

**ELVIRA FLORENTINO DA COSTA**

**ASPECTOS DA HISTÓRIA NATURAL DE *Frostius pernambucensis*  
BOKERMANN, 1962 (AMPHIBIA, ANURA, BUFONIDAE), EM UM  
REMANESCENTE DE MATA ATLÂNTICA NO NORDESTE DO BRASIL**

**SERRA TALHADA, PE**

**2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

**ASPECTOS DA HISTÓRIA NATURAL DE *Frostius pernambucensis***  
**BOKERMANN, 1962 (AMPHIBIA, ANURA, BUFONIDAE), EM UM**  
**REMANESCENTE DE MATA ATLÂNTICA NO NORDESTE DO BRASIL**

**Elvira Florentino da Costa**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa: Ecologia comportamental de anfíbios e répteis.

**Profa. Dra. EDNILZA MARANHÃO DOS SANTOS**

Orientadora

**SERRA TALHADA, PE**

**2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

C837a Costa, Elvira Florentino da  
Aspectos da história natural de *Frostius pernambucensis* Bokermann,  
1962 (Amphibia, Anura, Bufonidae), em um remanescente de Mata  
Atlântica no Nordeste do Brasil / Elvira Florentino da Costa. – Serra  
Talhada, 2018.  
89 f.: il.

Orientadora: Ednilza Maranhão dos Santos

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra  
Talhada, 2018.

Inclui referências e anexos.

1. Anuro. 2. Endemismo. 3. Preservação ambiental - Nordeste. I.  
Santos, Ednilza Maranhão dos, orient. II. Título.

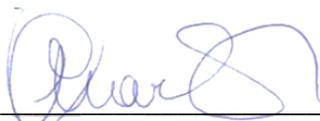
CDD 574

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

**Aspectos da história natural de *Frostius pernambucensis* Bokermann, 1962  
(Amphibia, Anura, Bufonidae), em um remanescente de Mata Atlântica no  
Nordeste do Brasil**

**Elvira Florentino da Costa**

Dissertação julgada adequada para  
obtenção do título de mestre em  
Biodiversidade e Conservação.  
Defendida e aprovada em 19/02/2018  
pela seguinte Banca Examinadora.



---

Prof<sup>(a)</sup>. Dr<sup>(a)</sup>. Ednilza Maranhão dos Santos - Orientadora  
[Biologia/ UFRPE]



---

Prof<sup>(a)</sup>. Dr<sup>(a)</sup>. Mauro de Melo Júnior – Membro Interno  
[Biologia/ UFRPE]



---

Prof<sup>(a)</sup>. Dr<sup>(a)</sup>. Maria Adelia Borstelmann de Oliveira – Membro Externo  
[Biologia/ UFRPE]

## Dedicatória

Aos meus pais Manoel e Sebastiana, por todo amor, confiança e dedicação. Minha base!

Ao meu esposo Welton e a minha filha Lívia Emanuelle, fontes de inspiração e superação para conclusão desse trabalho.

## **Agradecimentos**

- À Unidade Acadêmica de Serra Talhada e ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação – PPGBC, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, por terem me proporcionado essa oportunidade e pela bolsa no primeiro ano do curso concedida pelo programa.

- À minha orientadora, Ednilza Maranhão dos Santos, pela amizade, paciência, ensinamentos e confiança. Sua dedicação e apoio nesse momento foram fundamentais para realização desse trabalho.

- Ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação – PPGBC, pelos ensinamentos e apoio.

- À banca examinadora do trabalho, pela disponibilidade e importantes contribuições concedidas.

- Aos meus colegas de turma, pela amizade construída, conhecimentos compartilhados e palavras de apoio.

- Aos que fazem parte do LIAR – Laboratório Interdisciplinar de Anfíbios e Répteis da Universidade Federal Rural de Pernambuco em especial a Emerson Dias, Priscilla Santana, Victor Leandro (Victor de aves hehe), Eric Rocha e José, por todos os ensinamentos, amizade construída, incentivo e momentos de descontração. Vocês foram imprescindíveis para concretização desse trabalho.

- À minha família incrível pelo amor, carinho, dedicação, confiança e apoio, em especial a minha irmã Ednalva, seu amor e cuidado por mim e minha filha, foram fundamentais para conclusão de mais uma etapa. Jamais conseguirei agradecer o suficiente! Amo você, irmã.

- Aos amigos que sempre estiveram presentes me dando forças para continuar, Josimar Lima, Luana Pádua, Tatiane Mariz, Paulo Rogério, Ana Maria e Dejalva Santos.

- E, finalmente e não menos importante, agradeço a Deus, sem Ele nada seria possível. Ao Senhor toda exaltação e louvor. E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o bom desenvolvimento desse trabalho.

*“O objetivo maior era abrir espaço para a civilização. A civilidade não se compatibiliza com a floresta, dualismo quase perenizado no paradoxo da evolução humana” (RMA, 2006).*

## Resumo

A espécie de *Frostius pernambucensis* Bokermann 1962 é membro dos bufonídeos, pertence ao gênero *Frostius* Cannatella 1986, gênero endêmico da mata Atlântica Nordestina. Possui como localidade tipo o Parque Estadual de Dois Irmãos, no qual foi documentado recentemente após 50 anos do último registro. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo descrever os aspectos reprodutivos e comportamentais da espécie de *F. pernambucensis*, em sua localidade tipo, bem como, modelar áreas potenciais para sua distribuição geográfica. As observações ocorreram em uma área de conservação ambiental, no Parque Estadual de Dois Irmãos (Nordeste do Brasil), com a realização de observações diurnas e noturnas, no período de outubro de 2014 a abril de 2017, em nove campanhas de dez dias consecutivos. Para a modelagem de nicho ecológico, foi utilizado o algoritmo de máxima entropia (MaxEnt), aplicando-se os pontos de ocorrência e variáveis ambientais já estabelecidos. Um total de 17 indivíduos de *F. pernambucensis* foi registrado. Esses exemplares utilizavam como substratos para sítio de canto, folhas, cupinzeiros e bromélias, em uma área de floresta madura. A espécie utilizou como sítio de oviposição e cuidado parental fitotelmos em troncos de árvores (n = 03). O canto de anúncio é harmônico, composto por notas multipulsionadas, com frequência dominante entre 2.17 e 2.62 kHz. Os parâmetros acústicos parecem ter sido influenciados pelos fatores abióticos, comprimento rostro-cloacal e massa do macho vocalizante, o que indicou que há reconhecimento individual. O comportamento de defesa registrado foi o de exibir a área ventral, arqueando os membros anteriores e posteriores para frente, com olhos semiabertos, mantendo-se imóveis por alguns segundos (60 a 90 segundos). Nas observações de cuidado parental, o macho apresentou comportamentos de defesa, guarda, averiguação da prole e vocalização. O modelo de nicho ecológico gerado para a espécie de *F. pernambucensis* ampliou a sua área de distribuição geográfica, com potencial área de ocorrência para ecossistemas da mata atlântica do estado do Rio Grande do Norte. A espécie é registrada, atualmente, para alguns fragmentos de mata atlântica nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe e Bahia. Os dados fornecidos aqui servirão de base para o monitoramento e estratégias de preservação de uma espécie considerada vulnerável para o estado de Pernambuco.

Palavras-chave: Anuro, endemismo, reprodução, distribuição geográfica e preservação.

## Abstract

*Frostius pernambucensis* Bokermann 1962 is a bufonidae belonging to the *Frostius* Cannatella 1986 genus, an endemic Northeastern Atlantic Rainforest genus. The type locality for this species is the Dois Irmãos State Park, where it was recently documented, 50 years after the last registry. In this context, the present study aims to describe *F. pernambucensis* reproductive and behavioral aspects in its type locality, as well as model potential areas for its geographic distribution. Observations were carried out in an environmental conservation area, the Dois Irmãos State Park (Northeastern Brazil), with both diurnal and nocturnal observations, from October 2014 to April 2017, in nine ten-consecutive-day campaigns. The maximum entropy algorithm (MaxEnt) was used for ecological niche modeling, applying established points of occurrence and environmental variables. A total of 17 *F. pernambucensis* individuals were recorded. These specimens used leaves, termites and bromeliads in a mature forest area as advertisement site substrates. Oviposition and parental care sites were phytotelma established in tree trunks (n = 03). The advertisement call is harmonic, composed of multi-pulsed notes, with a dominant frequency ranging from 2.17 to 2.62 kHz. Acoustic parameters seem to have been influenced by abiotic factors, snout-cloacal length and the mass of the vocalizing male, indicating individual recognition. Recorded defense behavior comprised a ventral area display, stiffening and arching the front and back limbs forward, with eyes half-open, standing still for a few seconds (60 to 90 seconds). During parental care, the male presented defense, guard, offspring investigation and vocalization behaviors. The ecological niche model generated for the *F. pernambucensis* extended its geographic distribution area, with a potential occurrence area in Atlantic Rainforest ecosystems in the state of Rio Grande do Norte. The species is currently recorded in some Atlantic Rainforest fragments in the states of Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe and Bahia. The data provided herein will serve as basis for monitoring and conservation strategies of a species considered vulnerable in the state of Pernambuco.

