver atividades de educação ambiental junto a população, criar parques urbanos e conservar a vegetação nativa remanescente (principalmente, matas ciliares) para minimizar problemas ambientais, como, desconforto térmico e poluição, que podem ser vetores de desequilíbrio ambiental com consequências adversas para a população local.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os tipos de habitats no perímetro urbano de Santa Rita, foi possível observar que o habitat verde divide grande parte da paisagem com o urbano. Porém, convém ressaltar a inexistência de um planejamento urbano organizado por políticas de gestão ambiental que contemplem os habitats verdes e aquáticos sob uma ótica de proteção.

Visando proporcionar à população uma melhoria na qualidade de vida e uma compensação aos danos da urbanização frente a expansão urbana, o estudo sugere a implantação de algumas medidas simples que poderiam amenizar esses danos, como exemplo, criação e manutenção de parques e praças, plantio de árvores adequadas a esses ambientes, hortos florestais e construção de jardins públicos.

REFERÊNCIAS

ADLER, F. R.; TANNER, C. J. **Ecosistemas Urbanos Princípios Ecológicos para o Ambiente Construído**. Tradução de Maria Beatriz de Medina. 1. ed. [S.l.]: Oficina de Textos, 2015.

AGUIAR, J. A.A. **A participação social no processo de planejamento urbano**: um estudo sobre o Plano Diretor Participativo do

Município de Santa Rita – PB. 2012. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) PPGEUA. UFPB. João Pessoa, 2012.

AGUIAR, F.P.M. **Santa Rita, Sua História, Sua Gente**. 2.ed. São Paulo: Clube de Autores, 2016.

ANDRADE, M.N.M.M.; JERONIMO, C.E.M. Diagnóstico de arborização do espaço urbano da cidade de João Pessoa, PB. **REGET**. v.19, n. 3, p. 194-208, set-dez, 2015.

AZEVEDO, J.V.V.; SANTOS, C.A.C.; SILVA, M.T.; OLINDA, R.A.; SANTOS, D.A.S. Análise das variações climáticas na ocorrência de doenças respiratórias por influenza em idosos na região metropolitana de João Pessoa – PB. **Rev. Sociedade & Natureza**. v. 29, n. 1, p. 123-135, mai/ago, 2017.

BARGOS, D.C.; MATIAS, L.F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revsbau**, v. 6, n. 3, p. 172-188. 2011.

BARROS, S.R.R.C. **Estudo da partição de metais traço em uma linha d'água de um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita-PB**. 2006. 80f. Dissertação (Mestrado em Química) UFPB, João Pessoa, 2006.

CARVALHO, M.G.R.F. **Estado da Paraíba: classificação geomorfológica**. Editora da UFPB, 67 p. 1982.

CHAN, K.M.A.; BALVANERA, P.; BENESSAIAH, K.; CHAPMAN, M.; DÍAZ, S.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; GOULD, R.; HANNAHS, N.; JAX, K.; KLAIN, S.; LUCK, G. W.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; MURACA, B.; NORTON, N.; OTT, K.; PASCUAL, U.; SATTERFIELD, T.; TADAKI, M.; TAGGART, J.; TURNER, N. Opinion: why protect nature? Rethinking values and the environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 6, p.1462-1465, feb. 2016.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 369, de 28 de março de 2006.** “Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP”. Brasília, Brasil. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489> Acesso em 13 de out. 2020.

EVANGELISTA, M. **Contribuição dos indicadores de sustentabilidade na gestão urbano ambiental.** 2015. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ecologia) Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, São Paulo, 2015.

FERNANDES, L.S.; BOTELHO, R.G.M. Proposta Metodológica de Priorização de Municípios para Implantação de Programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). **Ambiente e Sociedade**, v. 19, n. 4, p. 85-104, 2016.

FRAZÃO, B.O. **Percepção de risco em áreas de inundação na cidade de Santa Rita, Paraíba.** 2016. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) UFPB, João Pessoa, 2016.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; BARTON, D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecological Economics**, v. 86, p. 235-245, 2012.

GONÇALVES, N.F.H. **Espaços verdes no planeamento urbano sustentável.** 2010. 218 f. Dissertação (Mestrado em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

MARQUES, C.H.V. **A feira livre e o mercado público de Santa Rita – PB.** 2014. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) UFPB. João Pessoa, 2014.

MEA – Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being**. Washington: Island Press, 2005. Disponível em: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> Acesso em: 13/10/2020.

MEXIA, T.; VIEIRA, J.I.; PRÍNCIPE, A.; ANJOS, A.; SILVA, P.; LOPES, N.; FREITAS, C.; SANTOS-REIS, M. CORREIA, O.; BRANQUINHO, C.; PINHO, P. Ecosystem services: urban parks under a magnifying glass. **Environmental Research**, v. 160, p. 469-478, 2018.

MOREIRA, A.C. **Conceitos de ambiente e de impacto ambiental aplicáveis ao meio urbano**. Material didático da disciplina de pós-graduação AUP, 2002.

ONU – United Nations. **World urbanization prospects: the 2014 revision**. New York: United Nations, 2014. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf> Acesso em: 08 de outubro de 2020.

PADOAN, L. L. F. Ecosistemas Urbanos: Uma perspectiva analítica das cidades. In: XI Convibra: Administração, 2014, Online. **Anais...** online, 2014.

PEREIRA, M.; MONTEIRO, D.; SILVA, N.; MOURA, M. Avaliação quantitativa das precipitações diárias intensas na cidade de João Pessoa, Paraíba. **Revista Geonorte**, v.1, n.5, p. 921- 929, 2012.

REHBEIN, M.O.; ROSS, J.L.S Ambiente; urbano; impacto - impacto ambiental urbano: revisões e construções de significados. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, n. 27, p. 95-112, 2010.

SANTOS, C.L. **Aspectos físicos e o uso do solo na microbacia do Rio da Ribeira, município de Santa Rita – PB**. 2013. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) UFPB. João Pessoa, 2013.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Santa Rita, estado da Paraíba.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16322/Rel_Santa_Rita.pdf?sequence=1> Acesso em: 25 abr. 2018.

SILVA, L.S.; TRAVASSOS, L. Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas. **CADERNOS MetrÓpole**. n. 19, p. 27-47, 2008.

SILVA, E.V. **Caverna dos índios: importante patrimônio natural no município de Santa Rita-PB.** 2008. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) UFPB, João Pessoa, 2008.

SZEREMETA, B.; ZANNIN, P. H. T. A importância dos parques urbanos e áreas verdes na promoção da qualidade da vida em cidades. **Revista Ra'eGa**, v. 29, p. 177-193, 2013.

TÃO, N.G.R.; FAUSTINO, A.S.; SILVA, R.S.; PERES, R. B. Convergências dos campos urbano e ambiental em propostas conceituais que visam a sustentabilidade urbana: avanços e desafios. **Thésis**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 3, p. 299-317, jan./out. 2017.

GEODIVERSIDADE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO CARIRI PARAIBANO

Sidney Crystian Oliveira de Medeiros
Bartolomeu Israel de Souza
Leonardo Figueiredo de Meneses

1 INTRODUÇÃO

Elementos geomorfológicos considerados singulares constituem um patrimônio que possui significados e valores, podendo ser enquadrados em contextos científicos, econômicos, ambientais, históricos, estéticos, socioculturais e outros (VIEIRA, 2008). Tais elementos guardam, por isso, um valor científico-educacional, histórico-cultural, estético e/ou econômico-social significativo (REYNARD & PANIZZA, 2005).

Entendida como a proteção e valorização do geopatrimônio, a geoconservação envolve conhecimento científico, divulgação à sociedade, (geo)turismo, (geo)educação, legislação adequada e iniciativas inteligentes por parte de técnicos e gestores públicos e privados, entidades governamentais e organizações do terceiro setor (BORBA, 2011).

Dotada de uma diversidade geológica/geomorfológica excepcional, onde de acordo com Lages *et al.* (2013 p.3) são poucas as regiões no mundo que possuem características geológicas e paisagísticas semelhantes, a Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri surge como uma Unidade de Conservação (UC) de caráter excepcional do ponto de vista geomorfológico.

O objetivo desse trabalho é identificar, valorar e caracterizar os Locais de Geodiversidade Superlativa (LGS) da APA do Cariri Paraibano, sob a perspectiva da geomorfologia, com o in-

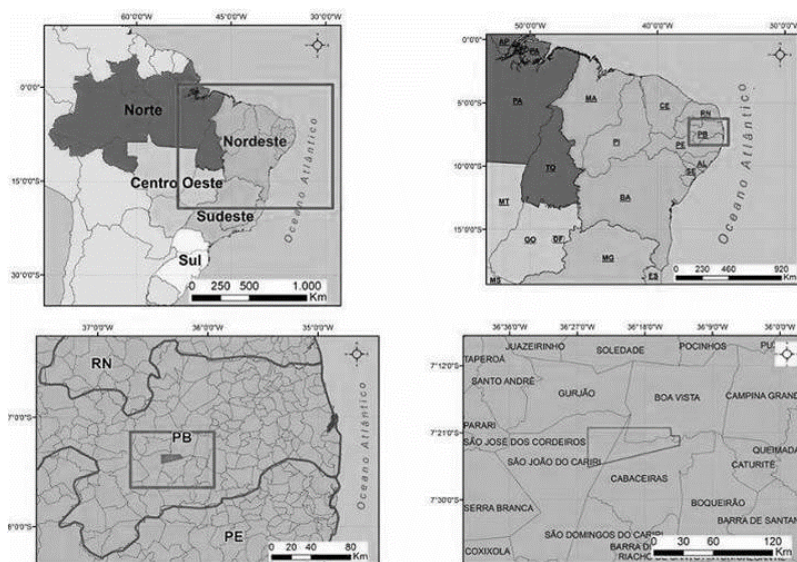
tuito de possibilitar um melhor uso e gestão dos elementos da geodiversidade local.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

Localizada na porção centro-sul do estado da Paraíba, mais especificamente entre os municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri (Figura 1), APA do Cariri Paraibano possui cerca de 18.560 hectares e foi criada por meio do Decreto Estadual N° 25.083/2004, com o intuito de preservar os sítios arqueológicos e paleontológicos, os monumentos naturais e conservar a vegetação remanescente da Caatinga arbustiva-arbórea presente na área (PARAÍBA, 2004).

Figura 1. Localização da Área de Proteção Ambiental do Cariri Paraibano



Situa-se sobre as extensas superfícies aplainadas presentes na área central do Planalto da Borborema. Os processos geo-

lógicos/geomorfológicos que atuaram na região são resultantes de períodos climáticos ora mais xéricos, ora menos xéricos, que acarretaram na criação de amplos pediplanos (SOUZA, 2008 p. 47) que, de acordo com Brasil (1981), têm estado submetidas a processos de dissecação onde predominam interflúvios tabulares, ocorrendo alinhamentos de cristas, *inselbergs* e amontoados de blocos.

Exumados por processos de pediplanação atuantes no Planalto da Borborema ocorrem em parte da APA uma série de afloramentos graníticos em forma de lajedos que constituem um *stock* ígneo com medidas em torno de 4 km no sentido Norte/Sul, 10 km na direção Leste/Oeste, nomeado por Lages *et al.* (2013) de Plutão Bravo.

Sobre a maioria dos lajedos estão distribuídos campos de matacões resultantes inicialmente dos processos de diaclasamento e intemperismo químico atuantes nas rochas em subsuperfície ocasionando assim em um grande número de blocos e matacões envoltos no manto do intemperismo (BIGARELA *et al.*, 1994; LAGES *et al.*, 2013). Os trabalhos desenvolvidos por Lages *et al.*, (2013) e Meneses (2020) apresentam em maiores detalhes os diferentes elementos que compõem tanto a geologia quanto a geomorfologia da área de estudo.

2.2 Procedimentos Metodológicos

A etapa inicial do trabalho se deu por levantamento bibliográfico acerca da área estudada, bem como consulta a materiais cartográficos e de sensoriamento remoto visando identificar ambientes ou feições geomorfológicas superlativas que se destacassem na topografia e/ou paisagem.

Em campo os locais identificados foram visitados e suas características cadastradas em fichas para posterior valoração.

Também foi possível identificar locais que não se apresentaram na etapa inicial de escritório.

Para a valoração dos LGS, adotou-se uma adaptação da metodologia proposta por Vieira (2008) que se baseia em três valores para os sítios: **valor intrínseco**, ligado ao valor científico e apresentando os parâmetros raridade/ originalidade, diversidade, representatividade, interesse paleogeográfico, integridade e conhecimento científico; **valor adicional**, constituído pela integração dos valores cultural (parâmetros: importância histórico-arqueológica e religiosa/espiritual, evento artístico/cultural), econômicos (parâmetros: recurso turístico, potencialidade para a prática desportiva e existência de roteiros turísticos/culturais), estéticos (parâmetros: diversidade paisagística, presença de água e contraste de cor) e ecológicos (parâmetros: diversidade ecológica, importância ambiental e ocorrência de habitats específicos); e o **valor de uso**, constituído pelos parâmetros: acessibilidade, vulnerabilidade, proteção, condições de observação, intensidade de uso).

Cada parâmetro possui uma pontuação numa escala de 0 a 1. O cálculo de cada valor se dá pela média simples da pontuação obtida pelos parâmetros que os compõem.

A adaptação da metodologia se deu na atribuição de tipologia ao locais inventariados, ficando da seguinte forma: **zonal**, áreas com a extensão de centenas de metros e que por si só constituem um elemento de interesse geomorfológico, podendo ocorrer ou não outros elementos de cunho geomorfológico na área; **pontual**, refere-se a um único elemento geomorfológico, com ocorrência isolada e que possua uma extensão que não ultrapasse dezenas de metros; e **linear**, atribui-se a um único elemento de cunho geomorfológico com altura em torno de 5 metros e um comprimento no mínimo 10 vezes maior que sua largura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao fim das etapas de levantamento bibliográfico e de campo, foram identificados e avaliados 12 LGS. Destes, 11 encontram-se distribuídos sobre o Plutão Bravo (Figura 2), o que vem a demonstrar o elevado valor geológico/geomorfológico deste afloramento.

Oito dos LGS foram classificados como na tipologia zonal, três como pontuais e um como linear. A Tabela 1 apresenta os valores obtidos na valoração dos 12 LGS. Observa-se que as maiores médias foram obtidas pelos LGS de tipologia zonal, seguidos da tipologia pontual e por último o de tipologia linear.

Figura 2. Distribuição dos LGS por tipologias na APA do Cariri Paraibano



Tabela 1. Síntese dos valores apresentados pelos potenciais sítios geomorfológicos da APA do Cariri Paraibano

Nome	Tipo	Valoração						Total Média
		Intrínseco		Adicional		Uso e Gestão		
		Σ	Mé- dia	Σ	Mé- dia	Σ	Mé- dia	
Lajedo do Pai Mateus	Z	6	1	12	0,92	4	0,80	0,90
Saca de Lã	P	5,50	0,91	7	0,53	4,50	0,90	0,69
Lajedo da Sallambaia	Z	5,17	0,86	9,50	0,73	4,50	0,90	0,80
Pedra do 24	Z	5	0,83	6,33	0,48	4	0,80	0,60
Lajedo do Sítio Bravo	Z	5,50	0,91	11,33	0,87	4,50	0,90	0,88
Lajedo Manoel de Souza	Z	5,50	0,91	8,50	0,65	4	0,80	0,78
Lajedo da Ganga	Z	4,67	0,77	6,50	0,50	4	0,80	0,60
Lajedo Montevideu	Z	5	0,83	7,50	0,57	4	0,80	0,73
Cânion do Rio Soledade	Z	5	0,83	7,50	0,53	4	0,80	0,72
Muralha do Cariri	L	3,67	0,61	4,50	0,34	4	0,80	0,58
Pedra da Foca	P	4	0,66	3,50	0,26	4,50	0,90	0,60
Pedra da Cara de Raposa	P	3	0,50	3,50	0,26	4	0,80	0,52

Z = zonal; P = pontual; L = linear

Todos os 12 LGS apresentaram singularidades que estão aqui representadas pelos seus valores. As principais singularidades de cada LGS são descritas a seguir.

- LGS 1 - Lajedo do Pai Mateus

Localizado no município de Cabaceiras, caracteriza-se por um grande afloramento rochoso em forma de domo e possui uma área de cerca de 48 hectares. Foi aqui caracterizado como zonal, considerando as suas dimensões e o fato de que distribuídos ao longo do lajedo existem vários matacões, alguns deles constituindo geoformas e apresentando pinturas rupestres. Segundo populares da região, esse lajedo, em meados do século XVIII, abrigou um curandeiro ermitão que deu nome ao local.

Esse LGS foi o que melhor pontuou na valoração, principalmente pelo elevado valor intrínseco (científico) apresentado.

- LGS 2 - Saca de Lã

Localizado no município de Cabaceiras, é assim nomeado por constituir uma feição de grandes blocos graníticos que se assemelha a um empilhamento de sacos de lã de algodão. Há de se considerar que na primeira metade do século XX, o algodão era a principal atividade econômica da região, por isso a associação com a geoforma do monumento.

O valor científico se justifica por ser um afloramento bastante didático para o entendimento de processos de intempéricos em ambiente granítico. Constitui um monumento muito atrativo devido à exuberância e imponência que agrega à paisagem local.

- LGS 3 - Lajedo da Salambaia

Localiza-se no município de Cabaceiras e constitui o maior afloramento rochoso da APA. Levando em consideração suas proporções, foi aqui caracterizado na tipologia Zonal. Chama a atenção no LGS a quantidade de tanques, marmitas e caneluras que constituem um sistema anastomosado capaz de transportar e armazenar não só água em período chuvoso, mas também regolito oriundo da meteorização da rocha que compõe o lajedo.

A grande dimensão do lajedo, a sua importância sócio-ecológica na distribuição e armazenamento de água em sua área e nas adjacências, associado a capacidade de possibilitar o entendimento da morfogênese de ambientes graníticos, são algumas das características atrativas desse LGS.

- LGS 4 - Pedra do 24

Localiza-se no município de Cabaceiras, esse LGS classifica-se como zonal, apresentando cerca de 20 metros de altura e uma área em torno de 3 mil m².

Há um certo misticismo em relação a nomenclatura do lugar, pois populares dizem que envolve matança de índios no ano de 24 de um século que não se sabe qual. Existem ainda relatos populares de que a Pedra do 24 servia de abrigo para bandos de cangaceiros que transitavam pela região.

- LGS 5 - Lajedo do Sítio Bravo

Situado no município de Boa Vista, constitui um afloramento rochoso de tipologia zonal bastante fragmentado. Distribuídos sobre o lajedo, existem diversas matacões, alguns apresentando registros rupestres dos tipos pintura e gravura.

O interesse paleogeográfico, a importância histórico-arqueológica e turística, a diversidade paisagística e a importância ambiental, se expressam de forma singular exaltando os valores desse LGS.

- LGS 6 - Lajedo Manoel de Souza

Situado no município de Cabaceiras, caracteriza-se por apresentar conjuntos de matacões em sua superfície em associação com a ocorrência de várias caneluras que seguem nas direções das vertentes. Nos matacões observam-se diversos painéis com pinturas rupestres, sendo possível identificar zoofomas e símbolos geométricos.

Paisagisticamente, o Lajedo Manoel de Souza possui atributos que chamam a atenção do visitante e também possibilitam uma apreciação paisagística da região do entorno. É possível observar vários afloramentos rochosos que constituem lajedos, empilhamento de blocos e matacões.

- LGS 7 – Lajedo da Gangorra

Situado em Cabaceiras, esse LGS é do tipo zonal com um afloramento rochoso em forma de domo com aproximadamente 4 hectares. Tal como Lajedo da Salambaia, é bastante típica a presença das caneluras nesse sítio.

Existe na área mais a oeste do lajedo uma fratura que se estende de Norte a Sul. Parte dessa fratura constitui um tanque natural de armazenamento de água da chuva que serve à dessedentação dos caprinos e demais animais que pastam pela área. Chama também a atenção na área a ocorrência de uma vegetação de grande porte, com espécies típicas de Mata Atlântica, no entorno do lajedo.

- LGS 8 - Lajedo Montevideu

Situa-se em Cabaceiras e constitui-se de um LGS do tipo zonal com aproximadamente 27 hectares. Possui em sua face oeste um paredão bastante íngreme que alcança cerca de 30 metros de altura desde sua base. Esse paredão faz fronteira com outro que constitui o Lajedo da Salambaia, havendo uma distância entre eles de aproximadamente 80 metros, formando assim um “vale” entre estes que é sugestivamente chamado pelos populares de “corredor”.

De acordo com moradores locais, esse “corredor” foi usado por muito tempo para o cultivo de macaxeira e até mesmo cana de açúcar. Espécies arbóreas de grande porte também se desenvolveram no local. Alguns matacões e blocos graníticos também estão distribuídos sobre o lajedo, um deles constitui uma

geofoma que se assemelha a um preá (espécie de roedor que habita a região).

- LGS 9 - Cânion do Rio Soledade

Situado na divisa dos municípios de São João do Cariri e Cabaceiras, esse LGS é localmente conhecido como Cânion do Rio da Serra. Caracteriza-se na tipologia zonal e é o único LGS aqui avaliado que não se situa sobre o Plutão Bravo.

Uma das maiores expressões da geodiversidade no local são as marmitas de gigante, que são feições escavadas na rocha pela água corrente em um processo denominado de cavitação e que variam de tamanho podendo chegar a mais de um metro de profundidade e largura.

- LGS 10 - Muralha do Cariri

Situada entre os municípios de Cabaceiras e Boa Vista, é um LGS de tipologia linear, sendo o único aqui caracterizado nessa tipologia. Consiste em um afloramento granítico com medidas que ficam em torno de 100 metros de rocha contínua no sentido Norte/Sul, uma largura variando de 2 a 5 metros no sentido Leste/Oeste e uma altura que pode alcançar até 5 metros. Essas medidas apresentadas pelo afloramento esclarecem o porquê ele é chamado de muralha.

- LGS 11 - Pedra da Foca

Situada no município de Cabaceiras, nas proximidades do Lajedo Montevideu, e consiste em um LGS do tipo pontual cuja principal característica é sua forma singular que lhe atribui a semelhança com uma foca, tanto em região dorsal, quanto principalmente na área da cabeça e da face, daí advindo o nome pelo qual foi batizado. O principal valor identificado é o estético.

- LGS 12 - Pedra da Cara de Raposa

Tal como o LGS anterior, consiste em um LGS pontual caracterizado por ser uma geoforma. Também se localiza em Cabaceiras. É um matacão pequeno, com cerca de 1,5 metros de altura. Possui uma extremidade que se assemelha à cabeça de uma raposa, estando bem nítido o formato das orelhas e focinho. O principal valor identificado é o estético.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Geomorfologicamente, a APA do Cariri Paraibano apresenta feições únicas e reveladoras de processos significantes e distintos que se manifestam não só, mas também por meio dos 12 LGS aqui valorados. Todos os LGS aqui analisados apresentam potencialidades que os distinguem uns dos outros. Essas potencialidades se evidenciaram nos valores apresentados por cada um.

A realização de um plano de manejo para a APA, realizado em função dos valores de seu patrimônio (não só o geomorfológico) em consonância com as carências da comunidade e em associação também com toda a dinâmica ambiental da região tende a ser um precursor para o desenvolvimento sustentável da região. Mas, para tanto, a comunidade tem de estar bastante envolvida e se constituir não só como beneficiários, mas também como benfeitores. Obviamente que ações subsidiadas por parte dos órgãos gestores carecem de serem realizadas para orientar a comunidade em seus direitos e deveres.

Assim, mediante a adoção de um planejamento eficiente e que envolva a participação direta de gestores e das comunidades, as potencialidades geológico/geomorfológicas da área de estudo tendem a constituírem-se como um precursor para o desenvolvimento regional. Não é à toa que o Serviço Geológico do

Brasil (CPRM), juntamente com a Universidade Federal da Paraíba, por meio do grupo de pesquisas GeodiversidadePB iniciaram discussões acerca da criação do Geoparque Cariri Paraibano. Esse geoparque contemplaria, *a priori*, os municípios de Boa Vista, Cabaceiras, Boqueirão e São João do Cariri (MENESES, 2020).

Os resultados desse trabalho devem ser vistos como uma ferramenta que possibilite identificar as potencialidades dos sítios estudados e não apenas como um mero instrumento para selecionar ou hierarquizar os LGS. Podem ser usados como apoio na definição de estratégias de geoconservação e proteção, de planejamento de medidas e instrumentos de divulgação e de adequação ao público alvo.

REFERÊNCIAS

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**: fundamentos geológicos-geográficos, alteração química e física das rochas e relevo cárstico e dômico. Santa Catarina: Ed. da UFSC, 1994.

BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SB.24/25, v.23. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1981.

BORBA, A.W. Geodiversidade e geopatrimônio como bases para estratégias de geoconservação: conceitos, abordagens, métodos de avaliação e aplicabilidade no contexto do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em geociências**. 03-14. 2011.

LAGES, G.A.; MARINHO, M.S.; NASCIMENTO, M.A.L.; MEDEIROS, V.C.; DANTAS, E.L.; FIALHO, D. Mar de Bolas do Lajeado do Pai Mateus, Cabaceiras, PB - Campo de matações graníticas gigantes e registros rupestres de civilização pré-colombiana. *In*: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S.; Berbert-Born, M.; Sallun Filho, W.; Queiroz, E.T.; (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 2013. Disponível em:

<<http://sigep.cprm.gov.br/sitio068/sitio068.pdf>>. Acesso em 15/05/2013.

MENESES, L.F. **O Conhecimento da Geodiversidade para o Desenvolvimento Regional do Cariri Paraibano**. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFPB. João Pessoa: UFPB. 2020. 356 f.

PARAÍBA. **Decreto N.º 25.083, de 08 de junho de 2004**. Cria a Área de Proteção Ambiental do Cariri Paraibano, no Estado da Paraíba, e dá outras providências. Diário oficial do Estado da Paraíba. João Pessoa, PB. N° 12.652. 8 de Jun. de 2004.

PEREIRA, P. **Património geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho**. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Braga, 2006, 370 p.

REYNARD, E; PANIZZA, M. Geomorphosites: definition, assessment and mapping. An introduction. – In: **Géomorphologie**. Relief, processus, environnement 3: 177-180. 2005.

SOUZA, B.I. **Cariri Paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. 198p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

VIEIRA, A.A.B. **Serra de Montemuro: dinâmicas geomorfológicas, evolução da paisagem e património natural**. Tese de doutoramento. Coimbra, 2008.

PRODUÇÃO DE MUDAS DE FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.) SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO

Victor Fellipe dos Santos Gomes
Niara Isis Pereira de Oliveira
Évio Eduardo Chaves de Melo

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. é considerada uma das lavouras mais cultivadas e consumidas no Brasil, contribuindo com bastante relevância para a economia do país e sendo empregada rotineiramente na alimentação da população brasileira como fonte proteica (YOKOHAMA & STONE, 2000). Em sua multiplicidade de produção, o cultivo do feijão se dá desde pequenas produções à largas extensões de cultura (RESENDE *et al.* 2007).

A produção de mudas é uma técnica oriunda da agricultura orgânica e convencional, como maneira de obter maior produtividade no primeiro estágio de crescimento das plântulas. Essa técnica se dá pela inserção das sementes e do substrato em recipientes e deve-se fiscalizar essas plantas até o momento para o transplântio. O sistema de geração de mudas com bons atributos fisiológicos é um dos estágios fundamentais, em razão dela ser determinante no exercício final das plantas no campo de produção, tanto na óptica nutricional, quanto do intervalo de tempo integrante à produção (FILGUEIRA, 2003).

O substrato para produção de mudas por sua vez é necessário para a germinação da semente até o desenvolvimento da planta, para que supra a necessidade dos nutrientes que a mesma precisa (PEREIRA *et al.*, 2013). Nesse âmbito, a adubação orgânica é um dos excedentes que se sobressai em valor econômico e em melhorar a disponibilidade de nutrientes para às plantas, devido à sua vasta aplicação no solo. De certo modo, a utilização de insumos oriundos de resíduos orgânicos na agricultura é uma opção significativa, pois amplia a produção agrícola e reduz o custo com adubos inorgânicos (KIEHL, 1985). Além disso, é uma destinação segura desses elementos no meio ambiente de maneira ecologicamente correta e econômica (FIGUEIREDO *et al.*, 2010; MONTEMURRO *et al.*, 2010).

Considerando que a cultura dessa leguminosa é do tipo de subsistência em áreas pequenas, com uso mínimo de insumos, a aplicabilidade de adubos orgânicos no solo pode proporcionar mudanças dos atributos físicos, químicos e biológicos (ABREU JÚNIOR *et al.*, 2002; BORÉM & CARNEIRO, 2006; BRITO *et al.*, 2005; SILVA, 2008; CUNHA *et al.*, 2012).

Portanto, nesse trabalho objetivou-se avaliar a produção de biomassa de mudas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em desenvolvimento inicial sob diferentes doses de composto orgânico.

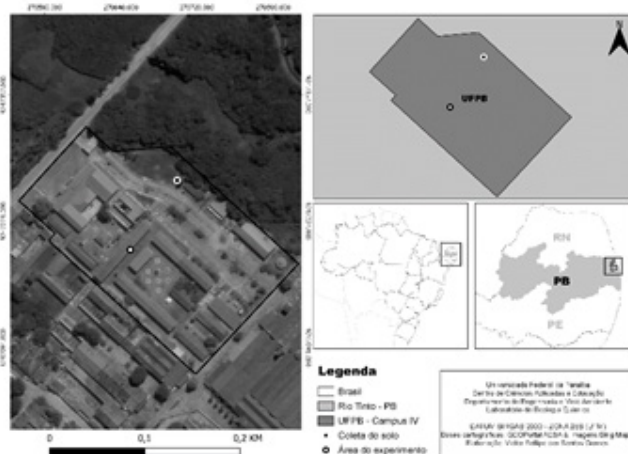
2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Campus IV, no município de Rio Tinto – PB (Figura 1). O experimento foi instalado na delimitação externa coberta do Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LCG) na UFPB (Figura 2).

No experimento foi utilizado solo coletado na profundidade de 0 a 20 cm, próximo à área de mata, vizinho ao Campus IV, da UFPB. As amostras de solo coletado foram secas à sombra (TFSA).

O adubo orgânico utilizado é de origem vegetal, produzido através de um processo de compostagem.

Figura 1. Localização da área de estudo em Rio Tinto, Paraíba, Brasil



Fonte: Elaboração própria.

Figura 2. Área externa do LCG e DBC



Foto: Rene Pinto da Silva, 2019.

As amostras de solo e adubo quando secas, foram levadas ao Laboratório de Ecologia Química (LEQ) para caracterização química (Tabela 1) de pH, fósforo (P), nitrogênio (N) e matéria orgânica (MO), de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Tabela 1. Análise química do solo e adubo utilizado no experimento

	pH	Nitrogênio (%)	Fósforo (mg/L)	Matéria orgânica (%)
Solo	5,93	0,40	3,19	0,16
Adubo	4,39	0,70	10,46	6,68

Para a condução do experimento foram utilizadas garrafas plásticas com capacidade de 2 litros contendo 1 kg de solo em cada recipiente, conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 1 x 5, sendo um tipo de composto orgânico em 5 doses. Os tratamentos utilizados foram 0, 10, 30, 60 e 80 t ha⁻¹ de adubo orgânico adicionado no solo, ou seja, cinco tratamentos com quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

Após a adubação dos vasos, os recipientes permaneceram por 30 dias em repouso, sendo mantido com 80% da capacidade máxima de retenção de água, mediante pesagem e irrigações para reposição da água perdida por evapotranspiração.

Para o plantio das mudas foram utilizadas três sementes por recipiente. Após três dias da germinação das sementes, foi realizada a aparagem, permanecendo a muda mais robusta por recipiente. A reposição de água aconteceu manualmente, mediante a exigência hídrica das plântulas (SANTOS *et al.*, 2014).

Aos 20 dias consecutivos após a semeadura, as plântulas foram colhidas inteiras, as quais foram lavadas e acondicionadas em sacos de identificação e pesadas em balança analítica para de-

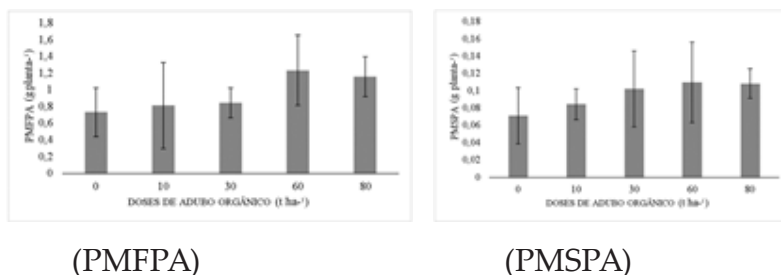
terminação da produção de biomassa. Para a produção de matéria fresca foram anotadas o peso da muda completa e dividida em parte aérea e raiz, expressadas em g planta^{-1} . Por conseguinte, as plântulas foram colocadas em sacos de papel tipo *Kraft* e secas em estufa por 48 horas a 60°C . As mesmas foram pesadas, para determinação do peso de matéria seca (g planta^{-1}).

Além dos resultados analíticos quantificados em laboratório, também foram obtidos dados de produção de matéria fresca e seca da parte aérea, raízes e total da planta através da média aritmética das repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de desvio padrão utilizando as ferramentas do *Microsoft Excel 12.0*, onde também, foram criados os gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria fresca (PMFPA) e seca (PMSPA) da parte aérea foram não significativos (NS) entre doses crescentes de adubo orgânico (Figura 3).

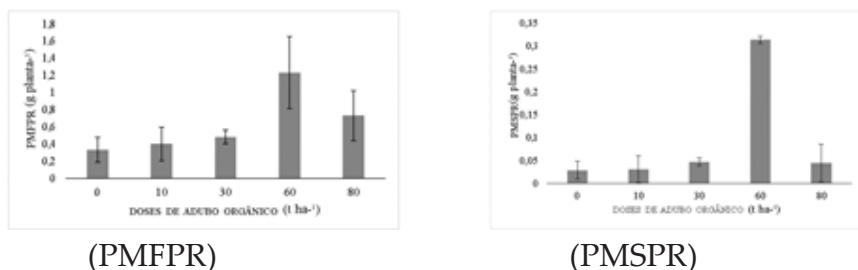
Figura 3. Produção de matéria fresca da parte aérea (PMFPA) e produção de matéria seca da parte aérea (PMSPA) sob diferentes dosagens



Observa-se o efeito da dose 60 t ha^{-1} na produção da matéria fresca e seca da parte aérea do feijão comum, que apresentou produção de $1,24$ e $0,11 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente. A dose mais elevada do adubo (80 t ha^{-1}) ocasionou uma leve redução nas respostas produtivas de matéria fresca e seca para a cultura.

Conforme a análise de desvio padrão apresentado na figura 4, os valores foram não significativos (NS) para produção da matéria fresca da parte radicular (PMFPR), apresentando valor máximo de 1,21 g planta⁻¹ na dose de 60 t ha⁻¹ de adubo orgânico.

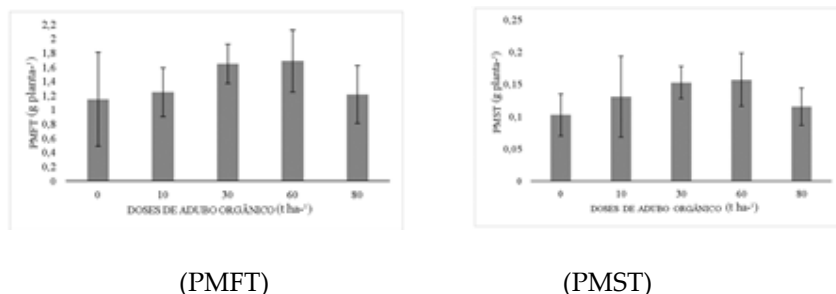
Figura 4. Produção de matéria fresca da parte radicular (PMFPR) e produção de matéria seca da parte radicular (PMSPR) sob diferentes dosagens



Entretanto, para produção de matéria seca da raiz (PMS-PR), a dosagem de adubo orgânico 60 t ha⁻¹ apresentou diferença significativa em comparação as demais doses (Figura 4), que obteve média de 0,31 g planta⁻¹ de biomassa radicular. Esse fator pode estar vinculado a maior disponibilidade de nutrientes em doses mais elevadas do adubo orgânico, embora favorecer maior aporte de nutrientes para algumas espécies nem sempre resulta numa boa absorção pelas cultivares a fim de propiciar melhor desenvolvimento vegetal.

Para matéria fresca total (Figura 5), mesmo não apresentando uma diferença significativa, podemos observar um desenvolvimento das plântulas conforme o aumento das doses, tendo seu ápice na dose 60 t ha⁻¹, alcançando uma matéria fresca total de 1,69 g planta⁻¹. A produção de matéria seca total (PMST) também não apresentou diferença significativa entre os valores de produção de biomassa no experimento, entretanto, observa-se maior desenvolvimento de sua massa seca na dose 60 t ha⁻¹ que alcançou um total de 0,16 g planta⁻¹.

Figura 5. Produção de massa fresca total (PMFT) e produção de massa seca total (PMST) sob nas diferentes dosagens



A utilização de adubo orgânico subsidiou melhorias nas características químicas do solo (Tabela 2), passando a ter elevação dos valores de pH e dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e matéria orgânica (MO) quando comparados ao solo, na ausência de adubo orgânico.

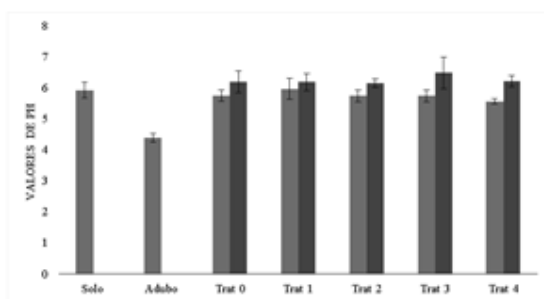
Tabela 2. Análise química dos solos submetidos aos diferentes tratamentos antes e após o plantio da cultura

Amostragem	pH inicial	pH final	Nitrogênio (%) inicial	Nitrogênio (%) final	Fósforo (mg/L) inicial	Fósforo (mg/L) final	Matéria orgânica (%) inicial	Matéria orgânica (%) final
Solo	5,93	-	0,40	-	3,19	-	0,16	-
Adubo	4,39	-	0,70	-	10,46	-	6,68	-
Trat 0	5,75	6,19	0,70	0,50	3,91	3,48	0,60	0,39
Trat 1	5,97	6,19	0,70	0,40	3,97	3,29	0,66	0,31
Trat 2	5,74	6,15	0,70	0,40	4,99	4,03	0,69	0,20
Trat 3	5,74	6,49	0,90	0,30	4,99	4,32	0,46	0,11
Trat 4	5,57	6,22	0,90	0,40	5,54	4,54	0,53	0,41

mg/L: Miligramas por litro; pH: Potencial hidrogeniônico; Trat: Tratamento.

A presença elevada de matéria orgânica no solo ocasiona inúmeros efeitos, entre eles, o aumento do pH do solo (SILVA *et al.*, 2011). O pH do experimento apresentou aumento em suas unidades experimentais com a presença do adubo orgânico (Figura 6).

Figura 6. Valores de pH no solo sem tratamento, do adubo orgânico e dos tratamentos antes e após o plantio da cultura



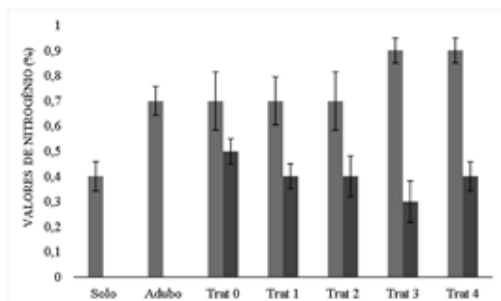
Cinza claro: pH inicial; **Cinza escuro:** pH final.

Quanto ao pH final do solo, depois do plantio, sob as diferentes dosagens de adubação foi notório observar que houve um acréscimo de valor, sendo alguns significativos (figura 6), provavelmente devido ao maior tempo de reação do adubo adicionado ao solo. O pH do solo submetido a diferentes dosagens de adubação pode afetar a disponibilidade de nutrientes no solo e a eficiência na absorção de nutrientes diretamente pelas raízes das plantas, afetando assim, a sua ativa produtividade (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995).

Nas diferentes dosagens de adubação ocorreu um decréscimo significativo do nitrogênio quando comparado à análise realizada antes e após o plantio dos feijões (figura 7). Provavelmente, isto está relacionado com a absorção do nitrogênio pela planta. Por exemplo, no tratamento 3 apresentou uma redução significativa de 66,7% do teor de nitrogênio inicialmente, visto que, o feijoeiro consegue propiciar uma maior capacidade de acúmulo

desse nutriente (PEREIRA *et al.*, 2015). Rocha *et al.* (2017) ainda retratam que o feijão exige quantidades altas de nitrogênio, em função disso, a diminuição foi significativa.

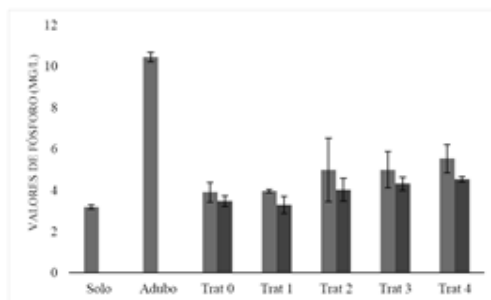
Figura 7: Valores de N no solo sem tratamento, do adubo orgânico e dos tratamentos antes e após o plantio da cultura.



Cinza claro: Nitrogênio inicial; **Cinza escuro:** Nitrogênio final.

Na análise de P realizada antes e depois do plantio (figura 8), observa-se que houve uma redução pouco significativa de fósforo nas diferentes dosagens de adubo.

Figura 8: Valores de P no solo sem tratamento, do adubo orgânico e dos tratamentos antes e após o plantio da cultura.



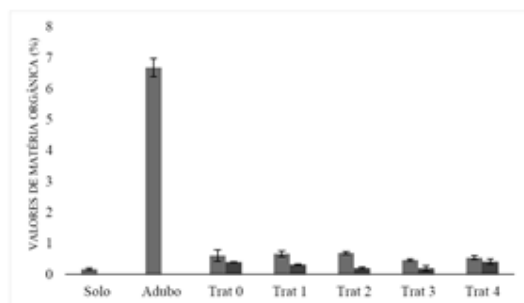
Cinza claro: Fósforo inicial; **Cinza escuro:** Fósforo final.

De acordo com Rocha *et al.* (2017), o feijão requer quantidades mínimas de fósforo. Mesmo em baixas quantidades, esse elemento é essencial para o crescimento da planta. Além de ser um dos nutrientes limitantes, é necessário em quantidades ba-

lanceadas a partir da análise do solo (NEGRI *et al.*, 2014). Supostamente, essa necessidade foi que expressou uma baixa redução nos valores do nutriente, em nosso experimento.

Os resultados da quantificação da matéria orgânica (M.O.) mostram em evidência a redução quando analisados antes e depois da adubação e plantio dos feijões (Figura 9). A baixa disponibilidade de matéria orgânica pode refletir também na inferioridade dos níveis de outros nutrientes.

Figura 9: Valores de M.O. no solo sem tratamento, do adubo orgânico e dos tratamentos antes e após o plantio da cultura.



Cinza claro: Matéria Orgânica inicial; **Cinza escuro:** Matéria Orgânica final.

De acordo com Borchardt *et al.* (2011), o incremento da matéria orgânica do solo ocasionado pelo acréscimo de adubos orgânicos, pode elevar a disponibilidade de nutrientes às plantas e com isso favorecer as premissas nutricionais dos vegetais, além de promover avanço nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Conforme Leite *et al.* (2012), a matéria orgânica melhora a estrutura do solo, aumenta a capacidade de armazenamento de água e a trocas de ar, colabora para uma maior infiltração e ampliação do sistema radicular, podendo implicar no aumento do desempenho da cultura.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo sem diferença significativa entre as doses de composto orgânico, a maior produção de biomassa vegetal ocorreu quando a muda foi cultivada na dose de 60 toneladas de adubo orgânico por hectare de solo.

Além disso, o uso de adubo orgânico contribuiu para melhorar o pH do solo, além de aumentar as concentrações de nitrogênio e fósforo no solo, melhorando a fertilidade e também diminuindo a dependência de adubos inorgânicos.

REFERÊNCIAS

ABREU JÚNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.769-780, 2002.

BORCHARTT, L. *et al.* Adubação orgânica da batata com esterco bovino no município de Esperança - PB. **Horticultura Brasileira**. v.42, n.2, p.482-487, 2011.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. *In*: VIEIRA, C.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão. 2ª ed. Viçosa: **Editora UFV**, p. 13-18, 2006.

BRITO, O. R.; VENDRAME, P. R. S.; BRITO, R. M. Alterações das propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distroférico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, p.33-40, 2005.

CUNHA, E. Q. *et al.* Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.56-63, 2012.

FIGUEIREDO, P. G. *et al.* Production and chemical characterization of alfalfa, adzuki and moyashi bean sprouts. **Revista Higiene Alimentar**, v. 24, n. 188/189, p. 122-125, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. **Viçosa: UFV**, 2003.

LEITE, M. J. H.; GOMES, A. D. V.; SANTOS, R. V. Cultivo do sorgo forrageiro *Sorghum bicolor* (L.) Moench (S. vulgare Pers.) no semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**.v.7, n.4, p.06-09, 2012.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. **São Paulo: Ceres**, 1980. 251p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. London: **Academic Press**, p.889, 1995.