Keywords: Anuran, endemism, reproduction, geographic distribution and preservation.

## Lista de figuras

### Artigo I: Aspectos da história natural de uma espécie vulnerável de Bufonídeo (Anura), em um remanescente de Mata Atlântica urbana, Pernambuco, Brasil

**Figura 1.** Mapa do Brasil, com destaque para Pernambuco, evidenciando a área de coleta no Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) - Recife. Elaborado por Araújo, M. F.....65

**Figura 2.** Dados abióticos para o Parque Dois Irmão, Recife/PE, no período de outubro de 2014 a abril de 2017. Dados Pluviométricos –INMET, 2017.....65

**Figura 3.** A- Sítio de ovipositora da espécie de *F. pernambucensis*; B- ovos dispostos em fileiras formando cordão helicoidal e C- girinos da espécie em aglomerado raspando o substrato do corpo d'água. Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife – PE, 2017. Fonte: Dias, E. G., 2017.....66

**Figura 4.** Canto de anúncio de *Frostius pernambucensis*, gravado em 03 de abril de 2017, 19h43min. Temperatura do ar 28.5 °C e Umidade Relativa do Ar 85%: A – Oscilograma; B – Sonograma e C –Espectro de potência.....66

**Figura 5.** A – indivíduo de *F. pernambucensis* imóvel sob serapilheira e B – posição de guarda do macho em cuidado parental. Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife – PE, 2017. Fonte: Dias, E. G., 2017.....66

### Artigo II – Modelagem de nicho ecológico e potenciais efeitos das mudanças do clima sobre a distribuição de uma espécie endêmica da Mata Atlântica (Anura, Bufonidae)

**Figura 1.** Distribuição da Mata Atlântica do Nordeste (Global Forest Watch, 2018).....85

**Figura 2.** Localidades com registros de *Frostius pernambucensis*. Mapa editado de Pimenta; Caramaschi, 2007.....85

**Figura 3.** Eixos da PCA, os oitos primeiros eixos representam 95% da variância das variáveis ambientais.....85

**Figura 4.** Representação gráfica dos eixos criados pela PCA das variáveis ambientais.....86

**Figura 5.** Distribuição modelada para a espécie de *Frostius pernambucensis*. Cores quentes, mais próximas a 1.0 indicam regiões com maior probabilidade de ocorrência devido à maior adequabilidade para a espécie.....86

**Figura 6.** Adequabilidade ambiental considerando apenas as áreas florestadas para *Frostius pernambucensis*.....87

**Lista de tabelas**

<b>Tabela 1</b> - Localidade e coordenadas dos registros de <i>Frostius pernambucensis</i> utilizadas para gerar os modelos de nicho ecológico.....	87
---	----

## Sumário

Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract	vii
Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	ix
1 Introdução Geral.....	12
2 Objetivos.....	13
3 Revisão de Literatura.....	14
3.1 Aspectos gerais sobre história natural dos anfíbios .....	14
3.2 Família Bufonidae .....	17
3.3 O bioma Mata Atlântica.....	19
3.4 Áreas de grande relevância para proteção da fauna - Unidades de Conservação da Mata Atlântica.....	20
3.5 Biodiversidade de anuros do Bioma Mata atlântica .....	22
3.6 Modelagem de nicho ecológico para anfíbios anuros .....	23
4Referências bibliográficas.....	24
5.1 Artigo científico I - Aspectos da história natural de uma espécie vulnerável de Bufonídeo (Anura), em um remanescente de Mata Atlântica urbana, Pernambuco, Brasil.....	37
5.2 Artigo científico II - Modelagem de nicho ecológico e potenciais efeitos das mudanças do clima sobre a distribuição de uma espécie endêmica da Mata Atlântica (Anura, Bufonidae) .....	67
5. Comentários conclusivos.....	88
6. Anexo .....	89

## 1. Introdução Geral

Estudos sobre história natural de anfíbios compreendem informações sobre área de uso, reprodução (amplexo, desenvolvimento de larva, cuidado parental), comportamentos de defesa, vocalização, competição entre espécies, segregação, sobreposição, entre outros (GIRAUDO, 2002; STEBBINS e COHEN, 1995). Dessa forma, a história natural é a base para a ecologia da conservação, pois fornece o entendimento de padrões e seus mecanismos causais (RICKLEFS, 1990). Além de ser fundamental para o estudo evolutivo das espécies e de sua conservação (GREENE e LOSOS, 1988; HILLIS, 1995).

Atualmente, estima-se que 41 espécies de anfíbios estejam ameaçadas de extinção (ICMBio, 2016). No bioma Mata Atlântica, foram registrados declínio e desaparecimento de espécies que antes eram consideradas abundantes (HEYER et al., 1988; ETEROVICK et al., 2005). Este domínio é o mais ameaçado do planeta, todavia detém uma megadiversidade, com destaque para os anuros (HADDAD e ABE, 1999). De acordo com Rêgo e Hoeflich (2001) estudos biológicos, em especial para a Mata Atlântica nordestina, são urgentes devido à escassez de informações para diferentes táxons e a acelerada perda de habitat, considerando assim a vulnerabilidade das diferentes paisagens e, concomitantemente, a situação de endemismo. A descoberta e/ou redescoberta de novas espécies também reforça a intensificação dos estudos (MOURA, 2006; DIAS et al, 2016).

A espécie de *Frostius pernambucensis* Bokermann, 1962 é membro da família Bufonidae e pertence ao gênero *Frostius* Cannatella 1986, gênero endêmico da Mata Atlântica Nordeste e que possui apenas duas espécies. Atualmente, a espécie é registrada para os estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe e Bahia, com localidade tipo para o Parque Estadual de Dois Irmãos, em Recife-PE (BOKERMANN 1962; PIMENTA e CARAMASCHI, 2007). Estudos sobre a espécie em questão apresentam informações sobre alguns aspectos reprodutivos (CRUZ e PEIXOTO, 1982; JUNCÁ e BORGES, 2002), cuidado parental (DIAS et al., 2016 ) e vocalização (JUNCÁ et al, 2012). De um modo geral, há incipiência de dados disponíveis na literatura sobre *F. pernambucensis* (JUNCÁ et al., 2012; DIAS et al., 2016), principalmente no que diz respeito a sua ocupação ambiental, características reprodutivas e comportamentais.

A espécie é beneficiada pelo Plano de Ação Nacional para Conservação da Herpetofauna Ameaçada da Mata Atlântica Nordeste - PAN Herpetofauna da Mata Atlântica Nordeste (ICMBio, 2016), por ser considerada vulnerável na lista de espécies ameaçadas do Estado de Pernambuco (SEMAS, 2014). Dessa forma, dados sobre a história natural serão fundamentais para garantir a preservação da espécie, pois de acordo com Varjabedian (2010) o que dificulta a preservação das espécies ameaçadas até mesmo em áreas de Unidades de Conservação é a escassez de dados sobre sua população, sua abrangência, distribuição espacial, aspectos de sua biologia e reprodução, ou seja, sua história de vida. Para auxiliar práticas de preservação, novos métodos vêm sendo incorporados para inferir aspectos relacionados à previsão ecológica das espécies, como a modelagem de nicho ecológico, que pode oferecer dados futuros e estimar áreas de ocorrência de vários organismos (PEARSON et al., 2007). E, assim, contribuir para os planos de manejo de espécies ameaçadas (GIOVANELLI et al., 2008).

## **2.Objetivos**

### **2.1- Objetivo Geral**

Objetiva-se, com o presente trabalho, descrever os aspectos reprodutivos e comportamentais da espécie *Frostius pernambucensis*, em sua localidade tipo, um remanescente de Mata Atlântica no Nordeste Brasileiro, bem como modelar áreas potenciais para a distribuição geográfica da espécie.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar a área de ocupação da espécie na sua localidade tipo;
- Determinar as características reprodutivas
- Investigar se a pluviometria e temperatura do ambiente influenciam na distribuição e reprodução da espécie no Parque estadual de Dois Irmãos;
- Descrever o canto de anúncio;
- Analisar os parâmetros acústicos correlacionando-os com os fatores abióticos, tamanho e peso de cada macho vocalizador;

- Sugerir novas áreas potenciais para a ocorrência da espécie na mata atlântica nordestina.