MONTEMURRO, F. *et al.* Anaerobic digestate and on-farm compost application: Effects on lettuce (*Lactuca sativa* L.) crop production and soil properties. **Compost science & utilization**, v. 18, n. 3, p. 184-193, 2010.

NEGRI, B. F. *et al.* Caracterização morfológica do sistema radicular de linhagens endogâmicas recombinantes de sorgo sob baixo nível de fósforo. **Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (INFOTECA-E), 2014.

PEREIRA, L. B. *et al.* Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s.l.], v. 45, n. 1, p.29-38, 2015. FapUNIFESP (SciELO).

PEREIRA, R. F.; *et al.* Produção de feijão vigna sob adubação orgânica em ambiente semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 9, n. 2, p. 27-32, 2013.

RESENDE, F. V. *et al.* Cultivo de alface em sistema orgânico de produção. Brasília: **Embrapa Hortaliça**, 2007. 16 p.

ROCHA, Richardson Sales *et al.* Efeito da adubação orgânica na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *In*: XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba. **Anais [...]** São José dos Campos - SP, 2017.

SANTOS, J.G.R. *et al.* Qualidade da produção da bananeira Nanicão em função do uso de biofertilizantes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCCG – v.18, n.4, p. 387–393, 2014.

SILVA J. A. *et al.* Avaliação do pH e do teor de matéria orgânica do solo após colheita do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Horticultura Brasileira** 29: S3801-S3807, 2011.

SILVA, A. G. A viabilidade da utilização de compostos orgânicos em solos agricultáveis. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Cafeicultura). **Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Muzambinho**, 2008. 32 p.

TEIXEIRA, Paulo César *et al.* Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro, Embrapa**. 573p, 2017.

YOKOHAMA, L.P.; STONE, L.F. Cultura do feijoeiro no Brasil. **Embrapa arroz e feijão**, 2000. 75p.

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS DA ÁGUA DO RIO TINTO, PARAÍBA, BRASIL

Raquel Cruz de França Eiras
Évio Eduardo Chaves de Melo

1 INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais provenientes das ações causadas pelo homem direta ou indiretamente vêm crescendo a cada dia e afetando diferentes ecossistemas. O ecossistema aquático de água doce, além de abrigar variadas espécies, é fonte de água potável essencial à vida humana. Os rios cada vez mais são utilizados para diversas finalidades, como o abastecimento de água, a geração de energia, a irrigação, a navegação, a aquicultura e a harmonia paisagística (LIMA *et al.* 2008, p.2). Devido a ampliação da utilização dos recursos hídricos e consequente aumento da sua demanda, complexidade e conflitos, que os envolvem vem ganhando força e multiplicidade em diferentes regiões do mundo (LIRA & CANDIDO, 2013).

A falta de gestão quanto ao uso dos recursos hídricos reflete significativamente na qualidade das águas. De acordo com Yabe e Oliveira (1998), os ambientais naturais tornaram-se um depósito de elementos tóxicos (hidrocarbonetos, metais pesados e etc.) que afetam não apenas a fauna e a flora, mas também a saúde pública e a economia. Os metais pesados causam efeitos adversos aos seres humanos e sua inserção em corpos hídricos pode ocorrer naturalmente através do intemperismo, mas a poluição por estes elementos nocivos acontece pelo despejos de lí-

quidos da indústria, de mineração e de resíduos provenientes das lavouras (AGUIAR *et al.*, 2002; MORAES & JORDÃO *et al.*, 2002; YABE & OLIVEIRA, 1998).

Além dos poluentes químicos, a presença de microrganismos patogênicos na água pode ocasionar doenças, como a cólera, febre tifoide e paratifoide, leptospirose, gastroenterite, diarreia infantil, disenteria bacilar e hepatite infecciosa, estão diretamente ligadas a falta de saneamento básico, e vem acarretando diversos transtornos, causando à morte de milhões de pessoas no Brasil e no mundo (D'AGUILA, 2000; MENDES *et al.*, 2000). Sendo assim, a proteção à saúde pública também está relacionada a qualidade de água disponibilizada a população, bem como a outros serviços de saneamento básico (D'AGUILA, 2000). Porém, de acordo com o artigo nº 225 da Constituição Federal do Brasil “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988, p. 131).

Apesar do Brasil possuir cerca de 12% das reservas mundiais de água doce do planeta, a falta de gestão dos recursos hídricos, continua sendo uma triste realidade no país (ANA, 2009). Portanto, o monitoramento da qualidade da água é indispensável para o planejamento e tomada de decisões no enfrentamento desse problema, e deve anteceder qualquer ação de recuperação das condições do recurso impactado, mas ainda existe uma grande deficiência no sistema de monitoramento em todo o território brasileiro (AMARO, 2009).

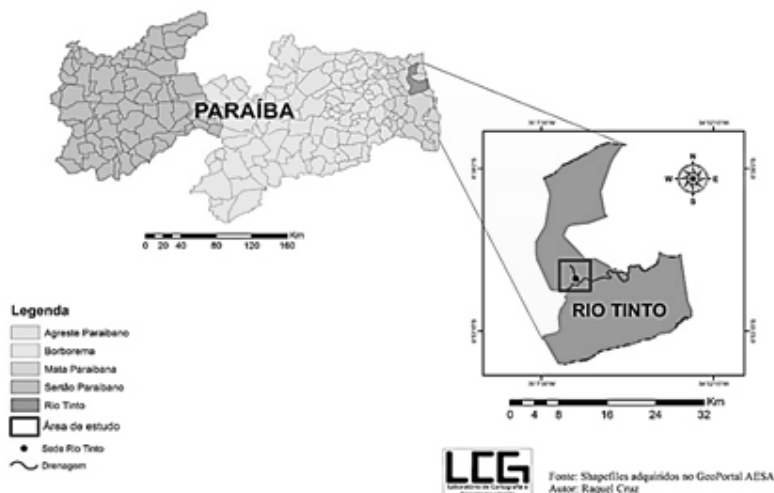
Devido à grande importância da água e de sua conservação para a manutenção e qualidade da vida, o presente trabalho objetiva analisar a qualidade da água do rio Tinto, através da avaliação de determinados parâmetros físico-químicos (pH,

condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido) e de alguns metais pesados (cádmio, cobre, ferro, manganês, níquel e zinco).

2 METODOLOGIA

O município de Rio Tinto está localizado a 52 km de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, na Mesorregião da Mata Paraibana e Microrregião do Litoral Norte. Encontra-se nas coordenadas geográficas: Latitude $6^{\circ}36'0''S$ / Longitude $35^{\circ}2'1''O$ e Latitude $6^{\circ}56'30''S$ / Longitude $35^{\circ}5'15''O$ (Figura 1), possuindo uma população de 22.976 habitantes e área territorial de 465,666 km², com a densidade demográfica de 49,42 hab./km² (IBGE, 2010).

Figura 1. Mapa de localização do município de Rio Tinto no estado da Paraíba –Brasil



O município possui um clima tropical – quente e úmido, com variação de temperatura entre 22 a 31°C, com bioma de Mata Atlântica (IBGE, 2010). O município encontra-se inserido nos do-

mínios das bacias hidrográficas dos rios Mamanguape, Miriri e Camaratuba (M.M.E., 2005), sendo o rio Tinto um dos rios que compõe a bacia do rio Mamanguape.

Para analisar da qualidade da água, foram realizados levantamentos preliminares ao longo do rio, com registros de dados e marcações dos pontos de coleta das amostras utilizando GPS. Foram selecionados e demarcados seis pontos para a coleta das amostras de água (Tabela 1), com quatro repetições cada, totalizando vinte e quatro unidades amostrais. Para coleta e acondicionamento das amostras de água foram usados materiais de polietileno (recipientes de 100 ml providas de tampa), previamente higienizados em solução de HNO₃ (30% v/v) por 24 horas, para desinfecção química dos materiais interferentes. Posteriormente, foram enxaguados com água destilada e secos em estufa de circulação de ar.

Tabela 1. Respectivos pontos de coleta

	Latitude*	Longitude*
Ponto 1	6,798528	35,075416
Ponto 2	6,798843	35,075271
Ponto 3	6,799532	35,075147
Ponto 4	6,805181	35,073211
Ponto 5	6,805438	35,071912
Ponto 6	6,80602	35,071486

* *graus decimais*

As amostras foram filtradas em papel filtro de 0,25µm, com o objetivo de reter sólidos suspensos e algas possivelmente presentes na água. Os materiais foram acondicionados em recipientes hermeticamente fechados, etiquetados e identificados de acordo com o ponto de coleta. As análises como temperatura e oxigênio dissolvido foram realizadas *in situ* com termômetro oxímetro portátil. Análises como medição de pH e condutivida-

de, foram realizadas no Laboratório de Ecologia Química (LEQ) da Universidade Federal da Paraíba – UFPB (Campus IV), utilizando o pHmetro e condutivímetro. Após as análises, os recipientes foram envolvidos por papel laminado e ensacados com saco plástico transparente e adicionado HNO_3 de alta pureza, sendo mantidas refrigeradas até o momento das demais análises químicas.

Na análise de determinação das concentrações de metais pesados, utilizou-se o espectrofotômetro de absorção atômica com atomizador tipo chama no Laboratório de laboratório de Materiais e Química Ambiental (LabMaQ) da Universidade Federal da Paraíba.

Para a avaliação dos resultados obtidos, foi utilizada a Resolução Nº. 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece as condições e padrões de qualidade das águas e de outras providências (BRASIL, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a diretriz da Superintendência de Administração do Meio Ambiente do estado da Paraíba (SUDEMA) relacionada ao “Enquadramento dos corpos d’água da Bacia Hidrográfica do rio Mamanguape” (1988), o rio Tinto no trecho estudado deve apresentar padrões estabelecidos para águas de classe 2. Tanto a diretriz que trata da “Classificação das águas interiores do Estado” (1988) quanto Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005, p. 5-6), a define águas de classe 2 como “destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; a proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; a cria-

ção natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas a alimentação humana”.

Nas análises de pH, os valores encontrados nos pontos de coleta variam entre 5,66 a 5,80 (Tabela 2). Os valores de pH encontrados não se enquadram em nenhuma classe de água doce de acordo com a Resolução 357/2005 (BRASIL, 2005). Sendo assim, tais valores só são previstos para águas salobras de classe 3, que por sua vez, destinam-se apenas à navegação e à harmonia paisagística, o que não ocorre normalmente.

Tabela 2. Resultados das médias de pH, temperatura (T), condutividade elétrica (C.E.) e oxigênio dissolvido (O.D.)

	pH	T (°C)	C.E. ($\mu S/cm$)	O.D. ($mg/L O_2$)
Ponto 1*	5,80	24,8	74,77	15,0
Ponto 2*	5,70	24,9	78,10	13,5
Ponto 3*	5,66	26,7	153,10	9,5
Ponto 4*	5,68	26,1	257,20	5,0
Ponto 5*	5,67	25,0	74,32	14,3
Ponto 6*	5,69	26,7	77,07	15,5
Padrão**	6,0 – 9,0	-	-	> 5,0

*médias das réplicas de cada ponto amostral.

** Padrão para rio classe 2 Conama 357/2005.

As médias obtidas de temperatura nos pontos de coleta variaram entre 24,8° C a 26,7°C (Tabela 2). Estes resultados estão relacionados com o horário de coleta (início da manhã) juntamente com a superficialidade da medição por se tratar de um rio raso. A diferença entre a máxima e a mínima temperatura foi de 1,9° C, mesmo em pontos próximos a área residencial. Isto indica que as ações humanas ainda não estão afetando severamente esse parâmetro nos pontos analisados. Caso ocorresse o aumento

demasiada da temperatura, haveria a redução da solubilidade do oxigênio, bem como o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), ou seja, pela ocorrência da degradação da matéria orgânica por parte das bactérias que é afetada pela temperatura (LIMA *et al.*, 2008; PINHO, 2001).

Em relação à condutividade elétrica foram encontrados nas amostras de águas do rio Tinto valores que variam de 74,32 a 257,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabela 2). Observou-se que os pontos onde havia maior condutividade elétrica foram os mais próximos a locais onde há lançamento de esgoto sem tratamento prévio e um consequente aporte de matéria orgânica e sólidos totais dissolvidos (STD). De acordo com Lima *et al.* (2008), a condutividade elétrica auxilia no reconhecimento de impactos ambientais que possam estar acontecendo no ambiente, tais como os lançamentos de resíduos industriais, esgotos, dentre outros, mesmo não indicando quais são os íons presentes na amostra de água. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em águas doces indicam ambientes impactados segundo os parâmetros estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009).

Nos pontos amostrais tivemos variações de oxigênio dissolvido (O.D.) entre 5,0 e 15,5 mg/L O_2 (Tabela 3). Os valores de O.D. encontrados enquadram-se em qualquer classe 2 de água doce, entretanto, na amostra coletada no ponto 4, está no limite dos padrões para esta classe de água, que por sua vez não admite valores inferiores a 5 mg/L O_2 . Tal resultado ocorre devido o lançamento de efluentes residenciais próximo ao local de coleta, e consequente aporte de matéria orgânica que por sua vez eleva a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) que é inversamente proporcional ao O.D. Determinados ambientes tem sua biodiversidade reduzida, devido ao lançamento inadequado de águas residuais domésticas e industriais, que por sua vez alteram a quantidade de oxigênio dissolvido na água dos rios e mares. Segundo

Latuf (2004) e Lima *et al.*, (2008), o teor de oxigênio dissolvido nas águas pode variar com a turbidez, despejos de efluentes, atividade microbiana, altitude, temperatura e salinidade.

Na quantificação das concentrações de metais pesados, os valores de cádmio (Cd) encontrados nas amostras coletadas variaram entre 0,003 e 0,008 mg L⁻¹ (Tabela 3). Podemos observar que os pontos possuem valores acima do máximo permitido pela legislação vigente do atual enquadramento do rio (< 0,001 mg L⁻¹), ou seja, o rio Tinto apresenta concentração de Cd para água doce de classe 3 (< 0,01 mg L⁻¹), que por sua vez são águas que podem ser destinadas, “após tratamento convencional ou avançado, ao abastecimento para consumo humano; a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; a pesca amadora; a recreação de contato secundário; e a dessedentação de animais” (CONAMA, 2005, p.6).

O cádmio pode ser encontrado no ambiente em maior concentração nos solos e sedimentos aquáticos, ficando disponível para absorção das plantas (SOUZA *et al.*, 2009). Nos ecossistemas aquáticos pode ser proveniente de fertilizantes fosfatados, fungicidas, inseticidas, nematicidas e por indústrias de diversos fins (BENNET-CHAMBERS *et al.*, 1999). O Cd está entre os metais pesados responsáveis por intoxicação que ocorrem com mais frequência, trazendo diversos riscos à saúde (VIRGA *et al.*, 2007). Satarug *et al.* (2011), trazem um levantamento de alguns efeitos observados que possivelmente possui relação a exposição ao cádmio, dentre eles podemos citar: efeitos crônicos no rim e ossos; diabetes; hipertensão; influenciando a corrente sanguínea e o coração; doenças pulmonares; doenças periodontal; câncer; dentre outros.

Tabela 3. Concentração de metais (mg/L) nas amostras de água coletas no rio Tinto

	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni
Ponto 1*	0,004	0,0015	13,025	0,0025	0	0
Ponto 2*	0,003	0	15,475	0,0077	0	0
Ponto 3*	0,004	0	16,925	0,0097	0	0
Ponto 4*	0,003	0	18,662	0,0052	0,002	0
Ponto 5*	0,008	0	10,137	0,0020	0	0
Ponto 6*	0,006	0	14,700	0,0105	0	0
VMP**	≤ 0,001	≤ 0,009	≤ 0,3	≤ 0,1	≤ 0,18	≤ 0,025

* *médias das réplicas de cada ponto amostral.*

** V.M.P.: Valor máximo permissível para o enquadramento das classes de rios – Classe 3 (mg/L).

Os valores de cobre (Cu) encontrados nas amostras coletadas variaram entre 0 e 0,0015 mg L⁻¹ (Tabela 3). Todos os valores se enquadram nas classes de águas previstas pela Resolução Brasileira. O Cu, assim como alguns outros metais, em quantidades adequadas, é benéfico ao organismo humano (SANTOS *et al.*, 2007). Porém, em altas concentrações além de conferir sabor às águas, tornando-as impalatáveis, pode também ser prejudicial à saúde.

Os valores de ferro (Fe) encontrados nas amostras analisadas tiveram uma variação entre 10,1375 e 18,6625 mg L⁻¹ (Tabela 3). Com base nesses valores, o rio Tinto não se enquadra em nenhuma das classes de águas doces, salobras ou salgadas. As concentrações deste elemento comparam-se aos padrões e condições estabelecidos para lançamentos de efluentes (Fe ≤ 15,0 mg L⁻¹), e em alguns pontos ultrapassam este limite. Concentrações elevadas de Fe são encontradas normalmente em águas superficiais com matéria orgânica, águas subterrâneas e águas poluídas por alguns resíduos industriais ou atividades de mineração (RICHTER & AZEVEDO NETTO, 1991, p. 48). O Fe é um

elemento essencial à saúde humana, porém alta concentração no organismo humano é extremamente nocivo para os tecidos (GROTTO, 2008, p.390).

Os valores encontrados de manganês (Mn) nas amostras analisadas variaram entre 0,002 e 0,0105 mg L⁻¹ (Tabela 3). Todos os valores se enquadram nas classes de águas previstas pela Resolução. Segundo Moruzzi *et al.* (2012), o ferro e o manganês podem ser um problema em águas destinadas ao abastecimento público pois, além de conferir cor, odor e sabor, também podem danificar as redes de abastecimento.

As concentrações de zinco (Zn) nas amostras variaram entre 0 e 0,002 mg L⁻¹ (Tabela 3), valores abaixo do estabelecido pelo CONAMA N^o. 357/2005. Esse elemento é um micronutriente essencial para os seres vivos, por estar presente na estrutura de muitas proteínas, podendo ocasionar efeitos indesejáveis em concentrações muito baixas (deficiência) ou muito altas (toxidez).

Não houve comprovação da presença de níquel (Ni) em nenhuma das amostras coletadas e analisadas. O Níquel, assim como o Cádmiu, está entre os metais pesados que frequentemente são responsáveis por causar intoxicações nos seres vivos (VIRGA *et al.*, 2007).

Contudo, vale ressaltar que monitorar a qualidade de água é uma forma de avaliar os possíveis impactos ambientais que estão ocorrendo no ambiente, especialmente quando se trata de metais pesados, para que ocorra uma efetiva gestão dos recursos hídricos e consequente qualidade ambiental e de vida. Muitos trabalhos têm demonstrado os efeitos bioacumulativos destes elementos que, acabam por compor a cadeia alimentar do ecossistema, afetando a saúde de diversos seres vivos inclusive dos seres humanos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores de oxigênio dissolvido e da condutividade elétrica no ponto apresentaram alterações devido a interferência antrópica por lançamento de efluentes no curso do rio Tinto.

As concentrações dos metais pesados estão abaixo dos limites estabelecidos pelo CONAMA, exceto as concentrações de cádmio (Cd) e ferro (Fe).

É importante destacar a necessidade de renovação do enquadramento dos corpos de água do estado da Paraíba, bem como em diversos estados brasileiros, para que esse instrumento, possa de fato, ter sua funcionalidade socioambiental.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M.R.M.P.; NOVAIS, A.C.; e GUARINO, A.W.S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, v.25, n.6B, p. 1145-1154, mai.2002.

AMARO, C.A. **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. Dissertação (mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Energia Hidráulica ou Sanitária. Ed.Rev. 224p. São Paulo, 2009.

BENNET-CHAMBERS, M.; DAVIES, P.; and KNOTT, B. Cadmium in aquatic ecosystems in Western Australia: A legacy of nutrient-deficient soils. **Journal of Environmental Management**, v. 57, p. 283–295, 1999.

BRASIL. Agência Nacional das Águas - ANA. **Fatos e Tendências: Água**. Brasília, setembro de 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf> Acessado em: 15 de Junho de 2020.

_____ **Constituição Federal (1988)**. Título III Da Organização do Estado, Cap. II Da União, Art. 21, inciso XIX. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf?sequence=1>. Acessado em: 12 mar. 2020.

_____ CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução* nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília. DOU nº 053, de 18 de março de 2005. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acessado em 23 de Ago de 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: 22 Ago. de 2020.

D'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S.; e FERREIRA, A. P. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu Quality assessment of the public water supply in Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 16, n. 3, p. 791-798, 2000.

FURTADO, J.G.C. **Estudo de impactos ambientais causados por metais pesados em água do mar na baía de São Marcos: correlações e níveis background**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Paraíba, UFPB. 2008. Disponível em: <http://www.ppgq.quimica.ufpb.br/dissertacoes/Dissertacao_Jethania_Glasses.pdf>. Acessado em: 07 de Jun., 2020.

GROTTO, H. Z. W. Metabolismo do ferro: uma revisão sobre os principais mecanismos envolvidos em sua homeostase. **Rev.**

Bras. Hematol. Hemoter., São Paulo , v. 30, n. 5, p. 390-397, Oct. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acessado em: 19 de Jun., 2020.

LATUF, M.O. Diagnóstico das águas superficiais do córrego São Pedro, Juiz de Fora-MG. Geografia (Londrina) - **Revista do Departamento de Geociência**, v.13, n.1, p.21-55, 2004.

LIMA, W. S.; e GARCIA, C. A. B. Qualidade da Água em Ribeirópolis-SE: O Açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira. **Scientia plena**, v. 4, n.12, 2008.

LIRA, W.S.; e CÂNDIDO, G.A. (orgs). Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa [online]. Campina Grande: **EDUEPB**, 2013, 325p. ISBN 9788578792824. Disponível em: < <https://static.scielo.org/scielobooks/bxj5n/pdf/lira-9788578792824.pdf>> Acessado em: 01 de Ago. 2020.

MENDES, A. D. C. G., SILVA JUNIOR, J. B. D., MEDEIROS, K. R., LYRA, T. M., MELO FILHO, D. A. D., e SÁ, D. A. D. Sistema de Informações Hospitalares fonte complementar na vigilância e monitoramento das doenças de veiculação hídrica. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 9, n. 2, p. 111-124, 2000.

MINISTÉRIO DE MINAS DE ENERGIA. **Diagnóstico do Município de Rio Tinto**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Paraíba, out. 2005. Disponível em:< <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/RIOT159.pdf>>. Acessado em: 12 mar. 2012.

MORAES, D.S.L.; e JORDÃO, B.Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev Saúde Pública**, v.36, n.3, p.370-374, mar. 2002.

MORUZZI,R.B.; e REALI, M.A.P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial – uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V. 4, No . 1 p 29-43, Abr. de 2012.