### **3. Revisão de Literatura**

#### **3.1 Aspectos gerais sobre história natural dos anfíbios**

Atualmente, são registradas 7796 espécies de anfíbios no mundo, pertencentes à classe Amphibia (AMPHIBIAWEB, 2018), classificados em três grandes ordens: Anura, representado pelos sapos, rãs e pererecas (6879 espécies), Caudata, representado pelas salamandras (710 espécies) e Gymnophiona, no qual estão inseridas as cobras cegas ou cecílias (207 espécies) (DUELLMAN e TRUEB, 1994; POUGH et al., 1999; AMPHIBIAWEB, 2018).

Os anfíbios anuros são caracterizados por possuírem duas formas de vida, uma aquática, enquanto larvas, e outra terrestre, quando adultos, com habitat e hábitos alimentares distintos. São especializados para saltar, possuem pernas traseiras mais alongadas, corpos encurtados, e sem cauda. A cabeça e olhos grandes, a pele é permeável, com tegumento úmido e sem escamas, permitindo a passagem de água e gases respiratórios (DUELLMAN e TRUEB, 1986; POUGH et al., 1999; WELLS, 2007).

Devido às suas características corporais, os anuros não sobrevivem em ambientes de água salgada, possuem a necessidade de habitar ambientes úmidos, a fim de garantir suas atividades, bem como de suas desovas e larvas (POUGH et al., 1999; WELLS, 2007). Considerando esses aspectos, Haddad et al. (2008) enfatizam que os anfíbios utilizam como locais de refúgio e sítios reprodutivos ambientes úmidos e bastante variados, que incluem lagos, açudes, riachos, córregos e poças temporárias ou permanentes. Desta forma, são considerados excelentes indicadores biológicos de estresse ambiental (BLAUSTEIN e WAKE, 1990), sobretudo na degradação de habitat, causada pela atividade antrópica ou por fatores naturais que podem causar uma diminuição da densidade populacional ou mesmo extinção local (PRYMACK e RODRIGUES, 2001).

As especializações de modos locomotores são utilizadas para diferenciar os tipos de anuros, como exemplo tem-se as rãs, possuem pernas longas e movem-se por saltos; nas espécies semiaquáticas, os pés são dotados de membranas interdigitais; os anuros terrestres de maior porte possuem pernas mais curtas e membranas interdigitais pouco

desenvolvidas; nos fossoriais, uma estrutura queratinizada presente nos pés permite que esses animais escavem o solo com as patas posteriores; as espécies arborícolas, além de saltarem, caminharem e andarem com as quatro patas, algumas espécies possuem discos digitais aumentados - são as chamadas pererecas (POUGH et al., 1999).

Em relação à alimentação, os anfíbios adultos se alimentam de quase tudo que conseguem capturar e deglutir, principalmente de invertebrados (insetos, crustáceos e moluscos) (BEEBEE, 1996; POUGH et al., 1999). Outras espécies, de maior porte podem consumir aves, mamíferos e até outros anuros (POUGH et al., 1999; QUIROGA et al., 2009).

Os anfíbios anuros apresentam alguns sistemas de defesa e estratégias que auxiliam na diminuição do risco de predação. A pele mucosa os torna escorregadios no momento da predação e dificulta a captura; glândulas dorsais tóxicas ou odores desagradáveis afastam seus predadores ou induz o predador ao vômito (BARTHALMUS, 1994; CLARKE, 1997; POUGH et al., 1999).

Algumas espécies alertam seus predadores quanto as suas propriedades tóxicas através da alteração da cor da pele e comportamentos aposemáticos. Geralmente, exibem uma coloração críptica, que o oculta no ambiente do predador, e uma coloração ventral aposemática, quando atacados exibem a porção ventral (HEYER, et al., 1994; POUGH et al., 1999). Essa tática também é utilizada por espécies que não são nocivas, mas que, assemelham-se a elas e assim afastam o predador; esse acontecimento é conhecido como mimetismo (DUELLMAN e TRUEB, 1994; POUGH et al., 1999).

Outras espécies maiores possuem mecanismos menos complexos de defesa, quando ameaçadas, inflando os pulmões e saltando na direção do predador. Outras realizam deflexão do ataque, vocalização de agonia, recuo e outros (DUELLMAN e TRUEB, 1994; TOLEDO et al., 2011). Algumas espécies, de coloração críptica, quando em contato direto com o predador, fingem-se de mortas, estendem e enrijecem as patas posteriores, tornam-se semelhantes à serapilheira e dificilmente são notadas (POUGH, et al., 1999). Essa estratégia é conhecida como tanatose (DUELLMAN e TRUEB, 1994; TOLEDO et al., 2011).

Quanto à reprodução, Wells (1977) considerou dois padrões temporais de comportamento reprodutivo em anuros: o explosivo (quando a reprodução estende-se por poucos dias) e o prolongado (quando a reprodução estende-se por várias semanas); no entanto, esses padrões representam extremos de um contínuo (WELLS, 1977). A variação no padrão temporal pode ser afetada por fatores bióticos (predação, densidade

populacional competição e oportunidade de forrageamento) ou abióticos (sazonalidade de chuva e estabilidade de ambientes aquáticos) (WELLS, 2007). Nesse contexto, algumas espécies são caracterizadas com padrão reprodutivo intermediário (BASTOS e HADDAD, 1999; BORGES, 2015).

Para a maioria dos anuros, a fecundação é externa; o macho utiliza suas patas anteriores para agarrar a fêmea na região peitoral (amplexo axilar) ou na região pélvica (amplexo inguinal), podendo ser mantido por várias horas ou dias, até que a fêmea deposite os ovos (POUGH et al., 1999). Embora muitas espécies de anuros tropicais possam se reproduzir ao longo do ano, a chuva parece ser o fator extrínseco primário no controle dos padrões reprodutivos dessas espécies (DUELLMAN e TRUEB, 1986).

A combinação de atributos morfológicos, fisiológicos e comportamentais, adaptados a certas condições ambientais, fazem com que os anfíbios anuros apresentem a maior diversidade de modos reprodutivos observados para os vertebrados (WELLS, 2007). Sendo que, essa maior diversidade é encontrada nos neotrópicos (DUELLMAN e TRUEB, 1986; HÖDL, 1990).

Os modos de reprodução são definidos a partir do sítio de oviposição, características do ovo e desova, duração do desenvolvimento, estágio do recém-eclodido e tipo de cuidado parental (se houver) (DUELLMAN e TRUEB, 1986). São considerados 39 modos de reprodução quanto à oviposição dos ovos, enquadrados em três categorias maiores: (i) ovos aquáticos, (ii) ovos terrestres ou arborícolas e (iii) ovos retidos no oviduto (HADDAD e PRADO, 2005).

A reprodução aquática com oviposição e desenvolvimento de girinos exotróficos em poças de água ou água corrente é considerado um modo de reprodução generalizado, já os modos reprodutivos relacionados ao ambiente terrestre são reconhecidos como especializados (HADDAD e PRADO, 2005; WELLS, 2007). A reprodução especializada, de acordo com Haddad e Prado (2005) é uma característica de espécies restritas a ambientes florestais. Essa especialização pode ter sido decorrente de fatores relacionados à topografia acidentada do ecossistema, a qual possibilitou criar inúmeros microhabitats, bem como condições limitantes para a evolução de diversos modos reprodutivos (HADDAD e PRADO, 2005).

A vocalização para os anuros também é uma estratégia para reprodução, chamado de canto de anúncio, na qual o macho vocaliza para atrair a fêmea para reprodução (DUELLMAN e TRUEB, 1986; SCOTT e WOODWARD, 1994). O canto é espécie-específico, ou seja, a espécie ou até mesmo o sexo do cantor podem ser identificados

pelas características do canto (GERHARDT, 1988; POUGH et al., 1999), o que torna a análise acústica dos cantos de anúncio um importante caráter taxonômico útil na distinção entre as espécies (DUELLMAN e TRUEB, 1994).