PARAÍBA. Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA. **DZS 201- Classificação das Águas Interiores do Estado**. Sistema Estadual de Licenciamento de atividade Poluidoras – SELAP. Aprovado em reunião de 03 de Março de 1988. Disponível em:< http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/DZS_01.pdf> Acessado em: 10 de Ago. de 2020.

PARAÍBA. Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA. **DZS 206- Enquadramento dos Corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape**. Sistema Estadual de Licenciamento de atividade Poluidoras – SELAP. Aprovado em reunião de 03 de Março de 1988. Disponível em:< http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/DZS_04.pdf> Acessado em: 10 de Ago. de 2020.

PINHO, A. G. **Estudo Da Qualidade das Águas do Rio Cachoeira-Região Sul da Bahia**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA, Subprograma Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus- BA, 2001. Disponível em: < http://www.uesc.br/cursos/pos_graduacao/mestrado/mdrma/teses/dissertacao_acacia.pdf > Acessado em: 31 de Jun. 2020.

RICHTER, C.A; e AZEVEDO NETTO, J. M. Tratamento de Água, tecnologia atualizada. Ed. **Edgard Blucher**, 332p., 1991.

ROCHA, A.F.; e GONÇALVES, R. **Cádmio, Chumbo, Mercúrio – A problemática destes metais pesados na Saúde Pública?** . Tese de licenciatura (Curso de Ciência da Nutrição) – Faculdade de Ciência da Nutrição e Alimentação Universidade do Porto, FCNAUP. 2009. Disponível em: < <https://repositorio-aberto.up.pt/>

bitstream/10216/54676/4/127311_0925TCD25.pdf>. Acessado em: 07 de Jan. 2013.

SANTOS, E. B.; AMANCIO, O. M. S.; e OLIVA, C. AG. Estado nutricional, ferro, cobre e zinco em escolares de favelas da cidade de São Paulo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, 2007.

SATARUG, S.; GARRETT, S. H.; SENS, M. A.; e SENS, D. A. Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro , v. 16, n. 5, p. 2587-2602, Mai 2011.

SOUZA, V. L.; SILVA, D. C.; SANTANA, K. B.; MIELKE, M. S.; ALMEIDA, A. F.; MANGABEIRA, P. A. O.; e ROCHA, E. A. Efeitos do cádmio na anatomia e na fotossíntese de duas macrófitas aquáticas. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo , v. 23, n. 2, p. 343-354, Jun. 2009.

VIEIRA, D. S.; COSTA, R.J.B.; MELO, E.E.C.; e SILVA, A.J. Quantificação do fósforo em áreas próximas a antiga Indústria têxtil, Rio Tinto – PB. **In: X CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL**, 2011, São Lourenço - MG. Disponível em: < <http://www.seb-ecologia.org.br/xceb/resumos/1650.pdf> > Acessado em: 28 de Abr. 2020.

VIRGA, R.H.P.; GERALDO, L.P.; e SANTOS, F.H. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siris azuis. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 27(4): 779-785, out.-dez. 2007.

YABE, M.J.S.; e OLIVEIRA, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. Sociedade Brasileira de Química. **Química Nova**, v.21, n.5, p.551-556, jan. 1998.

EVOLUÇÃO MOLECULAR DO ZIKA VÍRUS (ZIKV)

Niara Isis Pereira de Oliveira
Victor Felliipe dos Santos Gomes
Adriano Soares da Silva
Aline Katarina da Silva Bezerra
Ana Pavla Almeida Diniz Gurgel

1 INTRODUÇÃO

Os arbovírus (arthropod-borne virus) são um grupo de vírus cuja transmissão ocorre através da sucção cutânea de artrópodes em hospedeiro vertebrado. Os arbovírus estão incluídos nas famílias Reoviridae, Rhabdoviridae, Bunyaviridae, Togaviridae e Flaviviridae. Muitos destes arbovírus causam zoonoses e alguns dependem de espécies não humanas para a sua manutenção. As arboviroses são doenças causadas por arbovírus. As principais arboviroses que conferem perigo à saúde humana, no Brasil, são o vírus da dengue (DENV), chikungunya (CHICKV), febre amarela (YFV) e, recentemente, o zika vírus (ZIKV) (FARIA *et al.*, 2016; MUSSO & GUBLER, 2016; NUNES *et al.*, 2016; VAN HEMERT & BERKHOUT, 2016)

As causas da recente epidemia de ZIKV nas Américas ainda está em discussão. Uma das principais hipóteses é de que mutações nos genes estruturais e não estruturais de ZIKV permitiu uma maior infectividade, transmissibilidade, patogenicidade e evasão imune. Assim, no presente capítulo, nós discutiremos os prováveis impactos biológicos causados pelas mutações no genoma do ZIKV.

2.1 Breve histórico

ZIKV foi inicialmente isolado em macacos Rhesus, na Uganda, em 1947 e até o ano 2006, foram registrados menos de 20 casos de infecções em humanos causadas por esse vírus (CHAN *et al.*, 2016; DICK, KITCHEN & HADDOW, 1952). Contudo, em 2007 foi reportado que 73% da população das ilhas Yap, localizado na Micronésia, foi infectada pelo ZIKV (DUFFY *et al.* 2009). Um segundo surto causado por ZIKV foi reportado na Polinésia Francesa, em 2013 (CALVET *et al.*, 2016b). Subsequentemente, no ano de 2015, foi relatado um surto de ZIKV no Brasil e em outros países da América Latina. Particularmente no Brasil, foram relatados cerca de 30.000 casos de ZIKV de março de 2015 a início de 2016 (FARIA *et al.*, 2016), sendo estes números provavelmente subestimados tendo em vista a cocirculação do DENV e CHIKV. Dentre este total de casos, a maioria ocorreram em Estados do Nordeste do Brasil, especificamente na Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Paraíba (FARIA *et al.*, 2016).

2.2 Morfologia e genoma viral

ZIKV é um vírus envelopado e caracteriza-se por apresentar um genoma de RNA de fita simples, sentido positivo, contendo aproximadamente 11 kb e um único quadro de leitura aberto (ORF) (Figuras 1 e 2). Com base nas alterações nucleotídicas do RNA viral, o ZIKV é classificado em linhagem Africana e Linhagem Asiática, sendo esta última a mais patogênica.

O genoma do ZIKV é dividido em três regiões: i) duas regiões regulatórias não codificantes, denominadas 5'UTR e 3'UTR; ii) uma região contendo três genes que codificam para proteínas estruturais do ZIKV; iii) outra região que apresentam

sete genes que codificam para proteínas não estruturais. Após a entrada na célula hospedeira, o RNA viral é traduzido, gerando o polipeptídeo 5'-C-prM-E-NS1-NS2A-NS2B-NS3-NS4A-NS4B-NS5-3'. Esse polipeptídeo é posteriormente clivado, gerando as proteínas estruturais (C, prM e E) e não estruturais (NS1-NS5) (ENFISSI *et al.*, 2016; LANCIOTTI *et al.*, 2008; MUSSO & GUBLER, 2016; VAN HEMERT & BERKHOUT, 2016; WANG *et al.*, 2017a)

(Figura 2).

Figura 1. Representação esquemática do ZIKV



(A) Envelope viral, (B) prM/M, (C) Capsídeo Proteico, (D) RNA viral e (E) Estrutura externa com a adesão dos dímeros.

Fonte: Elaboração própria.

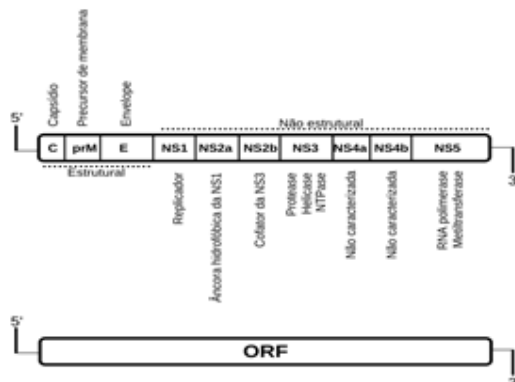
As regiões não codificantes 5'UTR e 3'UTR atuam na ciclição do genoma, sendo essenciais para o processo da síntese de RNA e replicação do vírus (WANG *et al.*, 2017a).

A superfície externa do vírus é formada por proteínas estruturais, nomeadamente as proteínas C, prM e E. As proteínas estruturais são responsáveis pela estrutura física externa que envolve o material genético do vírus e atua na ligação e fusão com a membrana da célula hospedeira. O capsídeo do ZIKV (proteína C) tem formato icosaédrico e é circundado por uma bicamada lipídica. A proteína prM atua no processo de clivagem e maturação do vírus. A proteína E é uma glicoproteína de membrana que

atua na fusão do vírus com as células do hospedeiro (WANG *et al.*, 2017a).

As proteínas não estruturais (NS1–NS5) são responsáveis pelo processo de replicação do RNA viral e evasão imune. O gene NS1 do genoma do ZIKV está relacionado com a replicação do RNA viral e evasão imune. As proteínas hidrofóbicas NS2A, NS2B, NS3, NS4A e NS4B participam do processo de replicação viral e processamento da poliproteína viral. O gene não estrutural NS5 do ZIKV codifica para a RNA-polimerase dependente de RNA e atua no capeamento do RNA viral (WANG *et al.*, 2017a).

Figura 2. Representação da Open Reading Frame (ORF) de ZIKV



Fonte: Elaboração própria.

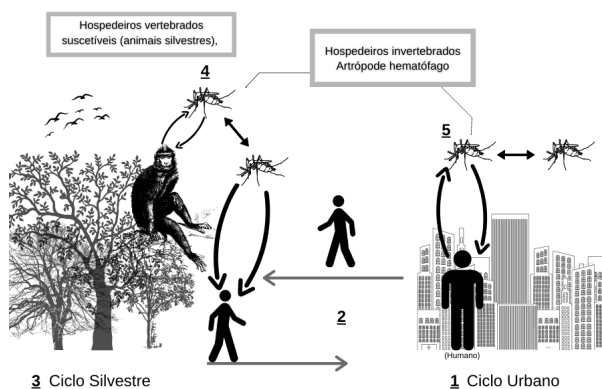
2.3 Ciclo de transmissão

O ciclo de transmissão do ZIKV envolve vetores artrópodes do gênero *Aedes* (principalmente o *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*). No ciclo vetorial, a transmissão do ZIKV ocorre através da picada do mosquito em hospedeiros vertebrados (humanos ou macacos), tanto em áreas silvestres como também em áreas urbanas (Figura 3).

Além do ciclo de transmissão vetorial, diversos estudos têm mostrado que ZIKV é também é transmitido por via trans-

placentária (transmissão vertical), por contato sexual e transfusão sanguínea (BESNARD *et al.*, 2014; CALVET *et al.*, 2016a; D'ORTENZIO *et al.*, 2016; DRIGGERS *et al.*, 2016; MANSUY *et al.*, 2016; MCCARTHY, 2016; MUSSO, 2015; MUSSO & GUBLER, 2016; TURMEL *et al.*, 2016).

Figura 3. Ciclo de transmissão vetorial do ZIKV. 1- Ciclo vetorial urbano. 2- Indivíduos infectados transitando entre área urbana e silvestre. 3- ciclo vetorial silvestre. 4- ciclo vetorial silvestre (artrópode-humano-artrópode; artrópode-macaco-artrópode). 5- Ciclo vetorial urbano (artrópode-humano-artrópode)



Fonte: Elaboração própria.

As manifestações clínicas em humanos causadas pelo ZIKV incluem febre, artralgia, mialgia e erupção cutânea. Infecções por ZIKV também são associadas com síndromes neurológicas, como a microcefalia e a síndrome de Guillain-Barré (CHAN *et al.*, 2016; PETERSEN *et al.*, 2016).

2.4 Evolução molecular do ZIKV

Diversos estudos tem sido realizados na tentativa de esclarecer quais as variações genéticas estão relacionadas com o aumento de infectividade, transmissibilidade, patogenicidade e evasão imune da Linhagem Asiática de ZIKV.

As regiões regulatórias 5'UTR e 3'UTR contêm sítios de ligação para proteínas da célula hospedeira e do ZIKV. Estas regiões regulatórias atuam na replicação viral, tradução e patogênese do ZIKV (GRITSUN & GOULD, 2007). Assim, alterações genéticas nas regiões regulatórias 5'UTR e 3'UTR de ZIKV podem estar associadas com a infectividade e patogenicidade deste vírus. Um recente estudo mostrou que mutações na região 5'UTR tem impacto na infectividade do ZIKV (LI *et al.*, 2018).

Modificações na sequência de aminoácidos nas proteínas estruturais do genoma de ZIKV, nomeadamente o gene C, prM e o gene E, podem também estar relacionados com a patogenicidade e evasão imune do ZIKV (RIDLER, 2017; YUAN *et al.*, 2017). Nesse cenário, um estudo mostrou que a alteração na proteína prM S139N aumenta a patogenicidade do ZIKV e está relacionada com casos de microcefalia fetal (YUAN *et al.*, 2017). Um recente estudo mostrou que a variação V330L, na proteína do envelope viral, está relacionada com a patogenicidade viral em modelos animais (DUGGAL *et al.*, 2019). A variação V473M, localizada também na proteína do envelope, aumenta a patogenicidade e a transmissibilidade materno-fetal em primatas não humanos (SHAN *et al.*, 2020). Além disso, as variações A333T, T335E, D67A e K118R estão relacionadas com o escape imunológico do ZIKV (SOURISSEAU *et al.*, 2019). Dessa forma, estes estudos funcionais *in vitro* e *in vivo* mostraram que as alterações genéticas em genes estruturais têm impacto na patogenicidade, transmissibilidade e escape imune do ZIKV.

De modo semelhante, modificações genéticas em genes não estruturais do genoma de ZIKV, nomeadamente NS1, NS2A, NS2B, NS3, NS4A, NS4B, NS5, podem também estar relacionadas com a transmissibilidade e patogenicidade do vírus (XIA *et al.*, 2018). Um estudo prévio mostrou que a variação A188V, na proteína NS1, aumenta a transmissibilidade de ZIKV em vetores

artrópodes (LIU *et al.*, 2017). A188V também foi relacionada com a evasão imune desses vírus (XIA *et al.*, 2018). Além disso, a mutação T233A, de NS1, desestabiliza a estrutura tridimensional da proteína NS1, alterando sua função (WANG *et al.*, 2017b). Apesar da importância, ainda existem poucos estudos funcionais *in vitro* e *in vivo* com as mutações em genes não estruturais de ZIKV.

Nosso grupo de pesquisa revelou que a maioria das variações nos genomas das duas linhagens de ZIKV são sinônimas, sem aparente repercussão em estruturas proteicas virais (dados não publicados). Assim, o papel dessas mutações sinônimas na infectividade, transmissibilidade, patogenicidade e evasão imunológica permanecem desconhecido.

Eventos de recombinação, apesar de incomuns para os Flavivírus, também foram relatados em genomas de ZIKV. Ganhos e perdas de sítio de glicosilação, por exemplo, foram observados na proteína E, de DENV, com provável impacto na infectividade nos vetores (FAYE *et al.*, 2014). Contudo, apesar da importância, estudos de eventos de recombinação em ZIKV são escassos.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mutações não-sinônimas nos genes estruturais e não estruturais observadas em Linhagens Asiáticas de ZIKV estão relacionadas com a infectividade, transmissibilidade, patogenicidade e evasão imune desse vírus. Futuros estudos deverão esclarecer o impacto biológico de outras variações sinônimas e não sinônimas no genoma de ZIKV e sua relação recente surto de ZIKV nas Américas.

Agradecimentos

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

BESNARD, M. *et al.* Evidence of perinatal transmission of Zika virus, French Polynesia, December 2013 and February 2014. **Euro Surveillance: Bulletin Europeen Sur Les Maladies Transmissibles = European Communicable Disease Bulletin**, v. 19, n. 13, 3 abr. 2014.

CALVET, G. *et al.* Detection and sequencing of Zika virus from amniotic fluid of fetuses with microcephaly in Brazil: a case study. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 16, n. 6, p. 653–660, jun. 2016a.

CALVET, G. A. *et al.* First detection of autochthonous Zika virus transmission in a HIV-infected patient in Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Clinical Virology: The Official Publication of the Pan American Society for Clinical Virology**, v. 74, p. 1–3, jan. 2016b.

CHAN, J. F. W. *et al.* Zika fever and congenital Zika syndrome: An unexpected emerging arboviral disease. **The Journal of Infection**, v. 72, n. 5, p. 507–524, maio 2016.

DICK, G. W. A.; KITCHEN, S. F.; HADDOW, A. J. Zika virus. I. Isolations and serological specificity. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 46, n. 5, p. 509–520, set. 1952.

D'ORTENZIO, E. *et al.* Evidence of Sexual Transmission of Zika Virus. **The New England Journal of Medicine**, v. 374, n. 22, p. 2195–2198, 2 jun. 2016.

DRIGGERS, R. W. *et al.* Zika Virus Infection with Prolonged Maternal Viremia and Fetal Brain Abnormalities. **New England Journal of Medicine**, v. 374, n. 22, p. 2142–2151, 2 jun. 2016.

DUFFY, M. R. *et al.* Zika Virus Outbreak on Yap Island, Federated States of Micronesia. **New England Journal of Medicine**, v. 360, n. 24, p. 2536–2543, 11 jun. 2009.

DUGGAL, N. K. *et al.* Mutations present in a low-passage Zika virus isolate result in attenuated pathogenesis in mice. **Virology**, v. 530, p. 19–26, 1 abr. 2019.

ENFISSI, A. *et al.* Zika virus genome from the Americas. **The Lancet**, v. 387, n. 10015, p. 227–228, 16 jan. 2016.

FARIA, N. R. *et al.* Zika virus in the Americas: Early epidemiological and genetic findings. **Science**, v. 352, n. 6283, p. 345–349, 15 abr. 2016.

FAYE, O. *et al.* Molecular Evolution of Zika Virus during Its Emergence in the 20th Century. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 1, 9 jan. 2014.

GRITSUN, T. S.; GOULD, E. A. Origin and evolution of flavivirus 5'UTRs and panhandles: Trans-terminal duplications? **Virology**, v. 366, n. 1, p. 8–15, 15 set. 2007.

LANCIOTTI, R. S. *et al.* Genetic and Serologic Properties of Zika Virus Associated with an Epidemic, Yap State, Micronesia, 2007. **Emerging Infectious Diseases**, v. 14, n. 8, p. 1232, ago. 2008.

LI, P. *et al.* Integrative Analysis of Zika Virus Genome RNA Structure Reveals Critical Determinants of Viral Infectivity. **Cell Host & Microbe**, v. 24, n. 6, p. 875–886.e5, 12 dez. 2018.

LIU, Y. *et al.* Evolutionary enhancement of Zika virus infectivity in *Aedes aegypti* mosquitoes. **Nature**, v. 545, n. 7655, p. 482–486, 25 maio 2017.

MANSUY, J. M. *et al.* Zika virus: high infectious viral load in semen, a new sexually transmitted pathogen? **The Lancet. Infectious Diseases**, v. 16, n. 4, p. 405, abr. 2016.

MCCARTHY, M. Zika virus was transmitted by sexual contact in Texas, health officials report. **BMJ (Clinical research ed.)**, v. 352, p. i720, 4 fev. 2016.

MUSSO, D. Zika Virus Transmission from French Polynesia to Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, v. 21, n. 10, p. 1887, out. 2015.

MUSSO, D.; GUBLER, D. J. Zika Virus. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 29, n. 3, p. 487–524, jul. 2016.

NUNES, M. L. *et al.* Microcephaly and Zika virus: a clinical and epidemiological analysis of the current outbreak in Brazil. **Jornal de Pediatria (Versão em Português)**, v. 92, n. 3, p. 230–240, maio 2016.

PETERSEN, L. R. *et al.* Zika Virus. **New England Journal of Medicine**, v. 374, n. 16, p. 1552–1563, 21 abr. 2016.

RIDLER, C. **CNS infections: Zika virus mutation associated with increased infectivity, mortality and severe microcephaly.** Research Highlights. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nrneurol.2017.174>>. Acesso em: 12 maio. 2018.

SHAN, C. *et al.* A Zika virus envelope mutation preceding the 2015 epidemic enhances virulence and fitness for transmission. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 33, p. 20190–20197, 18 ago. 2020.

SOURISSEAU, M. *et al.* Deep Mutational Scanning Comprehensively Maps How Zika Envelope Protein Mutations Affect Viral Growth and Antibody Escape. **Journal of Virology**, v. 93, n. 23, 1 dez. 2019.

TURMEL, J. M. *et al.* Late sexual transmission of Zika virus related to persistence in the semen. **The Lancet**, v. 387, n. 10037, p. 2501, 18 jun. 2016.

VAN HEMERT, F.; BERKHOUT, B. Nucleotide composition of the Zika virus RNA genome and its codon usage. **Virology Journal**, v. 13, p. 95, 2016.

WANG, A. *et al.* Zika virus genome biology and molecular pathogenesis. **Emerging Microbes & Infections**, v. 6, n. 3, p. e13, mar. 2017a.

WANG, D. *et al.* A Mutation Identified in Neonatal Microcephaly Destabilizes Zika Virus NS1 Assembly in Vitro. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 42580, 15 fev. 2017b.

XIA, H. *et al.* An evolutionary NS1 mutation enhances Zika virus evasion of host interferon induction. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 414, 29 jan. 2018.

YUAN, L. *et al.* A single mutation in the prM protein of Zika virus contributes to fetal microcephaly. **Science**, v. 358, n. 6365, p. 933–936, 17 nov. 2017.

DETECÇÃO ANALÍTICA DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS USANDO TÉCNICAS VOLTAMÉTRICAS: tendências e possibilidades

Daniel Jackson Estevam da Costa
Francisco Antônio da Silva Cunha
Fátima Aparecida Cristiane Sanches
Mário César Ugulino de Araújo
Williame Farias Ribeiro

1 INTRODUÇÃO

A ciclagem de vários compostos orgânicos, através dos principais meios ambientais (ar, água e solo), representa ameaças aos seres humanos através de suas mais diversas rotas. Tais compostos podem se apresentar como compostos orgânicos voláteis, compostos orgânicos não voláteis, poluentes orgânicos persistentes e contaminantes emergentes. Em geral, esses compostos tóxicos são liberados como misturas complexas de constituintes e distribuídos ao ambiente de diversas formas, acarretando riscos imprevisíveis à saúde, variando desde alergias a cânceres (LI & MIGLIACCIO, 2010; RAZA *et al.* 2018).

Nesse cenário, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), poluentes ditos prioritários conforme a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (SANTOS *et al.*, 2019; UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2014), são os particulados orgânicos mais preocupantes com importância ambiental e interesse toxicológico, consistindo-se em moléculas com anéis aromáticos (arila) condensados, obtidos

através de reação de combustão incompleta de matéria orgânica, sendo considerados como possíveis agentes cancerígenos e/ou mutagênicas aos animais e também ao homem (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2007). São contaminantes ubíquos do meio ambiente e estão presentes em amostras de águas, ar e sólidas, como corais, partículas sólidas no ar, sedimentos, bem como em amostras de solos e alimentos (SANTOS *et al.*, 2019).