As fêmeas podem responder ao chamado dos machos para anunciar-se para eles ou quando seus ovos estão prontos para serem depositados (POUGH, 1999; WELLS, 2007). Essa resposta facilita a capacidade de encontro entre o macho e a fêmea, aumentando também o sucesso reprodutivo (POUGH et al., 1999; BOSCH, 2001). Segundo Wells (2007), as chamadas das fêmeas ocorrem com mais certeza do que é documentado. Em contrapartida, a vocalização pode ocasionar um custo muito alto de energia e também aumentar o risco de predação para o anuro. Dessa forma, existem as variações no padrão do canto de acordo com as interações sociais e influências ambientais (POUGH et al., 1999; WELLS, 2007).

Espécies de anuros também apresentam cuidado parental que pode ser facultativo (MARTINS et al. 1998) maternal, paternal, alop parental ou biparental (DUELLMAN e TRUEB 1994). De acordo com McDiarmid (1978), cerca de 10-15% de espécies de anuros realizam o cuidado parental. O qual é classificado em quatro categorias: (i) atendimento de ovos, (ii) atendimento de larvas ou jovens, (iii) transporte de ovos e transporte de larvas (WELLS, 1981), além de (iv) atendimento e transporte de juvenis e alimentação de jovens (CRUMP, 1995). O cuidado parental abrange uma ampla variedade de características que aumentam a chance de a prole progredir e reproduzir, além de ter um papel fundamental na reprodução (ROFF, 1992; REYNOLDS, 1996). No entanto, demanda um custo para a sobrevivência dos pais ou reprodução futura (WELLS, 2007).

### **3.2 Família Bufonidae**

A família Bufonidae Gray, 1825 é composta por 607 espécies, alocadas em 52 gêneros (AMPHIBIAWEB, 2016), com sua distribuição mundial, excetuando a Austrália (AMPHIBIAWEB, 2016). As espécies dessa família são vulgarmente conhecidas como sapos e, geralmente, possuem a pele seca, grossa e glandular, sendo que a maioria das espécies tem pernas mais curtas que outros anuros (LIMA et al., 2005), variando de 20 a mais de 200 mm de comprimento (CANNATELLA e GRAYBEAL, 2008).

Algumas características como órgão do licitante presente (massa de tecido gonadal nos machos com aparência de um testículo imaturo); dentes ausentes das

maxilas superiores e inferiores na maioria das espécies; músculo constrictor posterior ausente; músculo depressivo mandibular originário do squamosal e crânio ossificado são consideradas atributos sinapomórficos na família (AMPHIBIAWEB, 2016).

Os bufonídeos são insetívoros, e para algumas espécies as formigas fazem parte da dieta principal (RODRÍGUEZ e DUELLMAN, 1994). São animais terrestres, mas indivíduos de algumas espécies podem ser encontrados dormindo em vegetação baixa à noite (LIMA et al., 2005), habitam ambientes variados, de áreas áridas a florestas úmidas (COGGER e ZWEIFEL, 1998).

Quanto à reprodução e desenvolvimento, estudos registraram para a maioria das espécies de bufonídeos, tanto reprodução do tipo explosiva (CAMPOS, 2015; BALDO; BASSO, 2004; CAORSI et al., 2011) quanto reprodução prolongada (MANEYRO et al., 2008), com amplexo inguinal para várias espécies da América do Sul e Central (WELLS, 2007). Para a maioria das espécies da família Bufonidae a fecundação é externa, os ovos são depositados na água e produzem larvas aquáticas (AMPHIBIAWEB, 2016). Espécies da América do Sul realizam a oviposição dentro ou nas margens de corpos d'água, os ovos são pigmentados e em cordões gelatinosos (LIMA et al., 2005; WELLS, 2007). Os girinos são pequenos e negros, com disco oral que margeia a boca e é direcionado anteroventralmente, possui uma fileira de papilas marginais lateralmente, e as papilas dorsal e ventral são ausentes. A fórmula dental, geralmente, é 2(1)3 (RODRÍGUEZ e DUELLMAN, 1994).

No Brasil são registradas 85 espécies da família Bufonidae, distribuídas nos seguintes gêneros: *Amazophrynella* Fouquet, Recoder, Teixeira, Cassimiro, Amaro, Camacho, Damasceno, Carnaval, Moritz e Rodrigues 2012; *Atelopus* Duméril e Bibron, 1841; *Dendrophryniscus* Jiménez de la Espada, 1871; *Frostius* Cannatella, 1986; *Melanophryniscus* Gallardo, 1961; *Oreophrynella* Boulenger, 1895; *Rhaebo* Cope, 1862 e *Rhinella* Fitzinger, 1826 (SEGALLA et al., 2016). Na Mata atlântica, a família Bufonidae está representada por cinco gêneros (HADDAD e PRADO, 2005), dentre eles: *Dendrophryniscus* (HADDAD e PRADO, 2005); *Frostius*, gênero endêmico para o bioma (HADDAD e PRADO, 2005; FROST et al, 2006); *Melanophryniscus* (PIMENTA e CARAMASCHI, 2007); *Rhinella* (BALDISSERA Jr. et al., 2004; SILVEIRA et al., 2009; FROST, 2009).

Para as espécies de anuros da Mata Atlântica, Haddad e Prado (2005) registraram 27 modos reprodutivos, sendo quatro modos distintos de reprodução foram citados para os bufonídeos, dentre eles: Modo 1 - ovos e girinos exotróficos em água lântica,

espécies dos gêneros *Rhinella* e *Melanophryniscus* (BOKERMANN, 1967; HADDAD e PRADO, 2005; LINGNAU, 2009) e o modo 8 - ovos e girinos endotróficos na água em buracos em árvores ou em bromélias, exemplo de espécies dos gêneros *Dendrophryniscus* e *Frostius* (BOKERMANN, 1962; HADDAD e PRADO, 2005; DIAS et al., 2016). O modo 8 é considerado um modo de reprodução especializado (HADDAD e PRADO, 2005; WELLS, 2007). Para esse caso é importante destacar a necessidade desses ambientes para sua manutenção e sua relação mais estreita com parâmetros abióticos principalmente chuva (HADDAD e PRADO, 2005).

### 3.3 O bioma Mata Atlântica

As florestas tropicais são ecossistemas encontrados na África, Ásia, América Central e América do Sul, áreas relativamente quentes e de temperatura constante (HOLL, 2013). Estas florestas são consideradas fundamentais para a estabilização do clima mundial e para a conservação da biodiversidade, por apresentar uma alta diversidade climática e biológica (SILVA et al., 2016).

No Brasil, encontra-se a Mata Atlântica, considerada a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano (TABARELLI et al., 2005) e reconhecida como Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988 e como Reserva da Biosfera pela Unesco (MMA, 2013). Originalmente, o bioma ocupava uma área equivalente a 1.296.446 km<sup>2</sup>. Hoje, a vegetação ocupa 7,8% da área original preservada (RMA, 2006), pouco mais de 3.000 km que percorre a fachada oriental do Brasil e grande parte da bacia do Paraná (PEREIRA, 2009). Limita-se no Nordeste com a caatinga; na Região Sudeste, com o cerrado, e na Região Sul, com a floresta de araucárias e os campos limpos (PEREIRA, 2009).

Devido a sua extensão territorial, fatores geográficos, elevada variação de altitudes, diferenças de solo e formas de relevo a mata atlântica é caracterizada por diferentes formações. São elas: Florestas ombrófila densa, mata perenifólia (sempre verde), com dossel de até 15 m, com árvores emergentes de até 40 m e densa vegetação arbustiva; ombrófila mista, mata de araucária com sub-bosque bastante denso; ombrófila aberta, transição da floresta ombrófila densa; estacional (decidual e semidecidual), mata com árvores de 25 a 30 m (RMA, 2006).

Esse bioma apresenta ainda ecossistemas associados como brejos interioranos, áreas de clima distinto no interior do semiárido, conhecidas como “serras úmidas”; campos de altitude, com elevações superiores a 1.800m; restinga, grandes extensões do

litoral, sobre dunas e planícies costeiras; manguezais, ocorre ao longo dos estuários, em função da água salobra produzida pelo encontro da água doce dos rios com a do mar (RMA, 2006). Essa diversidade de formações caracteriza a mata atlântica como um sumidouro de carbono de relevância global (MMA, 2013).

O clima varia entre quente e úmido a suavemente frio, uma dupla estacionalidade climática, caracterizada por intensas chuvas de verão, seguidas de estiagens acentuadas, com presença de nevoeiros em algumas áreas e forte luminosidade. Os índices pluviométricos são registrados acima de 1000 mm<sup>3</sup>/ano e temperatura média inferior a 15°C (PEREIRA, 2009; EMBRAPA, 2017).

Para a mata atlântica nordestina, de acordo com a SOS Mata atlântica (2017), a área de cobertura original das formações era 131.029.898 ha, equivalente a 38% do território. Hoje existe apenas 16.266.640 ha (12,4% do original). Ainda segundo a fundação, o desflorestamento de matas e remanescentes registrado entre 2015 e 2016 nas áreas do nordeste foi de 29.075 ha, quando comparado com o período 2014 a 2015, constata-se que houve um aumento de 57,7% na taxa de desmatamento.

Para o estado de Pernambuco, o total original de mata era de 1.690.563 ha (17% do total), hoje soma-se em 197.181ha (11,7% do original). Mesmo com a redução de mata dos últimos anos, no período de 2014 a 2016, houve uma queda de 88% de desflorestamento das formações de Mata Atlântica no Estado (SOS MATA ATLÂNTICA, 2014; 2017).

### **3.4 Áreas de grande relevância para proteção da fauna - Unidades de Conservação da Mata Atlântica**

As iniciativas para conservação da Mata Atlântica tiveram início com a aplicação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, presente na Constituição Federal de 1988, a qual reconhece o Bioma como patrimônio nacional e garante a conservação, proteção, regeneração e utilização da área de acordo com o disposto na Lei. No entanto, as normas de grande abrangência para conservação da Mata Atlântica vêm sofrendo alterações consideráveis, com flexibilizações contrárias, quando se observa o atual nível de ameaça sobre o equilíbrio ecológico (VARJABEDIAN, 2010). Um exemplo é a recente Lei da Mata Atlântica (Lei n.11.428/064 e Decreto n.6.660/085 que a regulamenta), que flexibiliza a utilização das diferentes formas de vegetação nativa e estabelece condições para intervenção ou uso sustentável nos remanescentes de Mata Atlântica (MMA, 2013).

Iniciativas pontuais para conservação do bioma, como a identificação de áreas prioritárias para conservação tornou-se uma ferramenta essencial para a proteção da biodiversidade (CEPF, 2011), com a criação de Unidades de Conservação (UCs), que excluem atividades humanas ou as integra aos objetivos de conservação (CDB, 2010). Essas áreas são selecionadas em função de sua importância biológica, aquelas que estão sob maior pressão antrópica (CEPF, 2011; MMA; 2017).

Nacionalmente, segundo o MMA (2017) são reconhecidas as Unidades de Proteção integral e Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral são divididas em: Estação Ecológica - ESEC, Reserva Biológica - REBIO, Parque Nacional - PARNA, Monumento Natural - MONA, Refúgio da Vida Silvestre - RVS; para as Unidades de Uso Sustentável, têm-se as seguintes categorias: Área de Proteção Ambiental - APA, Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIA, Floresta Nacional - FLONA, Reserva Extrativista - RESEX, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável - RDS, Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN.

Para a Mata Atlântica, são registradas 395 Unidades de proteção Integral: Estação ecológica (42), Monumento Natural (24), Parque Nacional (258), Refúgio de Vida Silvestre (37), Reserva Biológica (34); e 796 Unidades de Uso Sustentável: Floresta Nacional (31), Reserva Extrativista (11), Reserva de Desenvolvimento Sustentável (14), Reserva de Fauna (0), Área de Proteção Ambiental (194), Área de Relevante Interesse Ecológico (21), Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN (525) (CNUC e MMA, 2017).

No entanto, em relação às Unidades de Conservação de proteção integral, as que possuem maior relevância para a conservação da biodiversidade com restrições de uso, são de apenas 2%, o que torna as Unidades de Conservação insuficientes em número e em extensão, sendo necessária a implantação de outras medidas, como a matriz da paisagem e corredores ecológicos, que funcionam como complemento para assegurar a proteção da diversidade biológica (MMA e SBF, 2002). De acordo com Varjabedian (2010) torna-se um erro acreditar que apenas as UCs sejam suficientes para garantir a sobrevivência das espécies ameaçadas, esse entendimento errôneo pode ocasionar a extinção de milhares de espécies que se encontram ameaçadas.

Para o Nordeste, a maioria das UCs são pequenas, com áreas menores ou com pouco mais de 100 ha, bem como não foram implementadas corretamente, apresentando inclusive áreas irregulares, muitas vezes pouco favoráveis a fauna e flora, protegendo apenas 0,3% dos remanescentes de florestas de Mata atlântica (COSTA, 2012; CPRH,

2012). No Estado de Pernambuco, são listadas 81 Unidades de Conservação (40 de Proteção Integral e 41 de Uso Sustentável). Entre as Unidades de Proteção Integral estão 3 Estações Ecológicas (ESEC), 5 Parques Estaduais (PE) e 31 Refúgios da Vida Silvestre (RVS) e 1 Monumento Natural (MONA). Já entre as Unidades de Uso sustentável figuram 18 Áreas de Proteção Ambiental (APAs), 8 Reservas de Floresta Urbana (FURBs) e 14 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPNNs) e 1 Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) (CPRH, 2017). A maioria dessas áreas não possuem plano de manejo, os dados biológicos são pouco conhecido, principalmente quanto aos inventários relacionados a herpetofauna (MOURA et al., 2011), e dados sobre história natural das espécies são pouco explorados pela comunidade científica, evidenciando a urgência de estudo mais direcionados.

### **3.5 Biodiversidade de anuros do Bioma Mata atlântica**

A Mata Atlântica é uma das regiões detentoras da maior biodiversidade do planeta, além da elevada taxa de endemismo, sendo reconhecida mundialmente como uma das cinco áreas prioritárias para conservação e está incluída entre os 34 “pontos quentes” (hotspots) para a conservação no mundo (VARJABEDIAN, 2010; COSTA, 2012; CUNHA e GUEDES, 2013; MMA, 2013). Segundo o MMA (2017), a mata atlântica abriga 370 espécies de anfíbios. Das 265 espécies de vertebrados ameaçados no Brasil, 185 (69,8%) estão abrigadas na Mata Atlântica, com 37,7% de endemismo. Em relação aos anfíbios, todas as dezesseis espécies listadas como ameaçadas são avaliadas como endêmicas do bioma (VARJABEDIAN, 2010).

No Nordeste, a Mata Atlântica abriga quatro dos cinco centros de endemismo que ocorrem no bioma, dois estão situados ao norte do Rio São Francisco: o Centro de Endemismo Pernambuco e os Brejos Nordestinos (áreas de floresta estacional encravadas no semiárido); ao sul do Rio São Francisco estão os centros Diamantina e Bahia (RMA, 2006). Esses quatro centros, são as extensões que abrigam a maior riqueza de espécies de toda a mata atlântica, no entanto, estão entre as áreas mais degradadas do bioma (RMA, 2006).

Dados analisados pelo MMA e SBF (2017), evidenciam que das regiões menos estudadas do bioma Mata Atlântica, destaca-se as “serras úmidas” ou “brejos nordestinos”. Para as regiões mais estudadas, tem-se as matas mais costeiras, porém ainda são pouco conhecidas. Essas formações destacam-se pelo elevado grau de endemismo para anfíbios e répteis, descoberta ou redescoberta de novos gêneros e

espécies (OLIVEIRA e LANGGUTH, 2006; MOURA, 2006; PEIXOTO e PEREIRA-MOURA, 2008; DIAS et al., 2016), mas também pela pressão antrópica que vem sofrendo ao longo das últimas décadas (MMA e SBF, 2017). Em relação aos anfíbios anuros, para o Estado de Pernambuco são registradas 87 espécies, das quais, 12 espécies se encontram ameaçadas de extinção e oito com dados insuficientes para análise (ANDA, 2014; ). De acordo com Haddad e Sazima (1992); Pombal e Gordo (2004) pesquisas sobre anfíbios anuros da Mata Atlântica ainda são pouco abordadas.

Os trabalhos sobre anfíbios anuros da Mata Atlântica envolvem: ecologia, biogeografia, estruturas anatômicas e celulares e biologia da conservação (ver PONTES e ROCHA, 2011). No entanto, as pesquisas se concentram nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, localidades com maior número de pesquisadores e Instituições de Ensino (PONTES e ROCHA, 2001). Segundo a literatura, os trabalhos sobre a anurofauna da Mata Atlântica Nordestina são considerados insuficientes (SILVANO e PIMENTA, 2003; JUNCÁ, 2006; OLIVEIRA, 2009; PONTES e ROCHA, 2011). E de acordo com o MMA e SBF (2000) e Van Sluys et al. (2009) para conservar as florestas e preservar a anurofauna deve-se agrupar todo o conhecimento sobre esses táxons.