Estudos demonstraram que os HPAs podem ser oriundos de fontes antropogênicas (a exemplo dos escapamentos de veículos, da queima de carvão e da fumaça de cigarro) e naturais (quimadas espontâneas e erupções vulcânicas), (MEIRE & AZEVEDO; PERERA *et al.*, 2005; PEREIRA NETTO *et al.*, 2000; TORRES, 2007).

Os humanos podem ser expostos aos HPAs por diferentes vias, a saber: pele, inalação ou por ingestão. A ação exercida ocorre durante o seu processo metabólico, cuja formação de compostos hidrossolúveis (epóxidos e compostos polihidroxilados) facilitam a sua excreção pela via urinária. No entanto, é também importante ressaltar que processos de tumoração podem ser desencadeados mediante interação de um destes intermediários com a guanina do DNA (MANAHAN, 2013).

A importância da investigação dos efeitos causados pela exposição humana aos HPAs tem despertado atenção especial dedicada ao desenvolvimento de protocolos analíticos capazes de os identificar e determinar. Desse modo, o presente capítulo traz uma breve revisão das metodologias analíticas empregadas para detecção de HPAs em meios aquosos.

2 TÉCNICAS VOLTAMÉTRICAS PARA A ANÁLISE DE HPAS

Os efeitos causados no organismo humano pela exposição aos HPAs despertaram atenção para o desenvolvimento de

metodologias analíticas para identificação e determinação desses compostos em níveis de traços em diversas matrizes.

As análises traços de HPAs em meios aquosos são realizadas pelas mais diferentes técnicas, principalmente pelas que envolvem separações cromatográficas (TANG *et al.* 2020) e imunoenaios ELISA (SUN *et al.* 2020), mas muitas são dispendiosas, requerem etapas de extração e enriquecimento preliminares dos analitos (preparação das amostras) e equipamentos sofisticados.

De forma promissora, alternativamente, os métodos eletroanalíticos, tais como a voltametria, vem ganhando destaque nas mais diversas áreas do conhecimento, especialmente na química, tendo como objetivo a determinação de compostos orgânicos e inorgânicos, por dispensar, por muitas vezes, as etapas de preparo de amostras e possibilitar alcançar limites de detecção comparáveis aos alcançados através dos métodos cromatográficos (SOUZA, MACHADO & AVACA, 2003).

A voltametria compreende um grupo de técnicas eletroquímicas, onde as informações sobre o analito se baseiam na medição da corrente resultante de um sistema redox na superfície do eletrodo de trabalho, durante a aplicação de uma diferença de potencial na célula eletroquímica (BRETT & BRETT, 2000; SOUZA, MACHADO & AVACA, 2003).

A escolha do material de eletrodo (empregado para o desenvolvimento/uso de sensores com alta estabilidade, sensibilidade e seletividade), os insumos usados como eletrólito de suporte (meio eletrolítico) e os parâmetros operacionais são necessários para o sucesso e aplicabilidade dessas técnicas à amostras de interesse industrial, clínico e ambiental (FREIRE, PESSOA e KUBOTA, 2003; LOWINSOHN & BERTOTTI, 2006). Desse modo, na literatura são encontrados alguns trabalhos voltados a determinação de HPAs por técnicas voltamétricas envolvendo diversos tipos de sensores.

A determinação de benzo(a)pireno, na faixa linear de concentração de 16 - 200 nM (4,04 - 50,46 ng mL⁻¹), em amostras de águas usando eletrodo de diamante dopado com boro (EDDB) na presença do surfactante dodecil sulfato de sódio (DSS) e tampão Britton-Robison (pH 2,0) foi proposta por Yardim *et al.*, (2011). Um limite de detecção de 2,86 nM (0,72 ng mL⁻¹) foi alcançado pelo método.

Empregando o EDDB e voltametria de pulso diferencial, Yosypchuk, Barek & Vyskočil (2012) determinaram sob mistura de metanol-tampão Britton-Robinson (pH 3,0) numa proporção 70:30 os derivados do HPA pireno (1-nitropireno e o 1-hidroxipireno) numa faixa linear de concentração que varia de $1,0 \times 10^{-6}$ a $1,0 \times 10^{-4}$ mol dm⁻³.

Um sensor eletroquímico baseado na imobilização de supramolécula de calixarenos (25,27-(3-tiopropoxi)-p-terc-butil-4-cálixareno) em nanopartículas magnéticas de Fe₃O₄ e posterior interação com os pontos quânticos CdSe foi desenvolvido por Sehatnia *et al.* (2014) para a determinação dos HPAs antraceno e naftaleno usando voltametria de onda quadrada. O decréscimo do sinal dos pontos quânticos foi proporcional ao aumento da concentração dos HPAs, onde apresentou uma faixa de concentração $2,1 \times 10^{-7}$ a $1,4 \times 10^{-5}$ e $1,5 \times 10^{-6}$ a $2,5 \times 10^{-5}$ mol L⁻¹ e limite de detecção de 20,1 ng mL⁻¹ e 105,5 ng mL⁻¹ para os HPAs antraceno e naftaleno, respectivamente.

Considerando os avanços da ciência e a modernidade, biossensores eletroquímicos de DNA, com vista a avaliação dos danos causados no ácido nucleico, assim como a verificação do seu mecanismo de ação, também são alternativos a análise de HPAs (SEEMAN, 1998). Tais dispositivos são empregados nos estudos de interação cinética entre compostos biologicamente ativos e o DNA, através de técnicas voltamétricas que empre-

gam ciclos e pulsos de potencial, entre outras (BRETT *et al.* 1998; LA-SCALEA, SERRANO & GUTZ, 1999).

O biossensor eletroquímico de DNA é formado por um transdutor eletroquímico (o eletrodo indicador) com um filme de ácido nucléico, como um meio de reconhecimento biológico, imobilizado na superfície (sonda), o qual permite a detecção dos danos no DNA e os agentes que causaram esses danos. A interação do DNA com o agente prejudicial foi convertida, através de modificações nas propriedades eletroquímicas do filme de DNA, em sinais elétricos mensuráveis (OLIVEIRA-BRETT *et al.*, 2006).

A literatura tem reportado alguns estudos para avaliar a interação eletroquímica de HPAs e seus derivados com o DNA de cadeia dupla (*dsDNA*) usando diferentes técnicas voltamétrica e diferentes superfícies eletródicas (carbono vítreo, eletrodos impressos de carbono, eletrodos de pasta de carbono, eletrodo de ouro) como biossensores eletroquímicos de DNA. Ante o exposto exemplificam-se as pesquisas realizadas com benzo(a)pireno (KERMAN *et al.*, 2001), metabólitos de HPAs em amostras biliares de peixe (BAGNI *et al.*, 2005; LUCARELLI *et al.*, 2003), derivados nitro genotóxicos de fluoreno (VYSKOČIL, LABUDA & BAREK, 2010), 7,12-dimetilbenzo(a)antraceno (YARDIM *et al.* 2010), derivados de naftaleno em amostras de águas naturais (LIANG *et al.*, 2013) e benzo(a)pireno (NI *et al.*, 2014).

Como vantagem, os biossensores eletroquímicos de DNA representam uma forma sensível, rápida, simples e de baixo custo na verificação de interações de moléculas com DNA. A vantagem de se utilizar biossensores eletroquímicos de DNA é a possibilidade da análise *in situ* de radicais intermediários reativos e a detecção da interação desses radicais com o DNA. Esses biossensores têm proporcionado de forma eficaz a compreensão da interação do DNA com inúmeras moléculas, especialmente carcinogênicas, ou íons, assim como a investigação do meca-

nismo de ação dos danos oxidativos ao DNA. Os biossensores eletroquímicos de DNA são utilizados nos estudos das reações cinéticas entre compostos biologicamente ativos e o DNA, através de técnicas voltamétricas, entre outras (BRETT *et al.*, 1998; LA-SCALEA, SERRANO & GUTZ, 1999).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os HPAs por ser carcinogênicos e mutagênicos são contaminantes ambientais bastante perigosos para a saúde humana, o que necessita de estudos voltados ao desenvolvimento de métodos analíticos precisos, sensíveis e seletivos para a determinação e análise de possíveis danos causados por esses compostos ao DNA.

O uso de biossensores eletroquímicos de DNA tem sido viável à determinação desses compostos, bem como o desenvolvimento de estudos de interação com o DNA. Além disso, esses dispositivos podem ser empregados a diversas matrizes mostrando-se ser simples, eficazes, de baixo custo e rápida detecção/interação com os HPAs e seus derivados e produtos de degradação.

REFERÊNCIAS

BAGNI, G.; BAUSSANT, T.; JONSSON G.; BARSIENE J.; MAS-CINI, M. Electrochemical Device for the Rapid Detection of Genotoxic Compounds in Fish Bile Samples. *Analytical Letters*, v. 38, n. 15, p. 2639–2652, 1 dez. 2005.

BRETT, A. M. O.; MACEDO, T. R. A.; RAIMUNDO, D.; MARQUES, M. H.; SERRANO, S. H. P. Voltammetric behaviour of mitoxantrone at a DNA-biosensor. *Biosensors and Bioelectronics*, v. 13, n. 7, p. 861–867, 1 out. 1998.

BRETT, A. M. O.; BRETT, C. M. A. *Electroquímica: Princípios, Métodos e Aplicações*. Edição: 1a ed. Coimbra: Almedina, 2000.

FOAN, L.; SIMON, V. Optimization of pressurized liquid extraction using a multivariate chemometric approach and comparison of solid-phase extraction cleanup steps for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in mosses. *Journal of Chromatography A*, v. 1256, p. 22–31, 21 set. 2012.

FREIRE, R. S.; PESSOA, C. A.; KUBOTA, L. T. Emprego de monocamadas auto-organizadas no desenvolvimento de sensores eletroquímicos. *Química Nova*, v. 26, n. 3, p. 381–389, maio 2003.

GIL, E. DE S.; KUBOTA, L. T.; YAMAMOTO, Y. I. Alguns aspectos de imunoensaios aplicados à química analítica. *Química Nova*, v. 22, n. 6, p. 874–881, dez. 1999.

GIMENO, R. A.; COMAS, E.; MARCÉ, R.M.; FERRÉ, J.; RIUS, F.X.; BORRULL, F. Second-order bilinear calibration for determining polycyclic aromatic compounds in marine sediments by solvent extraction and liquid chromatography with diode-array detection. *Analytica Chimica Acta*, v. 498, n. 1, p. 47–53, 28 nov. 2003.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. *Agents Classified by the IARC Monographs*. v. 1–123, p. 37, 2007.

KERMAN, K.; MERIC, B.; OZKAN, D.; KARA, P.; ERDEM, A.; OZSOZ, M. Electrochemical DNA biosensor for the determination of benzo[a]pyrene–DNA adducts. *Analytica Chimica Acta*, v. 450, n. 1, p. 45–52, 21 dez. 2001.

LA-SCALEA, M. A.; SERRANO, S. H. P.; GUTZ, I. G. R. Eletrodos modificados com DNA: uma nova alternativa em eletroanálise. *Química Nova*, v. 22, n. 3, p. 417–424, jun. 1999.

LI, Y.; MIGLIACCIO, K. *Water quality concepts, sampling, and analyses*. [s.l.] CRC Press, 2010.

LIANG, G.; LI, T.; LI, X.; LIU, X.. Electrochemical detection of the amino-substituted naphthalene compounds based on intercalative interaction with hairpin DNA by electrochemical impedance spectroscopy. *Biosensors & Bioelectronics*, v. 48, p. 238–243, 15 out. 2013.

LOWINSOHN, D.; BERTOTTI, M. Sensores eletroquímicos: considerações sobre mecanismos de funcionamento e aplicações no monitoramento de espécies químicas em ambientes microscópicos. *Química Nova*, v. 29, n. 6, p. 1318–1325, dez. 2006.

LUCARELLI, F.; AUTHIER, L.; BAGNI, G.; MARRAZZA, G.; BAUSSANT, T.; AAS, T.; MASCINI, M. DNA Biosensor Investigations in Fish Bile for Use as a Biomonitoring Tool. *Analytical Letters*, v. 36, n. 9, p. 1887–1901, 8 jan. 2003.

MANAHAN, S. E. *Química Ambiental*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MEIRE, R. O.; AZEVEDO, A.; TORRES, J. P. M. ASPECTOS ECOTOXICOLÓGICOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS. v. 11, p. 188–201, 2007.

MIÈGE, C.; DUGAY, J.; HENNION, M. C. Optimization, validation and comparison of various extraction techniques for the trace determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in sewage sludges by liquid chromatography coupled to diode-array and fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*, v. 995, n. 1, p. 87–97, 2 maio 2003.

NI, Y.; WANG, P.; SONG, H.; LIN, X.; KOKOT, S. Electrochemical detection of benzo(a)pyrene and related DNA damage using DNA/hemin/nafion–graphene biosensor. *Analytica Chimica Acta*, v. 821, p. 34–40, 22 abr. 2014.

OLIVEIRA-BRETT, A. M.; PAQUIM, A.M.C.; DICULESCU, V.C.; PIEDADE, J.A.P. Electrochemistry of nanoscale DNA surface films on carbon. *Medical Engineering & Physics, Developments*

in Biosensors: New Structural Designs for Functional Interfaces. v. 28, n. 10, p. 963–970, 1 dez. 2006.

PEREIRA NETTO, A. D.; MOREIRA, J.C.; DIAS, A.E.; ARBILLA, G.; FERREIRA, L.F.V.; OLIVEIRA, A.S.; BAREK, J. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e seus derivados nitrados (NHPAs): uma revisão metodológica. *Química Nova*, v. 23, n. 6, p. 765–773, dez. 2000.

PERERA, F. P.; TANG, D.; RAUH, V.; LESTER, K.; TSAI, W.Y.; TU, Y.H.; WEISS, L.; HOEPNER, L.; KING, J.; DEL PRIORE, G.; LEDERMAN, S.A. Relationships among polycyclic aromatic hydrocarbon-DNA adducts, proximity to the World Trade Center, and effects on fetal growth. *Environmental Health Perspectives*, v. 113, n. 8, p. 1062–1067, ago. 2005.

RAZA, N.; HASHEMI, B.; KIM, K.H.; LEE, S.H.; DEEP, A. Aromatic hydrocarbons in air, water, and soil: Sampling and pretreatment techniques. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, v. 103, p. 56–73, 1 jun. 2018.

SANTELLA, R. M. Application of new techniques for the detection of carcinogen adducts to human population monitoring. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, v. 205, n. 1, p. 271–282, 1 jan. 1988.

SANTOS, P. M.; SÁNCHEZ, M.N.; PAVÓN, J.L.P.; CORDERO, B.M. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in human biological samples: A critical review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, v. 113, p. 194–209, 1 abr. 2019.

SCHEEPERS, P. T. J.; THUIS, H.J.T.M.; MARTENS, M.H.J.; BOS, R.P. Assessment of occupational exposure to diesel exhaust. The use of an immunoassay for the determination of urinary metabolites of nitroarenes and polycyclic aromatic hydrocarbons. *Toxicology Letters*, v. 72, n. 1, p. 191–198, 1 jun. 1994.

SCHEEPERS, P. T. J.; BEENAKKERS, M. F. M.; BOS, R. P. 107 Competitive ELISA for the metabolites of nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, v. 343, n. 1, p. 169–170, 1 jan. 1992.

SEEMAN, N. C. DNA nanotechnology: novel DNA constructions. *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure*, v. 27, p. 225–248, 1998.

SEHATNIA, B.; SABZI, R.E.; KHEIRI, F.; NIKOO, A. Sensitive molecular determination of polycyclic aromatic hydrocarbons based on thiolated Calix[4]arene and CdSe quantum dots (QDs). *Journal of Applied Electrochemistry*, v. 44, n. 6, p. 727–733, 1 jun. 2014.

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, jan. 2003.

SUN, Y., ZHANG, L., MENG, X., YIN, X., ZHANG, Y., MA, J., ZHANG, L., PARK, K. S., ZHOU, Y. A double-nanoprobe based immunoassay for rapid and sensitive detection of phenanthrene and some low-mass homologues, *Microchemical Journal*, (2020). <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105169>

TANG, J., MA, S., LIU, R., YUE, C., LI, G., YU, Y., AN, T., The pollution profiles and human exposure risks of chlorinated and brominated PAHs in indoor dusts from e-waste dismantling workshops: Comparison of GC–MS, GC–MS/MS and GC × GC–MS/MS determination methods. *Journal of Hazardous Materials* v. 394, p. 122573, 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Environmental Protection Agency. Disponível em: <<https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2014-title40-vol29/pdf/CFR-2014-title40-vol29-part423-appA.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2019.

VYSKOČIL, V.; LABUDA, J.; BAREK, J. Voltammetric detection of damage to DNA caused by nitro derivatives of fluorene using

an electrochemical DNA biosensor. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 397, n. 1, p. 233–241, maio 2010.

YARDIM, Y.; KESKIN, E.; LEVENT, A.; ÖZSÖZ, M.; SENTÜRK, Z. Voltammetric studies on the potent carcinogen, 7,12-dimethylbenz[a]anthracene: Adsorptive stripping voltammetric determination in bulk aqueous forms and human urine samples and detection of DNA interaction on pencil graphite electrode. *Talanta*, v. 80, n. 3, p. 1347–1355, 1 jan. 2010.

YARDIM, Y.; LEVENT, A.; KESKIN, E.; SENTÜRK, Z. Voltammetric behavior of benzo[a]pyrene at boron-doped diamond electrode: A study of its determination by adsorptive transfer stripping voltammetry based on the enhancement effect of anionic surfactant, sodium dodecylsulfate. *Talanta*, v. 85, n. 1, p. 441–448, 15 jul. 2011.

YOSYPCHUK, O.; BAREK, J.; VYSKOČIL, V. Voltammetric Determination of Carcinogenic Derivatives of Pyrene Using a Boron-Doped Diamond Film Electrode. *Analytical Letters*, v. 45, n. 5–6, p. 449–459, 1 mar. 2012.

FTALOCIANINAS DE ZINCO COMO MEDIADORES DE ELÉTRONS PARA ANÁLISE VOLTAMÉTRICA DE BENZO(A)PIRENO E FLUORANTENO

Daniel Jackson Estevam da Costa
Maria Eduarda Soares de Oliveira
Fabrício Claudino de Albuquerque
Mário César Ugulino de Araújo
Williame Farias Ribeiro

1 INTRODUÇÃO

Como consequência das nossas próprias atividades, várias mudanças na ecologia local e global têm sido registradas em todo planeta e um número cada vez maior de substâncias químicas são lançadas todos os dias na natureza de maneira indiscriminada, muitas das quais, a exemplo dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos benzo(a)pireno (BEN) e fluoranteno (FLU), oferecem risco a saúde humana (problemas de câncer) e ao meio ambiente (NETTO *et al.*, 2000; LUO *et al.* 2015).

Esses contaminantes estão presentes em todos os processos de combustão, em diferentes níveis de concentração (CRISTALE, SILVA & MARCHI 2008). Quimicamente, essas substâncias fazem parte da classe dos compostos orgânicos aromáticos, que ocorrem como poluentes do ar, solo e matrizes ambientais (águas superficiais e subterrâneas) e alimentícias, sendo constituídas exclusivamente por átomos de carbono e hidrogênio (BAMFORTH & SINGLETON, 2005; MEIRE, AZEREDO & TOR-

RES, 2007). Sua toxicidade tem sido observada em animais e humanos, podendo ocorrer por diferentes vias, seja por inalação, exposição cutânea ou por ingestão (CARUSO & ALABURDA, 2008; IARC, 2012; NETTO *et al.* 2000; SENTÜRK, 2013).

De acordo com a PORTARIA DO MINISTÉRIO DA SAÚDE nº 2.914 de 2011 (BRASIL, 2011) a concentração máxima permitida de BEN em água potável é de 0,7 $\mu\text{g L}^{-1}$. Por outro lado, embora não exista resolução específica no Brasil sobre os limites máximos da concentração do FLU em matrizes aquáticas ele é considerado de particular importância para o monitoramento de poluentes orgânicos pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (EPA – Environment Protection Agency).

Pesquisas têm sido desenvolvidas no intuito de empregar métodos analíticos para o seu controle em diferentes matrizes. Os métodos convencionalmente utilizados para monitorá-los abarcam a cromatografia líquida com detecção por fluorescência, ultravioleta-visível e arranjo de diodos; e a cromatografia a gás, acopladas a um detector de espectrometria de massas, que embora apresentem baixos limites de detecção e ofereçam informação estrutural dos compostos, exigem equipamentos extremamente caros e sofisticados e mão de obra qualificada (CRISTALE, SILVA & MARCHI, 2008; SENTÜRK, 2013).

Pensando na otimização do custo financeiro e de tempo, técnicas alternativas, a exemplo das voltamétricas (BARD & FAULKNER, 2001; SKOOG, HOLLER & NIEMAN, 2002), mostram-se indispensáveis e associada a estas está a escolha do material de eletrodo de trabalho (carbono vítreo, pasta de carbono (EPC), diamante dopado com boro, etc.), para uso direto ou quimicamente modificado com diferentes materiais condutores, por exemplo, nanotubos de carbono e ftalocianinas metálicas.

Estudos envolvendo metaloftalocianinas, como exemplo as que usam o centro metálico zinco, também despertam grande

interesse dos pesquisadores e indústrias devido à diversidade de suas aplicações, especialmente como mediadores de elétrons em reações redox, corantes em tecidos, plásticos, superfícies metálicas e em tintas de escrever (ABE *et al.*, 1996; GERALDO *et al.*, 2002; HART & ABASS, 1997; ZAGAL *et al.*, 1998; ZAGAL & HERRERA, 1985). Portanto, o emprego de metaloftalocianinas para determinação de dessas substâncias se torna bastante viável, devido às propriedades singulares que estes complexos apresentam, como estabilidade térmica e eficiência catalítica para um grande número de moléculas de interesse clínico, biológico e ambiental.

Dessa maneira, neste trabalho foi proposta a elaboração de um EPC modificado com ftalocianina de zinco (EPC-Zn) para análise voltamétrica de BEN e FLU, visando monitorar incidência de contaminação ambiental de reservatórios de água para consumo humano. Estudos empregando voltametria de pulso diferencial (VPD) foram realizados para investigar a condutividade do EPC-Zn frente a resposta voltamétrica desses poluentes, sendo empregada uma etapa de pré-concentração.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Reagentes e soluções

Os padrões analíticos de BEM e FLU e os reagentes ácido acético e acetato de sódio foram adquiridos pela Sigma-Aldrich. Soluções estoque de BEM e FLU ($1,0 \times 10^{-2}$ mol L⁻¹) foram preparadas em meio acetonitrila e diluídas na célula eletroquímica. A solução tampão ácido acético/acetato de sódio (0,1 mol L⁻¹, pH 4.0), preparada com água ultrapura obtida através de sistema Millipore Milli-Q System (condutividade ≤ 0.1 μ S cm⁻¹), foi empregada como eletrólito de suporte. Dodecil sulfato de sódio

(DSS) 5% foi empregado como surfactante. O pó de grafite e a Ftalocianina de zinco, empregados para a confecção dos eletrodos de trabalho, foram adquiridos da Sigma-Aldrich.