### **3.6 Modelagem de nicho ecológico para anfíbios anuros**

Os métodos de modelagem de nicho ecológico possuem a capacidade de unir matematicamente diversas variáveis ambientais à presença de uma dada espécie, e apresenta-se como um instrumento necessário para melhorar a compreensão dos padrões de distribuição dos organismos, a partir da geração de mapas preditivos detalhados (GUISAN e THUILLER, 2005). Aliado ao conhecimento sobre a história natural e biologia das espécies, torna-se eficiente para a conservação desses organismos (PAPES e GAUBERT, 2007). Estudos sobre a distribuição geográfica da fauna brasileira são considerados escassos, sobretudo para Mata Atlântica e Cerrado, biomas considerados *hotspots* mundiais da biodiversidade (MYERS et al., 2000).

Os anfíbios são espécies abundantes no Brasil, e devido à sua dependência por ambientes aquáticos a fim de garantir sua sobrevivência e de suas desovas (POUGH et al., 1999; WELLS, 2007), são afetados fortemente pela temperatura (ARAÚJO et al., 2007, WELLS, 2007). Para Haddad et al. (2008) as alterações climáticas futuras irão causar modificações na distribuição de muitas espécies de anfíbios na Mata Atlântica.

As pesquisas que abordam a modelagem de nicho ecológico têm como foco principal espécies de ampla distribuição geográfica (RON, 2005; PHILLIPS et al., 2006; SIQUEIRA e DURIGAN, 2007; COSTA, et al., 2012). E apenas alguns trabalhos sobre distribuição geográfica de espécies raras e/ou de distribuição restrita foram publicados (ENGLER et al., 2004; GUIBAN et al., 2006; YOUNG, 2007; GIOVANELLI et al., 2008). Segundo Slatyer et al. (2007), os estudos de modelagem com espécies raras e/ou com distribuição restrita fornecem uma avaliação mais precisa destas espécies, que auxiliam no planejamento e na adoção de estratégias de conservação.

A aplicação da modelagem de nicho se torna necessária em países como o Brasil, devido ao desconhecimento da distribuição geográfica de várias espécies raras, ameaçadas de extinção (GIOVANELLI et al., 2008). Para Costa et al. (2007), vale salientar que os resultados gerados a partir da modelagem de nicho ecológico não podem ser ignorados, e devem ser investigados através de coletas de campo a fim de garantir as decisões mais apropriadas a serem adotadas. Uma vez que, dados atualizados sobre a biologia, distribuição e conservação dos anuros brasileiros ainda é limitado (GIOVANELLI et al., 2008).

#### **4. Referências Bibliográficas**

AMPHIBIAWEB. Amphibian Species Lists. 2018. University of California, Berkeley, CA, USA. Disponível em: <https://amphibiaweb.org>. Acesso em: 10 de janeiro de 2018.

AMPHIBIAWEB: Information on amphibian biology and conservation. [web application]. 2016. Berkeley, California: **AmphibiaWeb**. Disponível em: <https://amphibiaweb.org/>. Acesso em: 05 de dezembro de 2017.

ANANDA – Agência de Notícias de Direitos Animais. **Pernambuco desenvolve lista oficial de animais ameaçados de extinção**. 2015. Disponível em: <https://www.anda.jor.br/2015/05/pernambuco-desenvolve-lista-oficial-animais-ameacados-extincao>. Acesso em: 20 de dezembro de 2017.

ARAÚJO, C. O.; CONDEZ, T. H.; HADDAD, C. F.B. Amphibia, Anura, *Phyllomedusa ayeaye* (B. Lutz, 1966): Distribution extension, new state record and geographic distribution map. **Check List**, 2007. 3:156-158.

BALDISSERA Jr., F. A.; CARAMASCHI, U.; HADDAD, C. F. B. Review of the *Bufo crucifer* species group, with descriptions of two new related species (Amphibia, Anura, Bufonidae). **Arquivo do Museu Nacional**. 2004. 62(3):255-282.

BALDO, D.; BASSO, N. G. A new species of *Melanophryniscus* Gallardo, 1961 (Anura: Bufonidae), with comments on the species of the genus reported for Misiones, northeastern Argentina. **Journal of Herpetology**. 2004. 38:140-150.

BARTHALMUS, G. T. Biological roles of amphibian skin secretions. In: **Amphibian biology**. Vol. 1. The Integument, ed. H. Heatwole, H.; Barthalmus, G. T. 1994, p. 382–410.

BASTOS, R. P.; HADDAD, C. F. B. Atividade reprodutiva de *Scinax rizibilis* (Bokermann) (Anura, Hylidae) na Floresta Atlântica, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 1999. v. 2, p. 409 - 421

BEEBEE, T. J. C. **Ecology and Conservation of amphibians**. London, UK: Chapman Hall, 1996.

BLAUSTEIN, A. R.; WAKE, D. B. Declining amphibian populations: a global phenomenon? **Trends Ecol. & Evol.** 1990. p. 203-204.

BOKERMANN, W. C. A. Una nueva especie de *Atelopus* del nordeste de Brasil (Amphibia, Salientia, Brachycephalidae). **Neotropica**. 1962, p. 42–44.

BOKERMANN, W. C. A. Observações sobre *Melanophryniscus moreirae* (Mir. Rib.) (Amphibia, Brachycephalidae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 1967. 39: 301-306.

BORGES, M. M. História natural de *Phyllomedusa ayeaye* (Anura, Hylidae) na Serra da Canastra, Minas Gerais. 2015, 63p. Dissertação (**mestrado**) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, São Paulo.

BOSCH, J. Female reciprocal calling in the Iberian mid wife toad (*Alytesciscus ternasii*) varies with male call rate and dominant frequency: implications for sexual selection. **Naturwissenschaften** 88. 200. 1434–37.

CAMPOS, C. E. C. Ecologia de comunidades e comportamento reprodutivo de anfíbios anuros em Savana Amazônica. 2015. 148p. **Tese (doutorado)** – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CANNATELLA, D.; GRAYBEAL, A. Bufonidae. True Toads. Version 29 November 2008 (under construction). In **The Tree of Life Web Project**. Disponível em: <http://tolweb.org/Bufonidae/16941/2008.1129>. Acesso em: 05 de dez. de 2017.

CAORSI, V. Z.; SANTOS, R. R.; GRANT, T.; MARTINS, M. B. **Comportamento reprodutivo de *Melanophryniscus cambaraensis* (Anura: Bufonidae) na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande Do Sul, Brasil**. 2011 Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/35327>. Acesso em: 20 de novembro de 2017.

CDB. **Convenção da Diversidade Biológica**, 2010.

CEPF - Critical Ecosystem Partnership Fund. **Mata Atlântica - Hotspot de Biodiversidade**. Perfil do Ecossistema. Brasil, versão final, 2011, 29p.

CLARKE, B. T. The natural history of amphibian skin secretions, their normal functions and potential medical applications. **Biol. Rev.**1997,p. 365–79.

CNUC- Cadastro Nacional de Unidades de Conservação; MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação por Bioma**. Disponível em: [www.mma.gov.br/cadastro\\_uc](http://www.mma.gov.br/cadastro_uc). Acesso em: 20 de novembro de 2017.

COGGER, H. G.; ZWEIFEL, R. G. **Encyclopedia of Reptiles and Amphibians**. San Diego. 1998. pp. 91–92.

COSTA, C. **Uma floresta de oportunidades: um novo olhar sobre a Mata Atlântica do Nordeste**. Org.: COSTA, C; GUERRA, R. [coordenação da publicação Marcele Bastos] – Belo Horizonte. 2012. 54 p.

COSTA, R. N.; ANA C. O. Q. CARNAVAL, A. C. O. Q.; TOLEDO, L. F. Mudanças climáticas e seus impactos sobre os anfíbios brasileiros/Climate change and its impacts on Brazilian amphibians. **Revista da Biologia** (2012) 8: 33-37.

COSTA, G.C.; NOGUEIRA, C.; MACHADO, R.B.; COLLI, G.R. Squamate richness in the Brazilian Cerrado and its environmental-climatic associations. **Diversity & Distributions**, 13:714-724.2007.

CPRH -Agência Estadual de Meio Ambiente. **Unidades de conservação estaduais de Pernambuco**. 2012. Disponível em: [http://www.cprh.pe.gov.br/arquivos\\_anexo/Acesso](http://www.cprh.pe.gov.br/arquivos_anexo/Acesso) em: 20 de dezembro de 2017.