2.2 Eletrodos e procedimentos voltamétrico

Um sistema de três eletrodos (um eletrodo de referência Ag/AgCl – KCl (3,0 mol L⁻¹), um fio de platina como eletrodo auxiliar e um EPC, modificado ou não, como eletrodos de trabalho) com uma célula eletroquímica (3 mL) foi empregado para a realização das medições voltamétricas em um potenciostato/galvanostato (μ Autolab[®] Tipo II).

Os EPC modificados (ou não) com ftalocianina de zinco foram preparados pela mistura (em proporções em massa (m/m)) de pó de grafite, óleo mineral e a ftalocianina de Zn, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Misturas empregadas para a elaboração dos eletrodos de pasta de carbono modificados (ou não) com ftalocianina de zinco

Eletrodo	% ftalocianina	% pó de grafite	% óleo mineral
EPC	0	75	25
EPC-Zn	5	70	25
	10	65	25
	15	60	25

As misturas foram homogeneizadas em almofariz por 20 minutos para a preparação da pasta. Em seguida, os eletrodos foram montados através do preenchimento de tubos de vidro com as pastas e a introdução de uma haste de cobre para ser o contato elétrico externo. Os eletrodos de pasta confeccionados foram polidos em papel-manteiga e posteriormente lavados com água ultrapura, com este procedimento sendo realizado entre as medidas, quando necessário. O eletrodo foi submetido a um condicionamento em H₂SO₄ 0,1 mol L⁻¹, empregando 50 sucessivas

varreduras cíclicas abrangendo uma janela de potencial de $-1,2$ a $1,4$ V, com velocidade de $1,0$ V s⁻¹. Esse tratamento foi repetido entre os experimentos para garantir a limpeza da superfície do eletrodo.

Os voltamogramas foram registrados à temperatura ambiente usando tampão acetato $0,1$ mol L⁻¹ (pH 4,0) como eletrólito de suporte. As condições operacionais de análise foram: velocidade de varredura (v) de 15 mV s⁻¹, tempo de modulação (TM) de 70 ms, intervalo de tempo (IT) de $0,2$ s e amplitude de pulso (ΔE_p) de 50 mV para VPD. Estudos de pré-concentração foram realizados num intervalo de 0 a 300 s. Para o eletrodo de trabalho estudado, a janela de potencial foi de $0,75$ V a $+1,05$ V e $1,2$ V a $+1,6$ V, para análise de BEN e FLU, respectivamente.

Os voltamogramas foram suavizados através da função *Savitsky-Golay smooth* (nível 4) e submetidos a correção de linha de base através da função *moving average* com um *step window* de 2 mV, ambas disponíveis no *software* GPES versão 4.9.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Comportamento eletroquímico do BEN e do FLU

Inicialmente, a eletroatividade do BEN foi investigada por VPD em tampão acetato $0,1$ mol L⁻¹ (pH 4,0) em uma janela de potencial de $0,75$ V a $+1,05$ V (Figura 1A, apresentada na próxima seção). A oxidação do composto foi observada em um potencial de pico de aproximadamente $+0,85$ V para diferentes níveis de concentrações da ordem de micromolar (Tabela 2).

O EPC puro na presença/ausência do surfactante DSS 5%, apresenta um processo oxidativo correspondente ao BEN, no entanto, com valores de corrente mais baixas do que com os EPC-Zn na presença de DSS (Tabela 2). Por outro lado, o EPC-Zn

não apresenta atividade eletroquímica na ausência de DSS e a modificação do EPC com ftalocianina de zinco promove melhor condutividade do sensor para análise de BEN, quando comparada a resposta obtida em EPC puro.

Tabela 2. Configurações eletródicas de pasta de carbono modificadas (ou não) com ftalocianinas de zinco para determinação de BEN $5,0 \times 10^{-6}$ mol L⁻¹ em tampão acetato (pH 4,0) com VPD na presença e ausência do surfactante DSS 5%

Eletrodos	I (A)	
	ausência de DSS	presença de DSS
EPC	$2,30 \times 10^{-8}$	$1,77 \times 10^{-7}$
EPC-Zn	5%	ND
	10%	ND
	15%	ND

ND = Não Detectado.

Considerando a modificação química do eletrodo e o BEN na presença de uma solução 5% do surfactante DSS, observou-se um ganho de corrente de cerca de 22% quando o eletrodo foi modificado com 5% de ftalocianina de zinco, quando comparado ao eletrodo não modificado. Perca de corrente foi observada ao usar proporções maiores (10% e 15%) do modificante químico. Logo, a modificação química com 5% de ftalocianina foi empregada para estudos posteriores, considerando para isso os fatores sensibilidade, resposta analítica e custo operacional.

De forma semelhante o EPC-Zn foi empregado para avaliar a eletroatividade do FLU (Figura 1B, apresentada na próxima seção). Um processo oxidativo foi observado em aproximadamente +1,4 V empregando as mesmas condições de análise e uma janela de potencial de 1,2 V a +1,6 V. Tais resultados indicam que o EPC-Zn é uma boa alternativa para análise dos HPAs BEN e FLU.

3.2 Determinação analítica do BEN e do FLU

A fim de verificar as melhores condições operacionais, a resposta voltamétrica do BEN ($5,0 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$) em tampão acetato (pH 4,0), frente ao eletrodo modificado, foi avaliada mediante estudos univariados para investigar a influência dos parâmetros instrumentais da VPD (amplitude, velocidade de varredura), bem como o tempo de deposição do material eletroativo sobre o eletrodo. Os valores que ofereceram a melhor relação sinal-ruído e resposta analítica foram: uma velocidade de varredura de 35 mV s^{-1} e uma amplitude de 60 mV. Os valores selecionados estão apresentados na Tabela 3. As mesmas condições foram adotadas para análise de FLU.

Tabela 3. Estudo dos parâmetros da técnica VPD com pré-concentração para análise de BEN

Parâmetros	Faixa de trabalho	Valor otimizado
Velocidade de varredura (mV s^{-1})	10 – 35	35
Amplitude de potencial (mV)	10 – 100	60
Pré-concentração (s)*	0 – 300	240

*Circuito aberto

Após um tempo de pré-concentração de 240 s, a excelente resposta do material adsorvido na superfície do eletrodo foi avaliada através do método de adição de padrão sem partição da amostra. Alíquotas crescentes da solução de BEN e de FLU foram adicionadas em células eletroquímicas diferentes e os voltamogramas foram registrados, Figura 1.

A validação analítica é uma etapa crucial ao desenvolvimento de um método analítico para análises de rotina em um laboratório. Assim, sensibilidade, limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ), curva analítica, linearidade, precisão (repetibilidade e reprodutibilidade) e exatidão, são parâmetros que constituem as variáveis de desempenho analítico essenciais à va-

lidação de métodos analíticos (BRITO *et al.*, 2003). Os valores das variáveis de desempenho analítico alcançadas para o BEN e o FLU estão apresentados na Tabela 4.

Figura 1. Voltamogramas de pulso diferencial registrados através do método de adição de padrão de BEN (voltamogramas a esquerda) e FLU (voltamogramas a direita) em níveis de concentração micromolar

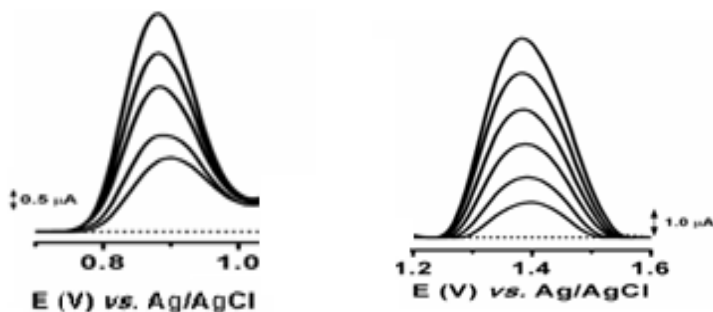


Tabela 4. Dados dos parâmetros de desempenho analítico para análise de BEN e FLU em EPC-Zn

HPA	FA (mmolL ⁻¹)	R ²	LD* (mmolL ⁻¹)	LQ** (mmolL ⁻¹)	Repe. (%)	Rep. (%)
BEN	0,50 – 31,7	0,9942	0,12	0,40	3,5	4,7
FLU	0,75 – 47,5	0,9946	0,14	0,46	2,7	3,1

*LD – limite de detecção. **LQ – limite de quantificação. FA – Faixa analítica, Repe (repetibilidade) e Rep (reprodutibilidade)

Considerando as possíveis alterações que essas substâncias podem causar tanto nos sistemas biológicos e ambientais, quanto, no que diz respeito às implicações na saúde humana e, ainda, levando em consideração o baixo custo e o curto tempo de análise em relação às outras técnicas analíticas, tais resultados presumem que o método desenvolvido apresenta potencialidades a análise desses contaminantes em amostras reais em baixos

níveis de concentração com níveis de repetibilidade e reprodutibilidade inferiores a 5%.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A oxidação eletroquímica dos HPAs BEN e do FLU foram verificadas por VPD usando EPC modificado com ftalocianina de Zn 5% em meio tampão acetato e DSS 5%. A metodologia voltamétrica, em função da excelente resposta voltamétrica do material pré-concentrado, facilitado pela adsorção desses contaminantes sobre o eletrodo modificado, mostrou-se bastante viável (com LD na ordem de 10^{-6} molL⁻¹ e níveis de repetibilidade e reprodutibilidade inferiores a 5%), com perspectivas promissoras para aplicações em ambientes (solo, ar, água, alimentos) que necessitam do controle destes contaminantes. Registre-se também que esse estudo traz contribuições significativas no que compete ao monitoramento destes contaminantes em reservatórios hídricos destinados ao abastecimento de água para consumo humano.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão do apoio financeiro e ao Prof. Dr. Mário César Ugulino de Araújo por ceder a infraestrutura do Laboratório de Automação e Instrumentação em Química Analítica – LAQA – para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABE, T., *et al.* Factors affecting selective electrocatalytic CO₂ reduction with cobalto phtalocyanines incorporated in polyvinylpyridine membrane coated on a grafite electrode. *Electroanalytical Chemistry*, v. 412, p. 125-132, 1996.

BAMFORTH, S.; SINGLETON, I. Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons: current knowledge and future direc-

tions. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Sussex, v.80, n. 7, p. 723-736, 2005.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Seção 1, 2011. p. 266.

BRITO, N. M.; AMARANTE JR. O. P. de; POLESE, L.; RIBEIRO, M. L. Validação de métodos analíticos: Estratégia e discussão. *Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente*, 13: 129, 2003.

CARUSO, M. S. F.; ALABURDA, J. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - benzo(a)pireno: uma revisão. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 67(1), 2008, 1.

CRISTALE, J.; SILVA, F. S.; MARCHI, M. R. R. Desenvolvimento e aplicação de método GC-MS/MS para análise simultânea de 17 HPAs em material particulado atmosférico. *Eclética Química*, 33 (4), 2008, 69.

GERALDO, D.; LINARES, C.; CHEN, Y.; URETA-ZAÑARTU, S.; ZAGA, J. H. Volcano correlations between formal potential and Hammett parameters of substituted cobalt phthalocyanines and their activity for hydrazine electro-oxidation. *Electrochemistry Communications*, v. 4, p. 182-187, 2002.

HART, J. P.; ABASS, A. K. A disposable amperometric gas sensor for Sulphur-containing compounds based on a chemically modified screen printed carbon electrode coated with a hydro gel. *Analytical Chemical Acta*, v. 342, p. 199-206, 1997.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. Agents classified by the IARC monographs. IARC, 2012. v. 1. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications-volumes/>. Acesso em: 12 abr. 2019.

LUO, P.; BAO, L.; LI S.; ZENG, E. Y. Size-dependent distribution and inhalation cancer risk of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons at a typical e-waste recycling and an urban site. *Environmental Pollution*. 2015, 200, 10.

MEIRE, R. O.; AZEREDO, A.; TORRES, J. P. M. Aspectos ecotoxicológicos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. v. 11, p. 188–201, 2007.

NETTO, A. D. P.; MOREIRA, J. C.; DIAS, A. E. X. O.; ARBILLA, G.; FERREIRA, F. L. V.; MOLIVEIRA, A. S.; BAREK, J. Avaliação da Contaminação Humana por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAS) e seus Derivados Nitrados (NHPAS): Uma Revisão Metodológica. *Química Nova*, 23 (6), 2000, 765.

SENTÜRK, Z. Analysis of Carcinogenic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHS): An Overview of Modern Electroanalytical Techniques and their Applications. *Current Drug Delivery*. 10, 2013, 76.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN T. A. Princípios de análise Instrumental. 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

ZAGAL, J. H., HERRERA, P. Electrochemistry of cysteine and cystine on metalophthalocyanines adsorbed on a graphite. *Electrochimica Acta*, v. 4, p. 449-454, 1985.

ZAGAL, J. H.; GULPPI, M.; ISAACS, M.; CÁRDENAS-JIRÓN, G.; AGUIRRE, M. J. Linear versus volcano correlations between electrocatalytic activity and redox and electronic properties of metalophthalocyanines. *Electrochimica Acta*, v. 44, p. 1349-1357, 1998.

USO DE SURFACTANTES COMO POSSIBILIDADE À REGENERAÇÃO SUPERFICIAL DO ELETRODO DE CARBONO VÍTREO PARA ANÁLISE VOLTAMÉTRICA DE D-RICINA

Williame Farias Ribeiro
Alexia Martiniano Dutra
Anabel dos Santos Lourenço
Daniel Jackson Estevam da Costa
Mário César Ugulino de Araújo

1 INTRODUÇÃO

A D-Ricina (massa molecular ≈ 60 kDa) é uma lectina heterodimérica, inibidora dos ribossomos, de classe II, extraída do endosperma das sementes da mamona, constituída por duas cadeias peptídicas (A e B) ligadas covalentemente por uma ponte dissulfeto (-S-S-), com diferentes funções biológicas, cuja complexidade da molécula é dada em função da combinação dos resíduos de 17 aminoácidos essenciais (BELTRÃO, 2009; CHAKRAVARTULA & GUTTARLA, 2008; HOFFMAN *et al.*, 2007).

Nenhum efeito tóxico é conhecido para as duas cadeias isoladas de D-Ricina, contudo juntas constituem uma das citotoxinas mais potentes da natureza, com elevada probabilidade de emprego em ataques terroristas (HOFFMAN *et al.*, 2007; LUBELLI *et al.*, 2006). Paradoxalmente, na área médica, essa glicoproteína está sendo testada em tratamentos de câncer e AIDS (SADRAEIAN *et al.*, 2017). Desse modo, baseando-se em aspectos

toxicológicos e forenses (MUSSHOFF & MADEA, 2009) o uso de métodos químicos, biológicos e microscópicos são requeridos para a sua análise (ALEXANDER *et al.*, 2008).

Os principais métodos para análise química de D-Ricina empregam separações cromatográficas e eletroforéticas, biossensores e ensaios imunoquímicos ELISA (HOFFMAN *et al.* 2007), espectrometria de absorção molecular na região do ultravioleta-visível e fluorimetria (BRITO, 2005), imunossensores amperométricos (SURESH *et al.* 2007; SURESH *et al.* 2010) e sensores voltamétricos, demarcando as primeiras pesquisas sobre a oxidação voltamétrica da D-Ricina sobre diferentes superfícies eletródicas sólidas (ouro, platina, pasta de carbono, carbono vítreo – ECV, RIBEIRO *et al.* 2013) e diamante dopado com boro (RIBEIRO *et al.* 2017).

Uma das limitações encontradas para trabalhar com eletrodos sólidos, em especial o ECV, em determinações eletroanalíticas diretas de compostos orgânicos tóxicos, como a D-Ricina (RIBEIRO *et al.*, 2103), é a dificuldade de regeneração da superfície em decorrência da alta adsorção dessas espécies na superfície do eletrodo, que bloqueiam a resposta voltamétrica, diminuindo a sensibilidade e a reprodutibilidade das medidas eletroquímicas (GARBELLINI, AVACA & SALAZAR-BANDA, 2010).

Nesse contexto, propõe-se neste capítulo investigar a ação de surfactantes na análise voltamétrica de D-Ricina usando ECV, como eletrodo de trabalho, com vista minimizar efeitos de passivação eletródica facilitando a oxidação dessa substância.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Reagentes e soluções

O padrão analítico da cadeia A da D-Ricina (1,03 mg mL⁻¹ de proteína em uma solução 40% glicerol contendo 10 mmol⁻¹

de tampão fosfato (pH 6,0), 0,15 mol L⁻¹ de NaCl, 10 mmol⁻¹ de galactose e 0,5 mmol⁻¹ de ditioeritritol) e os reagentes fosfato dissódico (Na₂HPO₄) e fosfato monossódico (NaH₂PO₄) foram adquiridos pela Sigma-Aldrich. A D-Ricina foi extraída da cultivar BRS Nordestina de mamoneira e cedidas pela Embrapa Algodão, Campina Grande-PB, cujo procedimento de extração foi apresentado por Ribeiro *et al.*, (2013). Soluções estoque de D-Ricina (1,0 mmol L⁻¹) foram preparadas em meio aquoso e diluídas na célula eletroquímica. A solução do tampão fosfato (0,1 mol L⁻¹, pH 7,0), preparada com água ultrapura (Millipore Milli-Q System, condutividade ≤ 0,1 μS cm⁻¹), foi empregada como eletrólito de suporte, conforme o procedimento descrito por Oliveira *et al.*, (2007).

Considerando a concentração micelar crítica (CMC), os surfactantes dodecil sulfato de sódio (DSS, aniônico, Na-C₁₂H₂₅SO₄, massa molar 288,37 g mol⁻¹), triton X-100 (TX-100, não iônico, C₁₄H₂₂O(C₂H₄O)_n(n=9-10), massa molar 624 g mol⁻¹) e o brometo de hexadeciltrimetil amônio (CTAB, catiônico, C₁₆H₃₃N(CH₃)₃Br, massa molar 364,45 g mol⁻¹) foram adquiridos da sigma-Aldrich e utilizados nos experimentos eletroquímicos em diferentes concentrações.

2.2 Procedimentos experimentais

Sob condições ambientais (temperatura e pressão), as análises voltamétricas foram realizadas empregando um potenciostato/galvanostato (μAutolab[®] Tipo II acoplado a um módulo polarográfico Metrohm, 663 VA Stand[®]) interfaciado a um microcomputador. Um sistema eletroquímico constituído por uma célula eletroquímica (3 mL) com três eletrodos, um eletrodo de referência Ag/AgCl – KCl (3,0 mol L⁻¹), um fio de platina como eletrodo auxiliar e um eletrodo de trabalho de carbono vítreo (com e sem modificações de surfactantes) foi empregado.

O ECV foi polido mecanicamente com spray de diamante (1 μm , *Kemet International Ltda*, UK) umedecido sob um papel de filtro. Sequencialmente, sua superfície foi lavada com jatos de água ultrapura e submetido a uma ativação eletroquímica empregando 10 ciclovoltamogramas em ácido sulfúrico (0,1 mol L^{-1}), numa janela de potencial de 0 a 1,4 V com velocidade de 0,1 V s^{-1} .

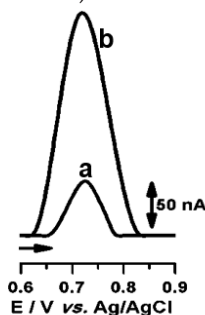
As condições experimentais da voltametria de onda quadrada foram: velocidade de varredura de 100 mV s^{-1} (frequência de 50 s^{-1} e incremento de potencial de 2 mV) e amplitude de pulso de 50 mV. A janela de potencial estudada foi de 0,6 a +0,9 V para o eletrodo de trabalho estudado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resposta voltamétrica da cadeia A da D-Ricina e da D-Ricina sobre ECV

Voltamogramas comparativos para a D-Ricina extraída da cultivar de mamoneira BRS Nordestina e o padrão analítico da cadeia A da D-Ricina foram registrados sobre ECV em solução tampão fosfato pH 7,0 usando voltametria de onda quadrada, Figura 1.

Figura 1. Voltamogramas de onda quadrada com linha de base corrigida em ECV e tampão fosfato (pH 7,0): (a) 12 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (cadeia A da D-Ricina) e (b) D-Ricina 6 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (BRS Nordestina)



A oxidação das espécies foi certificada com a identificação de um pico anódico em torno de 0,72 V. Segundo Gu *et al.*, (2003) o mecanismo redox de moléculas de alta massa molecular, como a D-Ricina, pode ser explicada através da oxidação eletroquímica dos aminoácidos que a constituem.

Devido à complexidade da molécula de D-Ricina, os centros eletroativos provêm dos aminoácidos que a constituem. Investigações sobre as propriedades eletroquímicas dos aminoácidos em ECV usando tampão fosfato pH 7,0 revelam que leucina, arginina, alanina, ácido glutâmico e ácido aspártico não são eletroativos (LOPES *et al.*, 2012), ao passo que cisteína e metionina (ENACHE & OLIVEIRA-BRETT, 2011a; ENACHE & OLIVEIRA-BRETT, 2103), triptofano (ENACHE & OLIVEIRA-BRETT, 2011b; ENACHE & OLIVEIRA-BRETT, 2103), tirosina e histidina (ENACHE & OLIVEIRA-BRETT, 2103) apresentam atividade eletroquímica. Comparando as respostas eletroquímicas dos aminoácidos eletroativos, observa-se que a oxidação da D-Ricina e da cadeia A da D-Ricina pode corresponder à oxidação dos resíduos dos aminoácidos triptofano (potencial de pico em +0,69 V) e tirosina (potencial de pico em +0,65 V).

Em termos de sensibilidade, possivelmente a menor corrente de pico observada para a cadeia A da D-Ricina (voltamograma a) quando comparado a resposta voltamétrica da D-Ricina (voltamograma b), mesmo em concentração superior para a D-Ricina na célula eletroquímica, pode estar associado a ausência da cadeia B da D-Ricina na composição do padrão analítico da cadeia A da D-Ricina.

Evidências experimentais, observadas a partir do registro de três voltamogramas sucessivos, indicam que ambas as espécies tendem a adsorver na superfície do ECV, comprometendo a área superficial eletroativa, uma vez que a D-Ricina é uma estrutura complexa constituída por 17 resíduos de aminoácidos

essenciais. Tal fenômeno já foi relatado por Einaga (2010), que afirmam que a determinação de proteínas por técnicas voltamétricas é limitado não só devido à sua complexidade estrutural, mas também pela forte adsorção incidente sobre a superfície eletródica, podendo comprometer a magnitude do sinal analítico, influenciando diretamente a reprodutibilidade das medidas. Estas evidências também foram corroboradas pelos estudos desenvolvidos por Ribeiro *et al.*, (2013) ao analisar D-Ricina sobre ECV. A fim de minimizar os efeitos adsorptivos sobre o ECV ajustes experimentais, a exemplo do uso de surfactantes, são necessários no intuito de regenerar a superfície do eletrodo de trabalho garantindo a reprodutibilidade das medições voltamétricas.