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente. **Unidades de conservação estaduais de Pernambuco**. 2017. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/UnidadesdeConservacao/descricao das unidades/>. Acesso em: 20 de março de 2018.

CRUMP, M. L. Parental care. In *Amphibian biology*. Vol. 2: **Social behaviour**, ed. Heatwole, H; Sullivan, B. K. Chipping Norton, New South Wales, Australia: Surrey Beatty and Sons. 1995, p. 518-67.

CRUZ, C. A. G.; PEIXOTO, O. L. Sobre a biologia de *Atelopus pernambucensis* Bokermann, 1962 (Amphibia, Anura, Bufonidae). **Rev. Bras. Biol.** 1982, 42: 627-629.

CUNHA, A.A.; GUEDES, F. B. **Mapeamentos para conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas**. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília, DF. 216p. 2013.

DIAS, E. G.; SILVA, P. S.; PEREIRA, E. N.; SANTOS, E. M. *Frostius Pernambucensis* (Frost's Toad). Parental Care. In: Natural History Notes. **Herpetological Review** 47(2), 2016, p.278.

DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L. **Biology of amphibians**. McGraw Hill, New York. 1986.

DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L. **Biology of Amphibians**. 2<sup>a</sup> ed. Baltimore e London. The Johns Hopkins University Press. 670 p. 1994.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Biomass: Mata Atlântica**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/bioma/mata-atlantica>. Acesso em: 20 de novembro de 2017.

ENGLER, R.; GUIBAN, A.; RECHSTEINER, L. An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. **Journal of Applied Ecology**, 2004, 41:263-274.

ETEROVICK, P. C.; QUEIROX CARNAVAL; A. C. O.; BORGES-NOJOSA, D. M.; SILVANO, D. L.; SEGALLA, M. V.; SAZIMA, I. Amphibian declines in Brazil: An overview. **Biotropica** 2005, 37:166–79.

FROST, D.R; GRANT, T.; FAIVOVICH, J.; BAIN, R. H.; HAAS, A.; HADDAD, C. F. B.; DE SA, R. O.; CHANNING, A.; WILKINSON, M.; DONNELLAN, S. C.; RAXWORTHY, C. J.; CAMPBELL, J. A.; BLOTTO, B. L.; MOLER, P.; DREWES, R. C.; NUSSBAUM, R. A.; LYNCH, J. D.; GREEN, D. M.; WHEELER, W. C. The Amphibian tree of life. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, 2006, 297: 1–370.

FROST, D. R. **Amphibian Species of the World: an Online Reference**. Version 5.3. 2009. American Museum of Natural History, New York, USA. Disponível em: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia>. Acesso em: 29 de dezembro de 2017.

GERHARDT, H.C. Acoustic properties used in call recognition by frogs and toads. In: FRITZSCH, B. M.; RYAN, M. J.; WILCZYNSKI, W.; HETHERINGTON, T. E.; WALKOWIAK, W. (Eds.), **The evolution of the amphibian auditory system**. John Wiley e Sons, New York.1988, p. 455-483.

GIOVANELLI, J. G. R.; ARAUJO, C. O.; HADDAD, C. F. B.; ALEXADRINO, J. Ecological modelling of *Phyllomedusa ayeaye* (Anura: Hylidae): prediction of new occurrence areas for a rare species. **Neotropical Biology and Conservation** 3(2):59-65, 2008.

GIRAUDO, A. Serpientes de la Selva Paranaense y del Chaco Húmedo. Buenos Aires: **L.O.L.A**, 2002, 289 p.

GREENE, H. W.; LOSOS, J. B. Systematics, Natural History and Conservation: Field Biologists Must Fight a Public-Image Problem. **Bio Science** 38(7): 458-462. 1988.

GUISAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters**, 2005, 8:993-1009.

GUISAN, A.; BROENNIMANN, O.; ENGLER, R.; VUST, M.; YOCCOZ, N. G.; LEHMANN, A.; ZIMMERMANN, N.E. Using niche based models to improve the sampling of rare species. **Conservation Biology**, 2006.20:501-11.

HADDAD, C. F. B.; ABE, A. S. Anfíbios e Répteis. In: **Workshop Floresta Atlântica e Campos Sulinos**. 1999. Disponível em: [http://www.bdt.org.br/workshop/mata.atlantica/BR/rp\\_anfibios](http://www.bdt.org.br/workshop/mata.atlantica/BR/rp_anfibios). Acesso em: 20 de fevereiro de 2016.

HADDAD, C. F. B.; PRADO, C. P. A. Reproductive Modes in Frogs and Their Unexpected Diversity in the Atlantic Forest of Brazil. **Bio Science**. Vol. 55, Nº 3, 2005, p. 207 – 217.

HADDAD, C. F. B.; SAZIMA, I. Anfíbios anuros da Serra do Japi, p. 188-211. In: Morellato, L. P. C. (org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação**

**de uma área florestal no Sudeste do Brasil.** Campinas: Editora Unicamp/FAPESP. 325p. 1992.

HADDAD, C. F. B.; TOLEDO, L. F.; PRADO, C. P. A. Anfíbios da Mata Atlântica: guia dos anfíbios Anuros da Mata Atlântica. São Paulo: **Neotrópica**. 2008. p. 243.

HADDAD, C. F. B.; GIOVANELLI, J. G. R.; ALEXANDRINO, J. O aquecimento global e seus efeitos na distribuição e declínio dos anfíbios. In: BUCKERIDGE, M. S. (Org.). **Biologia & Mudanças Climáticas no Brasil**. São Carlos: Rima Editora, 2008, p. 195-206.

HEYER, W.R.; W.; DONNELLY, M. Â.; MCDIARMID, R. W.; HAYEK, L. A. C.; FOSTER, M. S. Measuring and monitoring biological diversity. **Standard methods for amphibians**. Smithsonian Institution Press, Washington. 1994. 364p.

HEYER, W. R.; RAND, A. S.; GONCALVEZ, A. A; PEIXOTO, O. L. Decimations, extinctions, and colonizations of frog populations in southeast Brazil and their evolutionary implications. **Biotropica**.1988, 20:230–35.

HILLIS, D.M. American molecular naturalist. **Ecology** .1995, 76(3): 1017-1018.

HODL, W. Reproductive diversity in Amazonian lowland frogs. **Fortschr. Zool**. 38, 1990. p. 41–60.

HOLL, K. D. Restoring Tropical Forest. **Nature Education Knowledge** 2013, 4(4):4. Disponível em: <http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/restoring-tropical-forest-97756726>. Acesso em: 12 setembro de 2017.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Portaria ICMBio Nº 38 DE 03/05/2016 - DOU 04/05/2016 (Ministério do Meio Ambiente). **Boletins**, editora Plenun. Disponível em: <https://www.plenum.com.br/boletins/detalhes/2202>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

JUNCÁ, F. A., BORGES, C. L. S. Fauna associada a bromélias terrícolas da Serra da Jibóia, Bahia. **Sitientibus SCB**. 2002, 2: 73-81.

JUNCÁ, F. A. Diversidade e uso de hábitat por anfíbios anuros em duas localidades de Mata Atlântica, no norte do estado da Bahia- **Biota Neotropica**, v6 (n2). 2006. 17p.

JUNCÁ, F. A.; DAVID, L.; RÖHR, D. L.; MORAES, R. L.; SANTOS, F. J. M.; AIRAN, S.; PROTÁZIO, A. S. P.; EDNEI A. MERCÊS, E. A.; SOLÉ, M. Advertisement call of species of the genus *Frostius* Cannatella 1986 (Anura: Bufonidae). **Acta Herpetologica**. 2012.7(2): 189-201.

LIMA, A. P.; KELLER, C.; MAGNUSSON, W. E. **Guia de sapos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central** = Guide to the frogs of Reserva Adolpho Ducke, Central Amazonia – Manaus: Áttema Design Editorial, 168 p. 2005.

LINGNAU, R. Distribuição temporal, atividade reprodutiva e vocalizações em uma assembleia de anfíbios anuros de uma floresta ombrófila mista em Santa Catarina, sul do Brasil. 2009. 106 p. **Tese (doutorado)** - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MANEYRO, R.; NAYA, D. E.; BALDO, D. A new species of *Melanophryniscus* (Anura, Bufonidae) from Uruguay. **Iheringia, Sér. Zool.**, 98(2): 189-192, 2008.