3.2 Uso de surfactantes na detecção da cadeia A da D-Ricina

Surfactantes vêm sendo largamente utilizados em processos eletroquímicos de compostos biológicos e drogas (ATTA *et al.* 2007; VITTAL, GOMATHI & KIM, 2006), uma vez que esses materiais promovem a modificação da superfície ativa do eletrodo, alterando ou melhorando a taxa de transferência eletrônica em análises voltamétricas, minimizando a adsorção de produtos de oxidação na superfície eletródica, evitando a passivação do eletrodo e como consequência a perda de resposta analítica. Em adição, um parâmetro importante e característico de cada tensoativo é a sua CMC. Desse modo, valores abaixo da CMC implicam que as moléculas do tensoativo existem na forma de monômeros dispersos e a partir dela tendem a formar micelas (agregados moleculares de dimensões coloidais). Sendo assim, soluções de surfactantes foram adicionadas ao eletrólito de suporte, visando à minimização dos efeitos de adsorção da D-Ricina e/ou seus produtos de oxidação (eletroativos ou não na faixa de potencial estudada).

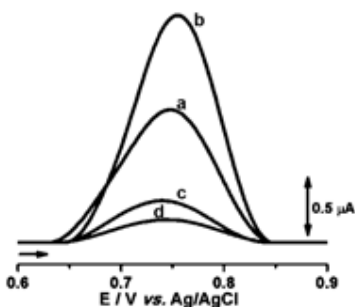
No presente trabalho, o parâmetro avaliativo do efeito dos surfactantes sobre a resposta eletroquímica da cadeia A da D-Ricina em ECV foi à minimização do efeito de adsorção, como consequência a maximização da corrente de pico e resolução do pico.

Para fins investigativos foi estudada a influência de três agentes tensoativos: CTAB (CMC 0,9 mmol L⁻¹), DSS (CMC 8,3 mmol L⁻¹) e TX-100 (CMC 0,2 mmol L⁻¹) (HOLMBERG *et al.*, 2002). Soluções estoque de cada um foram preparadas e diluídas na célula eletroquímica contendo tampão fosfato (0,1 mol L⁻¹, pH 7,0) como eletrólito de suporte. Os perfis voltamétricos da cadeia A da D-Ricina foram investigados em três pontos distintos de concentração, tendo como referência valores iguais, inferiores e superiores a CMC.

Para todos os surfactantes testados, concentrações maiores ou iguais a CMC promoveram um efeito contrário ao esperado, ou seja, diminuíram ou impediram o sinal analítico da cadeia A da D-Ricina sobre o ECV. Neste momento, presumiu-se que o desaparecimento do sinal analítico possa estar associado à baixa afinidade do analito a concentrações maiores ou iguais a CMC do surfactante ou à adsorção dessa substância sobre o ECV seja uma etapa determinante da reação e a ação do surfactante promova a perda do sinal.

Por outro lado, valores abaixo da CMC favoreceram a sua oxidação eletroquímica, sendo que o efeito dos surfactantes CTAB (voltamograma c) e TX-100 (voltamograma d) promoveram um resultado negativo em termos de sensibilidade da glicoproteína quando comparado ao seu perfil voltamétrico na ausência dos surfactantes (voltamograma a), Figura 2.

Figura 2. Voltamogramas de onda quadrada com linha de base corrigida em ECV e tampão fosfato (pH 7,0) de uma solução $1,3 \mu\text{mol L}^{-1}$ da cadeia A da D-Ricina em diferentes surfactantes: (a) sem surfactante, (b) DSS $70 \mu\text{mol L}^{-1}$, (c) CTAB $7,7 \mu\text{mol L}^{-1}$ e (d) TX-100 $2,0 \mu\text{mol L}^{-1}$



Embora um ganho de sensibilidade e resolução do sinal analítico tenha sido observado ao empregar DSS (voltamograma b) como surfactante, uma vez que, não se comprovou a minimização do efeito de adsorção da cadeia A da D-Ricina ao ECV, mesmo variando as concentrações de DSS na faixa de $0,7$ a $500 \mu\text{mol L}^{-1}$, abaixo da CMC, para três varreduras sucessivas de potencial. A corrente de pico de oxidação desse composto apresentou um valor máximo para uma concentração de $70 \mu\text{mol L}^{-1}$, Figura 2.

Ressalte-se que no intervalo de potencial considerado, não houve processo de oxidação do DSS na presença do eletrólito de suporte. Outro fator relevante é que abaixo da CMC, a formação de micelas sobre a superfície do CV não é favorecida. No entanto, no caso de concentrações relativamente altas, abaixo da CMC do DSS, pode ocorrer formação superficial de filme na superfície do ECV. Com isso, supõe-se que quando a cadeia A da D-Ricina aproxima-se da sua vizinhança ocorre uma atração eletrostática entre a porção não polar do DSS adsorvida ao ECV e a porção lipofílica dessa substância, permitindo a sua pré-concentração,

favorecendo o ganho de resposta analítica, justificando assim, o uso deste surfactante no meio eletrolítico para fins analíticos.

Esses resultados corroboram com os estudos descritos na literatura, que comprovaram a eficiência do efeito surfactante em aumentar significativamente a sensibilidade analítica às medidas voltamétricas em baixas concentrações. Yardim & Sentürk (2011) demonstraram significativa ação do surfactante aniônico DSS ($50 \mu\text{mol L}^{-1}$), tendo promovido aumento da cinética reacional de fitohormônio em eletrodo de grafite, usando voltametria de onda quadrada sem evidências de perda de resolução. Em outro trabalho, Yardim *et al.* (2011) investigaram o comportamento eletroquímico do benzo[a]pireno sobre eletrodo de diamante dopado com boro sob ação do surfactante DSS e, posteriormente, promoveram a sua determinação usando voltametria de redissolução (*stripping*) adsortiva.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A oxidação eletroquímica da D-Ricina e da sua cadeia A (na presença ou ausência de surfactantes) foi verificada sobre ECV usando tampão fosfato e voltametria de onda quadrada. O efeito adsortivo desses constituintes sobre ECV não foi minimizado mediante uso dos surfactantes DSS, CTAB e TX-100, evidenciando que a etapa de adsorção seja requerida para a ocorrência do processo de eletrodo.

Desse modo, os efeitos de adsorção dessas espécies são amplamente utilizados para aumentar a sensibilidade de sua determinação. O ganho de sensibilidade decorrente do uso de DSS a solução do eletrólito, possivelmente promove a modificação do ECV aumentando a condutividade do eletrodo para fins analíticos. Assim, estudos sistemáticos podem ser realizados de modo que um método voltamétrico possa ser desenvolvido a fim de

contribuir significativamente com a inclusão de dados pertinentes aos programas de monitoramento ambiental e saúde humana, uma vez que são substâncias de elevada toxicidade, podendo, por exemplo, ser contaminantes de águas e alimentos, paradoxalmente usadas no tratamento do câncer e da AIDS.

Além disso, os métodos voltamétricos, como alternativa aos métodos tradicionais, apresentam uma instrumentação simples, baixo consumo de reagentes, quando comparadas com outras técnicas analíticas, e muitas vezes não requerem muitas etapas para o preparo de amostras.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão do apoio financeiro e ao Prof. Dr. Mário César Ugulino de Araújo por ceder a infraestrutura do Laboratório de Automação e Instrumentação em Química Analítica – LAQA – para o desenvolvimento deste trabalho. Os autores também agradecem a Embrapa Algodão (Brasil – Campina Grande/PB pelas amostras de D-Ricina.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, J.; BENFORD, D.; COCKBURN, A.; CRAVEDI, J-P.; DOGLIOTTI, E.; DOMENICO, A. D.; FÉRNANDEZ-CRUZ, M. L.; FÜRST, O.; FINK-GREMMELS, J.; GALLI, C. L.; GRANDJEAN, P.; GZYL, J.; HEINEMEYER, G.; JOHANSSON, N.; MUTTI, A.; SCHALATTER, J.; LEEUWEN, R. F V.; PETEGHEM, C. V.; VERGER, P. Ricin (from *Ricinus communis*) as undesirable substances in animal feed Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. The EFSA Journal, 726, 2008, 38.

ATTA, N. F.; DARWISH, S. A.; KHALIL, S. E.; GALAL, A. Effect of surfactants on the voltammetric response and determination of an antihypertensive drug. Talanta, 72, 2007, 1438.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de, Detoxicação e Aplicações da Torta de Mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. (Embrapa Algodão. Documentos, 217).

BRITO, N. M. Métodos de identificação e quantificação de ricina e ricinina na torta de mamona. 2005. 108 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

CHAKRAVARTULA, S. V. S.; GUTTARLA, N. Amino acids of ricin and its ptypeptides. *Natural Product Research*, 22 (3), 2008, 258.

EINAGA, Y. Diamond electrodes for electrochemical analysis. *Journal of Applied Electrochemistry*, 40, 2010, 1807.

ENACHE, T. A.; OLIVEIRA-BRETT, A. M. Pathways of electrochemical oxidation of indolic compounds. *Electroanalysis*, 23 (6), 2011a, 1337.

ENACHE, T. A.; OLIVEIRA-BRETT, A. M. Boron doped diamond and glassy carbono electrodes comparative study of the oxidation behaviour of cysteine and methionine. *Bioelectrochemistry*, 81, 2011b, 46.

ENACHE, T. A.; OLIVEIRA-BRETT, A. M. Peptide methionine sulfoxide reductase A (MsrA): direct electrochemical oxidation on carbon electrodes. *Bioelectrochemistry*, 89, 2013, 11.

GARBELLINI, G. S.; SALAZAR-BANDA, G. R.; AVACA, L. A. Effects of ultrasound on the degradation of pentachlorophenol by boron-doped diamond electrodes. *Portugaliae Electrochimica Acta*, 28 (6), 2010, 405.

GU, Y-J.; SUN, S-G.; CHEN, S-P.; ZHEN, C. H.; ZHOU, Z-Y. Adsorption of serine on Pt single-crystal electrodes in sulfuric acid solutions. *Langmuir*, 19, 2003, 9823.

HOFFMAN, L. V.; DANTAS, A. C. S.; MEDEIROS, E. P. de; SOARES, L. S. Ricina: um impasse para a utilização da torta de mamona e suas aplicações. Campina Grande (PB): Embrapa Algodão, 2007. (Embrapa Algodão. Documentos, 174).

HOLMBERG, K.; JONSSON, B.; KRONBERG, B.; LINDMAN, B. Surfactants and polymers in aqueous solution. London: Wiley, 2002. P. 43.

LOPES, I. C.; SANTOS, P. V. F.; DICULESCU, V. C.; PEIXOTO, F. M. P.; ARAÚJO, M. C. U.; TANAKA, A. A.; OLIVEIRA-BRETT, A. M. Microcystin-LR and chemically degraded microcystin-LR electrochemical oxidation. *Analyst*, 137 (8), 2012, 1904.

LUBELLI, C.; CHATCILIALIGLU, A. BOLOGNESI, A.; STROCCHI, P.; COLOMBATTI, M.; STIRPE, F. Detection of ricin and other ribosome-inactivating proteins by an immuno-polymerase chain reaction assay. *Analytical Biochemistry*, 2006, 355, 102.

MUSSHOFF, F.; MADEA, B. Ricin poisoning and forensic toxicology. *Drug Test. Anal.*, 1, 2009, 184.

OLIVEIRA, S. C. B.; DICULESCU, V. C.; PALLESCHI, G.; COMPAGNONE, D.; OLIVEIRA-BRETT, A. M. Electrochemical oxidation of ochratoxin A at a glassy carbon electrode and in situ evaluation of the interaction with deoxyribonucleic acid using an electrochemical DNA-biosensor. *Analytica Chimica Acta*, 588, 2007, 283.

RIBEIRO, W. F.; COSTA, D. J. E. da; LOURENÇO, A. S.; LOPES, I. C.; MEDEIROS, E. P. de; SALAZAR-BANDA, G. R.; NASCIMENTO, V. D. do; ARAÚJO, M. C. U. de. Electrochemical study of ricin at glassy carbon electrode. *Analyst*, 2013. DOI: 10.1039/c3an00227f.

RIBEIRO, W. F.; COSTA, D. J. E. da; LOURENÇO, A. S.; MEDEIROS, E. P. de; SALAZAR-BANDA, G. R.; NASCIMENTO, V. D. do; ARAÚJO, M. C. U. de. Adsorptive Stripping Voltammetric Determination of Trace Level Ricin in Castor Seeds Using a Bo-

ron-doped Diamond Electrode. *Electroanalysis*, 29, 2017. DOI: 10.1002/elan.201700100.

SADRAEIAN, M.; GUIMARÃES, F. E. G.; ARAÚJO, A. P. U.; WORTHYLAKE, D. K.; LECOOUR, L. Jr.; PINCUS, S. H. Selective cytotoxicity of a novel immunotoxin based on pulchellin A chain for cells expressing HIV envelope. *Scientific Reports*, 7, 7579, 2017. DOI:10.1038/s41598-017-08037-3.

SURESH, S.; GUPTA, A. K.; RAO, V. K.; KUMAR, Om.; VIJAYARAGHAVAN, R. Amperometric immunosensor for ricin by using on grafite and carbono nanotube paste electrodes. *Talanta*, 81, 2010, 703.

SURESH, S.; KUMAR, Om.; KOLHE, P.; RAO, V. K.; SEKHAR, K. Detection of ricin in water samples using disposable screen-printed electrodes. *Defence Science Journal*, 57 (6), 2007, 839.

VITTAL, R.; GOMATHI, H.; KIM, K-J. Beneficial role of surfactants in electrochemistry and in the modification of electrodes. *Advances in Colloid and Interface Science*, 119 (1), 2006, 55.

YARDIM, Y.; LEVENT, A.; KESKIN, E.; SENTÜRK, Z. Voltammetric behavior of benzo[a]pyrene at boron-doped diamond electrode: A study of its determination by adsorptive transfer stripping voltammetry based on the enhancement effect of anionic surfactant, sodium dodecylsulfate. *Talanta*, 85, 2011, 411.

YARDIM, Y.; SENTÜRK, Z. Voltammetric behavior of indole-3-acetic acid and kinetin at pencil-lead graphite electrode and their simultaneous determination in the presence of anionic surfactant. *Turk J. Chem.*, 35, 2011, 413.

CONJUNTURA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ESCOLAS PÚBLICAS NO MUNICÍPIO DE CACIMBA DE AREIA, PARAÍBA

Hugo Leite dos Santos Campos
Pedro Henrique César
Anderson Alves dos Santos

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Jacobi (2003), para refletir sobre educação ambiental em um contexto de avanço da degradação do meio ambiente, faz-se necessário envolver os atores da educação, para que se engajem na produção de uma nova forma de agir e na construção de conhecimentos voltados para as relações do meio natural com o social.

A educação é uma prática pedagógica que permite desenvolver o pensamento com capacidade de mudar a sociedade. Segundo Duarte *et al.*, (2015) o conjunto escolar gera influência na sociedade em que está inserida, partindo de conhecimentos e práticas de forma a conscientizar a população local, buscando estimular uma melhor convivência no ambiente em que vivem. Nesse âmbito, a educação ambiental também propicia diversas possibilidades de aprendizagens por meio da compreensão e dos esforços de conservação da natureza.

Tendo em vista que a escola exerce importante influência para a sociedade, colaborando com o desenvolvimento de valores sociais voltados também para a conservação do meio ambiente, o presente estudo se dispõe a conhecer a realidade sobre a

condução da educação ambiental nas escolas públicas da cidade de Cacimba de Areia, localizada no semiárido paraibano.

Considera-se, de acordo com Bezerra & Gonçalves (2007), que conhecer o pensamento de representantes políticos e dos professores sobre educação ambiental é uma estratégia fundamental e importante para que se possa nortear ações educativas com vistas ao enfrentamento dos desafios socioambientais.

Portanto, buscando-se elucidar como se constitui a educação ambiental no ensino básico das escolas públicas do município de Cacimba de Areia, no sertão paraibano, no decorrer do texto será apresentado como os gestores da educação no município compreendem a educação ambiental, como os diretores e professores do ensino básico desenvolvem ações de educação ambiental no âmbito da escola.

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

“Desde a década de 1960 a crise ambiental tornou-se pauta de importantes conferências e debates internacionais” (REIGADA & REIS, 2004, p. 150). Nessa mesma linha, desde então, movimentos ambientais organizados, para além dos governos, almejaram despertar a sociedade diante dos problemas decorridos da desatenção com o meio ambiente.

Essa tendência repercutiu no Brasil a partir da década de 1980, viabilizando a criação de leis com enfoques na temática ambiental” (JUNQUEIRA, 1998, p. 83). Destacando a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81), criada com perspectivas para a conservação do meio ambiente e a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/99) que aborda princípios e objetivos da EA.

Para além da legislação, a definição de educação ambiental é bastante complexa, pois existem diversos conceitos e diferentes perspectivas sobre o assunto. Podendo ser entendida como:

um conjunto de ensinamentos teóricos e práticos com o objetivo de levar à compreensão e de despertar a percepção do indivíduo sobre a importância de ações e atitudes para a conservação e a preservação do meio ambiente, em benefício da saúde e do bem-estar de todos (TEIXEIRA, 2007, p. 25).

O semiárido nordestino possui uma grande biodiversidade, infelizmente a região vem sofrendo devido a atividades antrópicas que fazem o uso errôneo dos recursos naturais, juntamente com as características intrínsecas como, o clima, o solo, e os recursos hídricos, torna os ecossistemas mais frágeis e vulneráveis à degradação, gerando perdas da fauna e flora incluindo espécies endêmicas, por isso, é fundamental serem criadas medidas que conduzam a conservação da região.

Segundo Araújo & Sousa (2011) nos últimos anos vêm crescendo o desenvolvimento de projetos e atividades relacionadas à caatinga, buscando sensibilizar a sociedade sobre as questões ambientais, tendo como um espaço privilegiado para a implantação dessas atividades o ambiente escolar, para conscientizar o discente e fazer com que ele enxergue criticamente os desafios socioambientais.

Corroborando com isso, Hofstatter, Oliveira & Souto (2016) dizem que, é de grande importância inserir a dimensão ambiental nas escolas, sendo fundamental para a formação integral dos estudantes, para que possam ter um pensamento crítico sobre o ambiente em que estão inseridos e que possam viver de maneira equilibrada com a natureza.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A área de estudo se apresenta no município de Cacimba de Areia, que possui uma área de 220,38 km², e uma população estimada em 3.682 habitantes, IBGE (2019). Localiza-se a 27 km da cidade de Patos, na mesorregião do sertão paraibano.

As escolas públicas estudadas são as únicas que se localizam na área urbana da cidade, sendo uma Escola Municipal de Ensino Fundamental I e II, Dona Capitulina Sátiro (adotada como Escola 1), e outra Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio, Aldo Sátiro Xavier (adotada como Escola 2).

A escola 1 possui um total de 408 alunos de nível fundamental I e II com períodos de aula manhã e tarde, apresenta 25 professores sendo 9 do ensino fundamental I e 16 do fundamental II. A escola também conta com 22 funcionários. Na escola 2 possui um total de 140 alunos, 12 professores, e 6 funcionários.

O trabalho foi realizado através de uma abordagem qualitativa, que para Goldenberg (2004, p. 53) define-se por “descrições detalhadas de situações com o objetivo de compreender os indivíduos em seus próprios termos”. Utilizamos a pesquisa descritiva exploratória.

Além da análise documental, método que tem o objetivo de verificar informações concretas nos documentos partindo de questões de interesse (LÜDKE & ANDRÉ, 1986).

Para a análise da gestão da educação na cidade de Cacimba de Areia nos utilizamos de entrevistas semiestruturadas de forma a nos aprofundarmos nas perspectivas dos gestores da educação em relação à educação ambiental na cidade. A pesquisa foi direcionada aos gestores: prefeito da cidade; secretário de educação e secretário do meio ambiente, além de diretores escolares. Todos assinaram o termo de consentimento livre esclarecimento com intuito de permitir uso dos dados para publicação.

Para Abílio & Sato (2012), esse método ainda que possua questões em ordem predeterminada, há uma liberdade caso outras questões venham a surgir sobre algo interessante e que se revele útil e não esteja previsto nas questões originais. Segundo Laville & Dione (1999), a flexibilidade da entrevista possibilita mais intensidade na relação entre o entrevistador e o entrevistado, incentivando a uma exploração profunda do objeto investigado que sejam baseadas no testemunho, suas representações e valores.

Para obtermos dados referentes aos professores nos utilizamos do questionário semiestruturado, a fim de conhecermos suas perspectivas e como se dá a sua relação com educação ambiental, além de buscar conhecer seus métodos aplicados ou utilizados. O questionário contou com 9 questões fechadas e uma aberta. Participaram através do questionário 19 professores, representando 51% do corpo docente das escolas.

O trabalho de campo teve início no dia 26 de junho de 2019 e término em 22 de julho do mesmo ano. Os dados quantitativos obtidos a partir do questionário foram tabulados no programa Excel e serviram como base para a elaboração dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para início das análises dos dados optamos por observar o Plano Político Pedagógico (PPP), pois como afirma Veiga (2013), esse é um documento elaborado e vivenciado por todos os envolvidos no processo educativo no ambiente escolar e busca um compromisso coletivo. Foi possível a análise do PPP da Escola 1 e não houve acesso, em tempo hábil, ao PPP da Escola 2.

Na análise foi percebido que a escola 1 não possui um eixo específico para educação ambiental. Há alguns trechos no plano que versam sobre a temática ambiental por meio do

desenvolvimento da responsabilidade social e exercício da cidadania. Identificamos a oportunidade de frisar ou mesmo enfatizar a importância da educação ambiental como tema transversal entre os componentes curriculares, de modo a estimular o desenvolvimento de ações contínuas e eficientes no âmbito escolar, proporcionando a realização de práticas que se tornem instrumentos de mudança da realidade socioambiental local.

Para analisarmos os dados obtidos por meio das entrevistas e questionários, iniciamos transcrevendo as entrevistas. Em seguida os resultados foram divididos em 3 grupos, de acordo com as categorias profissionais: grupo 1, gestores públicos; grupo 2, diretores das escolas e grupo 3, professores e professoras.

O grupo 1 colaborou com a pesquisa mostrando interesse no tema. Quanto ao perfil dos participantes, levantou-se que os três representantes são do sexo masculino, com idades de 27, 59 e 62 anos e apresentaram nível de escolaridade inversamente proporcional ao número de anos vividos, correspondendo respectivamente ao ensino superior completo, superior incompleto e fundamental I completo.

De acordo com as entrevistas dos gestores foi possível identificar que não são realizadas práticas de educação ambiental que sejam efetivas e contínuas no município, existem algumas ações isoladas que abordam o cuidado com o meio ambiente, por exemplo, através da arborização da cidade.

Sobre essa questão, o secretário de meio ambiente relatou ter acontecido um projeto de reflorestamento na cidade com uma planta exótica conhecida pelo nome de Neem (*Azadirachta indica*), porém percebeu-se que essa ação interferiu na presença das abelhas e por isso passou-se a plantar fruteiras para servir melhor a população. Diante do relato, percebe-se o potencial de envolver a comunidade escolar em ações que são próprias da se-

cretaria de meio ambiente, um diálogo possível e conectado com os objetivos educativos das escolas.

Quando questionados sobre o que incentivaria a gestão municipal a adotar a educação ambiental e temas relacionados ao meio ambiente no município, as respostas dos entrevistados apontaram para o incentivo financeiro, a produção de informações, treinamento sobre o tema e outras possíveis iniciativas. Na fala do secretário de educação, por exemplo, destacou-se a oportunidade da realização de palestras e mobilizações. O secretário também afirmou que os projetos poderiam partir das escolas para então serem apoiados pela gestão municipal.

Sobre as perguntas levando em conta o contexto conceitual da educação ambiental os entrevistados mostraram suas noções sobre o assunto. Destacando-se, falas dos gestores preocupados com as gerações futuras, como: “se vê falar que se não cuidar amanhã ou depois os filhos e netos terão um planeta super aquecido” (Secretário de Meio Ambiente) e “ensinar a população coisas da natureza, das plantas, dos bichos, de cuidar, se não cuidarmos pode prejudicar os mais novos” (Prefeito).

O grupo 2, formado pelas diretoras, corroboraram para a pesquisa demonstrando interesse no tema, além de proporcionarem condições para a realização da pesquisa com os professores. Sobre o perfil das participantes possuem idades de 43 e 47 anos, ambas do sexo feminino e com escolaridade em nível de pós-graduação.

Ao serem questionadas sobre a prática de EA nas escolas, apresentaram diferentes respostas. Na Escola 1, apesar do relato da diretora sobre os professores sempre falarem em realizar trabalhos de educação ambiental, foi confirmado não haver registros de práticas nessa ambiência. Por outra via, a Escola 2 informou realizar práticas eventuais, nas palavras da diretora, as atividades que são realizadas são: “palestras na escola, práticas

de reciclagem doméstica, apresentação de projetos de eco-sustentabilidade, coleta de lixo, conscientização da população para o consumo sustentável e plantio de mudas de árvores”.

Ao serem indagadas sobre o que incentivaria a escola a adotar a educação ambiental, as respostas das entrevistadas apontaram para a questão financeira, falta de interdisciplinaridade e transversalidade sobre o tema, iniciativas do governo e dos docentes.

As entrevistadas ao falarem do seu entendimento sobre a educação ambiental mostraram conhecimento e destacaram a importância da cidadania e da sustentabilidade. A fala da diretora da Escola 2, pareceu bastante alinhada com a Política Nacional de Educação Ambiental, pois destacou a importância do desenvolvimento de valores, habilidades e conhecimentos voltados para a conservação do meio ambiente.

No grupo 3, formado por docentes, a maioria mostrou interesse em contribuir com a pesquisa, pois, acharam importante a inclusão da educação ambiental na prática escolar. Referente a idade dos docentes, 11% estão na faixa etária de 20-30 anos, 32% entre 31-40 anos, 36% entre 41-50 (maior percentual dos entrevistados) e 21% apresentaram idade acima dos 50 anos.

Quanto a área de atuação, o maior número de professores entrevistados são Polivalentes (31%); seguido por professores de História, Sociologia e Filosofia (16%); Educação Física (16%), Geografia (11%), Matemática (11%), Biologia e Química (5%); Artes (5%) e Língua Inglesa (5%). Essa identificação é importante porque a concepção da EA tomará influências da área de formação do docente (SANTOS & VASCONCELOS, 2016, p.24)

Com relação a escolaridade, observou-se que 11% possuem ensino profissionalizante médio, 68% graduação, 21% pós-graduação em nível de especialização. Quanto ao sexo, os

docentes entrevistados foram representados por 74% do sexo feminino e 26% do sexo masculino.

Sobre atividades práticas de educação ambiental nas escolas, 58% dos professores afirmaram que existem práticas de educação ambiental, tais como: Recursos multimídia, projetos de reciclagem, projetos de plantações e palestras; e 42% não confirmaram práticas de educação ambiental nas escolas.

Foi observado através das respostas dadas ao questionário, que 79% trabalham educação ambiental em suas aulas, e 21% não abordam a educação ambiental nas aulas. A maioria dos docentes utiliza o tema de alguma forma em suas aulas, o que mostra vontade, interesse e conhecimento por parte dos docentes.

Dentre os fatores necessários para a escola adotar mais práticas de EA, alguns professores marcaram mais de uma das opções sugeridas. Sendo o incentivo financeiro 15%, o incentivo municipal 16%, treinamentos na área 16%, a estrutura da escola 26%, e 58% que destacaram outros fatores, como: conscientização sobre o meio ambiente, conhecimentos amplos da área, diversificação de conteúdos e capacitação do corpo docente da escola a respeito da EA.

O fortalecimento sobre a formação continuada dos docentes é fundamental para que haja o entrosamento do grupo, incentivando e troca de experiências, assim desenvolvendo a interdisciplinaridade, incluindo o ganho de saberes mútuos no âmbito pessoal e profissional. A partir desse ponto podem-se realizar oficinas e seminários que proporcionem a base para a criação de cartilhas e materiais didáticos sobre EA que ajudem os professores na elaboração de práticas educacionais voltadas para o meio ambiente.

Em relação ao contato do docente com a educação ambiental na sua formação, 53% confirmaram ter tido algum contato com EA, e 47% não tiveram nenhum contato com EA na sua

formação. Sobre o conhecimento da Política Nacional de Educação Ambiental (Lei 9795/99), 53% afirmaram conhecer e 47% não conhecer.

Perguntamos qual a percepção dos professores sobre a importância da educação ambiental. Apenas dois professores não responderam. Uma das professoras polivalentes descreveu que a EA “é responsável em formar indivíduos preocupados com os problemas da natureza, como o desmatamento desnecessário, os lixos nos lugares errados, a poluição nos rios, etc”. Assim, a maioria dos relatos apontaram para o tema da preservação, do cuidado com os elementos naturais e preocupação com as gerações futuras.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A educação ambiental pode ser um importante instrumento para a disseminação da compreensão crítica sobre a necessária relação harmônica entre sociedade e natureza. O levantamento sobre a conjuntura da educação ambiental em escolas públicas no município de Cacimba de Areia revelou a existência de um capital humano capaz de realizar excelentes projetos sobre a conservação da natureza. A identificação desse potencial intelectual, presentes nas instituições de ensino citadas no presente estudo, é a base necessária para atingir os variados objetivos e princípios da educação ambiental.

Por meio das falas dos gestores municipais, das diretoras das escolas, bem como a partir dos relatos dos professores e professoras, pode-se compreender as capacidades possíveis de serem exercidas, porém ainda em vias de pleno desenvolvimento. Os estímulos apontados como necessários, também parecem sugerir a elaboração e execução de um projeto norteador das

ações envolvendo tanto a escola quanto a municipalidade por meio das secretarias de meio ambiente e educação.

Portanto, diante do contexto do desenvolvimento da educação ambiental nas escolas da cidade de Cacimba de Areia, sugere-se a frequente promoção de ações de educação ambiental por meio de um projeto que permita envolver a qualificação do corpo docente das escolas, a participação dos discentes em projetos de reconhecimento da biodiversidade local e o contato com os desafios socioambientais enfrentados pelos habitantes do município.

REFERÊNCIAS

ABÍLIO, F. J. P.; SATO, M. Métodos Qualitativos e Técnicas de coleta de dados em Pesquisas com Educação Ambiental. In: ABÍLIO, F. J. P.; SATO, M. **Educação ambiental: do currículo da educação básica às vivências educativas no contexto do semiárido paraibano**. Editora Universitária da UFPB, 2012. cap 1, pag. 19 – 76.

ARAÚJO, C. de S. F.; SOUSA, A. N. **Estudo do processo de desertificação na caatinga: uma proposta de educação ambiental**. Ciência & Educação (Bauru), v. 17, n. 4, p. 975-986, 2011.

BEZERRA, T. M. O; GONÇALVES, A. A. C. **Concepções de meio ambiente e educação ambiental por professores da Escola Agrotécnica Federal de Vitória de Santo Antão-PE**. Biotemas, v. 20, n. 3, p. 115-125, 2007.

DUARTE, R. G. *et al.* **Educação ambiental na convivência com o semiárido: ações desenvolvidas pela Secretaria de Educação do Estado do Ceará**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 4(1), 17-29, 2015.

GOLDENBERG, M. A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. 8ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2004.

HOFSTATTER, L. J. V.; OLIVEIRA, H. T.; SOUTO, F. J. B. Uma contribuição da educação ambiental crítica para (des) construção do olhar sobre a seca no semiárido baiano. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 22, n. 3, p. 615-633, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/cacimba-de-areia.html?>. Acesso em 09/10/2019.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa*, n. 118, março/ 2003 p. 189-205, março/ 2003.

JUNQUEIRA, R. G. P. A intersetorialidade do ponto de vista da educação ambiental: um estudo de caso. *Revista de Administração Pública*, v. 32, n. 2, p. 79-91, 1998.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. A. Construção do Saber Manual de Metodologia da Pesquisa e Ciências Humanas. Tradução: Heloisa Monteiro e Francisco Settineri. Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo, EPU, 1986.

REIGADA, C.; M. F. C. T. REIS. Educação ambiental para crianças no ambiente urbano: uma proposta de pesquisa-ação. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 2, p. 149-159, 2004.

SANTOS, A. VASCONCELOS, C. A. Representações sociais e abordagens metodológicas dos professores em educação ambiental de jovens e adultos. *Educação Ambiental e Biogeografia*. v.2, p. 20-28, 2016.

TEIXEIRA, A. C. **Educação ambiental: caminho para a sustentabilidade.** Revista brasileira de educação ambiental/Rede Brasileira de Educação Ambiental, v. 2, p. 23-31, 2007.

VEIGA, I. P. A. **Projeto político-pedagógico da escola: uma construção possível.** Papirus Editora, 2013.

SOBRE OS AUTORES

Adriano Soares da Silva – Graduando em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba, Campus IV, Rio Tinto – PB. Atualmente atuando na área da Bioinformática e Genética de vírus, com ênfase em Investigação de Arbovírus em vetores artrópodes, no município de Rio Tinto – PB.

Alexander M. G. de Carvalho – Bacharel em Ecologia pela UFPB. Pesquisador colaborador do Probex da UFPB campus I. Com experiência em Meio Ambiente e consultoria Ambiental (Mastozootologia), atuante nas áreas: Clima e Saúde Pública, Entomologia aplicada a Saúde, Epidemiologia, Doenças Tropicadas causadas por vetores e Ecologia Geral.

Alexandre Fernandes Bamberg de Araújo – Doutor em Ecologia pela UNICAMP. Foi Professor Adjunto do Departamento de Zoologia da UNB e atualmente é Professor Adjunto do Departamento de Biologia Animal da UFRRJ.

Alexia Martiniano Dutra – Acadêmica do curso Bacharelado em Ecologia pela UFPB. Possui experiência na área ambiental com ênfase na área de Química Analítica. Enquanto graduanda, bolsista e voluntária (PIVIC/PIBIC) atuando em projetos com linhas de pesquisa em química analítica correlacionando aplicações para a área ambiental.

Aline Katarina da Silva Bezerra – Graduanda em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba, Campus IV, Rio Tinto – PB. Atualmente atuando na área da Bioinformática e Genética de vírus, com ênfase em Investigação de Arbovírus em vetores artrópodes, no município de Rio Tinto – PB.

Ana Pavla Almeida Diniz Gurgel – Professora Adjunta I da Universidade Federal da Paraíba, Campus IV-Rio Tinto. Atua nas seguintes áreas: Detecção e diversidade genética de Papilomavírus e Zika Vírus.

Anabel Santos Lourenço – Doutora em ciências pela UFPB. Atualmente é Pós-doutoranda na UFPB, com experiência na área de Química, com ênfase em Química Analítica, atuando nas linhas de pesquisa: Eletroquímica e Eletroanalítica.

Anderson Alves dos Santos – Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFPE, Mestre em Geografia pela UFPB e Licenciado em Geografia pela UFPE. Atualmente é professor do Departamento de Engenharia e Meio Ambiente da UFPB-Campus IV. Desenvolve pesquisas nas áreas de Educação Ambiental e sobre as relações contemporâneas entre cidade, arte e meio ambiente.

Anne Falcão de Freitas – Bacharel em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba e Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA.

Bartolomeu Israel de Souza – Geógrafo/UFPB, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente/ PRODEMA/UFPB, Doutor em Geografia/UFRGS. Professor Associado DEGEOC/CCEN/UFPB.

Carla Soraia Soares de Castro – Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos-SP, Pós-doutorado em Antropologia Biológica pela Universidade de Lisboa-Portugal. Professora Associada II, Departamento de Engenharia e Meio Ambiente CCAE-UFPB. Atualmente, encontra-se na coordenação do curso de Bacharelado em Ecologia da UFPB. Atua na

graduação e na pós-graduação na UFPB (PROFBIO e PPGEMA). Realiza pesquisas nas linhas de Ecologia Comportamental, Etnoprimitologia, Ecologia Humana e Educação Ambiental.

Carlos Eduardo de Souza Germano – Mestre em Ecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Monitoramento Ambiental da UFPB.

Daniel Jackson Estevam da Costa – Doutor em Química pela UFPB. Tem vasta experiência na área de Química Analítica, atuando, principalmente, nas linhas de Eletroquímica, Eletroanalítica, métodos automáticos em fluxo batelada e quimiometria.

Edilene Cristina do Nascimento Costa – Mestre em Ecologia e Monitoramento Ambiental pelo Campus IV da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Elaine Belarmino da Silva – Graduanda em Bacharelado em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba. Atualmente estagiária do Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LCG), com experiência em índices de vegetação. Foi bolsista do Programa de Iniciação Científica - PIBIC (2017 – 2019), monitora voluntária no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID (2019.2), da disciplina de Planejamento ambiental.

Elaine Bernini – Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela UENF. Atualmente é professora vinculada ao Laboratório de Ecologia Costeira e Oceânica Campus IV da UFPB.

Evelise Márcia Locatelli de Souza – Doutora em Ecologia Vegetal pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Atualmente é Professora Associado II da UFPB, atuando na graduação, com experiência na área de Botânica, com ênfase em Ecologia da

polinização, atuando nas linhas de pesquisa: biologia floral, Taxonomia vegetal e relação planta/animal.

Évio Eduardo Chaves de Melo – Graduado em Engenharia Agrônômica pela UFRPE, com Mestrado em Ciência do Solo também pela UFRPE, Doutorado em Ciência do Solo pela UFLA e Pós Doutorado na UFRPE. Atualmente é Professor Associado II do Departamento de Engenharia e Meio Ambiente da UFPB. Desenvolve pesquisas na área de Química Ambiental.

Fabricio Claudino de Albuquerque – Graduado em Ecologia pela UFPB e Mestrando em Ecologia pela UFRN. Tem experiência na área de ecologia aplicada e química ambiental, atuando principalmente na determinação voltamétrica de poluentes orgânicos em matrizes ambientais.

Fátima Aparecida Castriani Sanches Brandão – Professora de Química Analítica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Catu (BA). Possui vasta experiência em análises químicas, atuando nos seguintes temas: análise eletroanalítica e eletroquímica; espectroscopia UVvis, NIR e fotometria; quimiometria.

Fernanda Maria Celestino Fernandes – Bacharel em Ecologia pela UFPB, graduanda em Pedagogia na UNIP.

Francisco Antônio da Silva Cunha – Doutor em química pela UFPB, tem experiência na área de Química Analítica com ênfase em métodos automático baseados em análise por fluxo batelada, espectrometria de absorção atômica, espectrometria de absorção UV-Vis e espectrofotometria de emissão em chama com detecção por imagens digitais em matrizes diversas.

Frederico Gustavo Rodrigues França – Doutor em Ecologia pela UNB. Atualmente é Professor Associado II do Departamento de Engenharia e Meio Ambiente da UFPB e coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Monitoramento Ambiental da UFPB.

Frederico Lage-Pinto – Doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Atualmente é técnico do Laboratório de Ecologia Costeira e Oceânica do Campus IV da UFPB.

Hugo Leite dos Santos Campos – Graduado em Bacharelado em Ecologia pela UFPB. Atualmente mestrando no programa de Ecologia e Monitoramento Ambiental (UFPB), atuando na linha de pesquisa em fungos Agaricoides (Basidiomycota).

Isabella Mayara Monteiro de Carvalho Pedrosa – Mestre em Zoologia pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da UFPB.

Joel Silva dos Santos – Geógrafo/UFPB, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPB), Doutor em Recursos Naturais (PPGRN/UFCEG). Professor Associado DEMA/CCEN/UFPB e da Rede PRODEMA.

Leonardo Figueiredo de Meneses – Geógrafo/UFPB, Mestre em Engenharia Urbana/ UFPB, Doutor em Geografia/UFPB. Professor Assistente DEMA/CCEN/UFPB.

Lincoln Eloi de Araújo – Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (2010), Mestre em Meteorologia (2006), Graduado em geografia (2011) pela Universidade Estadual da Paraíba e Graduado em meteorologia (2004) pela Universidade Federal de Campina Grande. Atualmente é profes-

sor Associado II do curso de ecologia no Centro de Ciência Aplicada e Educação da UFPB, Campus IV.

Luciana Lima de Sousa – Bacharel em Ecologia pela UFPB campus IV, Licenciada em Ciências Biológicas pela UFPB campus I, Auxiliar de laboratório pela ETS-UFPB e graduanda em Análises Clínicas na ETS-UFPB.

Lynthelly Pereira de Castro Vianna – Graduanda em Ecologia pelo Campus IV da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Maria Eduarda Soares de Oliveira – Bacharel em Ecologia pela UFPB. Possui experiência na área Ambiental com ênfase na área de Química Analítica. Enquanto graduanda, voluntária e bolsista (PIVIC/PIBIC) atuou em projetos com linhas de pesquisa em química analítica relacionando-os com aplicações para a área ambiental.

Maria Mônica de França Aquino – Graduanda do curso de Ecologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus IV (Rio tinto). Atualmente estagiária do Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento com experiência nas áreas de Classificação Supervisionada e Ecologia da Paisagem. Bolsista de iniciação científica (2017-2019) e monitora da disciplina de Sensoriamento Remoto e SIG, onde desenvolvi um aplicativo para o projeto de monitoria chamado “SIG FÁCIL”.

Mário César Ugulino de Araújo – Professor Titular lotado no Departamento de Química da UFPB. Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq, atualmente nível IA, parecerista Ad hoc dos principais órgãos de fomento do país e das principais revistas nacionais e internacionais da área de Química Analítica e

coordenador, desde 1988, do Laboratório de Automação e Instrumentação em Química Analítica e Quimiometria-LAQA.

Milca Laís da Luz Macieira – Bacharel em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba (2018). Possui experiência na área de Meio Ambiente com ênfase em Ecologia Geral, Geociências e Planejamento Urbano.

Milena Dutra da Silva – Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (2012), Mestre em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2008), graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2006). Atualmente é professora adjunta do curso de Ecologia no Centro de Ciência Aplicadas e Educação da UFPB (Campus IV

Mirelly Bezerra Costa – Graduanda em Bacharelado em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba.

Monna Myranna Mangueira Ramalho – Bacharel em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Mestre em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal do Ceará (UFC), com experiência na área de Ecologia e Botânica, com ênfase em biologia floral, interações ecológicas, biogeografia de ilhas e padrões de distribuição.

Nadjacleia Vilar Almeida – Doutora em Geografia pela Universidade Federal Fluminense (2012) com área de concentração em Ordenamento Territorial Ambiental, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (2006) e graduada em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (2002/2003). Atualmente é professora adjunta do curso de Ecologia no Centro de Ciência Aplicadas e Educação da UFPB (Campus IV).

Niara Isis Pereira de Oliveira – Graduanda em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba, Campus IV, Rio Tinto – PB. Atualmente atuando na área da Bioinformática e Genética de vírus, com ênfase em Investigação de Arbovírus em vetores artrópodes, no município de Rio Tinto – PB.

Patrícia Tavares de França – Graduanda em Bacharelado em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba.

Pedro Henrique Cesar – Graduação em Hotelaria (UFPB); mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFRN), atualmente, cursa doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (UFCCG).

Rafaela Cândido de França – Doutora em Ecologia pelo Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade da UESC.

Rafaela Costa de Lima – Graduanda em Bacharelado em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Atualmente sou estagiária do Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LCG), com experiência de pesquisa em classificação supervisionada e legislação ambiental. Fui bolsista do Programa Institucional de Iniciação Científica, PIBIC e monitora da disciplina de Sensoriamento Remoto e SIG.

Raquel Cruz de França Eiras – Bacharel em Ecologia, pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) com pesquisa relacionada a avaliação da qualidade da água e das vulnerabilidades socioambientais da população ribeirinha. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA (UFPB), com pesquisa na área de análise da qualidade da água e gestão dos recursos hídrico.

Rayllany Juliete Galvão de Lima – Graduanda do curso de Ecologia (Bacharelado) pela Universidade Federal da Paraíba, UFPB. Experiencia com monitoria da disciplina de Sensoriamento Remoto e SIG. Bolsista do Programa Institucional de Iniciação Científica, PIBIC (2019-2020). Atualmente estagiária do Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento, com experiencia em trabalhos com classificação supervisionada e SIG participativo.

Sidney Crystian Oliveira de Medeiros – bacharel em Ecologia/UFPB, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente/ PRODEMA/UFPB.

Taysla Roberta Almeida de Lima - Bacharel em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Mestre e Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal do Ceará (UFC), com experiência na área de Ecologia e Botânica, com ênfase em estrutura de comunidades vegetais e interações ecológicas.

Victor Fellipe dos Santos Gomes – Graduando em Ecologia pela Universidade Federal da Paraíba, Campus IV, Rio Tinto – PB. Atualmente atuando na área da Bioinformática e Genética de vírus, com ênfase em Investigação de Arbovírus em vetores artrópodes, no município de Rio Tinto – PB.

Vívian da Silva Braz – Doutora em Ecologia pela UNB. Atualmente é Professora do curso de Ciências Biológicas e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente do Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica.

Williame Farias Ribeiro – Doutor e Pós-doutor em Química pela UFPB, na área de Química. Atualmente é Professor Adjunto III da

UFPB, atuando na graduação e pós-graduação, 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.

ISBN 978-65-5681-161-9



9 17865561211619