MARTINS, M.; POMBAL JR. J. P.; HADDAD, C. F. B. Escalated aggressive behaviour and facultative parental care in the nest building gladiator frog, *Hylafaber*. **Amphibia-Reptilia**, Wien, 1998. 19:65-73.

MCDIARMID, R. W. Evolution of parental care in frogs. In **The development of behavior: Comparative and evolutionary aspects**, ed. G. M. Burghardt and M. Beckoff. 1978. p. 127-47.

MMA – Ministério do Meio Ambiente; SBF - Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília, 2002. 404 p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente; SBF - Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira.** Brasília. Atualização - portaria mma nº 9, de 23 de janeiro de 2017, 301 p.

MMA/SBF - Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos.** Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, SEMAD/Instituto Estadual de Florestas - MG, Brasília. 2000. 40p.

MMA – Ministério do Meio ambiente. **Lições aprendidas na conservação e recuperação da Mata Atlântica: Sistematização de desafios e melhores práticas dos projetos-pilotos de Pagamentos por Serviços Ambientais.** Brasília: MMA, 2013.

MMA – Ministério do Meio ambiente. **Mata Atlântica.** Disponível em:<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>. Acesso em: 24 de novembro de 2017.

MOURA, F. B. P. **A Mata Atlântica em Alagoas.** Conversando sobre ciências em Alagoas. Maceió: EDUFAL, 2006. p. 88.

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

OLIVEIRA, A. F. Diversidade e distribuição espacial e temporal da Anurofauna (Amphibia, Anura) em fragmento de Mata Atlântica de Igarassu, Pernambuco. Dissertação (**mestrado**) – Universidade Federal de Pernambuco, 75 folhas. 2009.

OLIVEIRA, M. M.; LANGGUTH, A. Rediscovery of marcgrave's capuchin monkey and designation of a neotype for *Simia Flavia* Schreber, 1774 (Primates, Cebidae). **Bol. Mus. Nac.**, no.523, 2006, pp. 1-16.

- PAPES, M.; GAUBERT, P. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. **Diversity and Distributions**, 2007. 13:890-902.
- PEARSON, R. G.; RAXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M.; PETERSON, A. T. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal of Biogeography**. 2007, 34:102-117.
- PEIXOTO, A. L.; PEREIRA-MOURA, M. V. L. A new genus of *Monimiaceae* from the Atlantic Coastal Forest in South-Eastern Brazil. **Kew Bulletin**, vol.63, 2008, p. 137-141.
- PEREIRA, A. B. Mata Atlântica: Uma Abordagem Geográfica. **Nucleus**. V.6, n.1, 2009. p. 27.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**. 2006, 190:231-259.
- PIMENTA, B. V. S.; CARAMASCHI, U. New species of toad, genus *Frostius* Cannatella, 1986, from the Atlantic Rain Forest of Bahia, Brazil (Amphibia, Anura, Bufonidae). **Zootaxa**. 2007, 1508: 61-68.
- POMBAL JR, J. P.; GORDO, M. Anfíbios Anuros Da Juréia, p. 243-256. In: Marques, O. A. V.; Dulepa, W. (eds.). **Estação Ecológica Juréia-Itatins**. 2004.
- PONTES, J. A. L.; ROCHA, C.F.D. Os anfíbios da serapilheira da Mata Atlântica brasileira: estado atual do conhecimento. **Oecologia Australis** 15(4): 750-761, 2011.
- POUGH, F. H.; JANIS, C. J.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 2º ed. Atheneu, São Paulo, 798p. 1999.
- PRIMARCK, R. B.; RODRIGUES, E. Conservação e desenvolvimento sustentável. In: **Biologia da Conservação**. Londrina, 2001, p. 272-274.

QUIROGA, L. B.; SANABRIA, E. A.; ACOSTA, J. C. Size- and Sex-Dependent Variation in Diet of *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) in a Wetland of San Juan, **Argentina Journal of Herpetology**, v. 43, n. 2, 2009, p. 311-317.

RÊGO, G. M.; HOEFLICH, V. A. **Contribuição da pesquisa florestal para um ecossistema em extinção: Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil**. Documentos, 21. Aracaju: Embrapa - Tabuleiros Costeiros, 2001. 80p.

REYNOLD J. D. Animal breeding systems. **Trends Ecol Evol**. 1996, p. 68-72.

RICKLEFS, R.E. **Ecology**. Freeman and Company, New York. 1990.

RMA - Rede de ONGs da Mata Atlântica. **Mata Atlântica – uma rede pela floresta** Org. CAMPANILI, M.; PROCHNOW, M. Brasília: RMA, 2006. p. 332.

RODRÍGUEZ, L.O.; DUELLMAN, W. E. **Guide to the frogs of the Iquitos region Amazonian Peru**. The University of Kansas Natural History Museum Special Publication, 1994, 22: 1-80.

ROFF, D. A. **The evolution of life histories**. New York: Chapman and Hall. 1992.

RON, S.R. Predicting the distribution of the amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* in the new world. **Biotropica**, 2005, 37:209-221.

SCOTT JR., N. J.; WOODWARD, B. D. Standard techniques for inventory and monitoring: Surveys at Breeding Sites. *In*: HEYER, W. R.; DONNELLY, M. A.; McDIARMID, R. W.; HAYEK, L. C.; FOSTER, M. S. (eds.). Measuring and Monitoring Biological Diversity. **Standard Methods for Amphibians**. 1994.

SEGALLA, M. V.; CARAMASCHI, U.; CRUZ, C. A. G.; GRANT, T. G.; HADDAD C. F. B., GARCIA, P. C. A.; BERNECK, B. V. M.; LANGONE, J. A. Brazilian Amphibians: List of Species/Mudanças taxonômicas. **Herpetologia Brasileira**. Vol.5, nº 2, 2016.

SEMAS, (2014). Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Legislação Estadual - Pernambuco**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280590>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2017.

SILVA, J. M. C., PINTO, L. P., HIROTA, M. M., BEDÊ, L. C., TABARELLI, M. Conservação da Mata Atlântica brasileira: um balanço dos últimos dez anos. In: **Metamorfoses florestais: Culturas, ecologias e as transformações históricas da Mata Atlântica**. Org. CABRAL, D. C.; BUSTAMANTE, A. G. Edição 1. 2016. p. 1-460.

SILVANO, D. L.; PIMENTA, B.V.S. **Diversidade e distribuição de anfíbios na Mata Atlântica do Sul da Bahia**. Org.: PRADO, P. I.; LANDAU, E. C.; MOURA, R.T.; PINTO, L.P. S.; FONSECA, G. A. B.; ALGER, K. Corredor de Biodiversidade na Mata Atlântica do Sul da Bahia. 2003.

SILVEIRA, A. L.; SALLES, R. O. L.; PNTES, R. C.; Primeiro registro de *Rhinella pombali* e novos registros de *R. crucifer* e *R. ornata* o Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Amphibia, Anura, Bufonidae). **Biotemas**, 22 (4), 2009, p 231-235.

SIQUEIRA, M.; DURIGAN, G. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, 2007, 30:233-243.

SLATYER, C.; ROSAUER, D.; LEMCKERT, F. An assessment of endemism and species richness patterns in the Australian Anura. **Journal of Biogeography**, 2007, 34:583-596.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica 2012-2013/Relatório Técnico**. Org.: Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São Paulo, 2014, p. 61.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica 2015-2016/Relatório Técnico**. Org.: Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São Paulo, 2017, p. 69.

STEBBINS, R. C.; COHEN, N. W. **A Natural History of Amphibians**. Princeton University Press, New Jersey. 1995.

TABARELLI, M.; PINTO, L. P., SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M., BEDÊ, L. C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**. V. 1, nº 1; 2005, p. 1-7.

TOLEDO, L. F.; SAZIMA, I.; HADDAD, C. F. B. Behavioral defenses of anurans: an overview. **Ethology Ecology e Evolution**, 2011. p. 1-25.

VAN SLUYS, M.; VRCIBRADIC, D.; ALVES, M. A. S.; BERGALLO, H. G.; ROCHA, C. F. D. Ecological parameters of the leaf-litter frog community of an Atlantic Rainforest area at Ilha Grande, Rio de Janeiro state, Brazil. **Austral Ecology**, 2007, 32: 254-260.

VARJABEDIAN, R. Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. **Estudos Avançados**. 24 (68), 2010, p. 147 – 160.

WELLS, K. D. The social behaviour of anuran amphibians. **Animal Behaviour**, 25:666-693. 1977.

WELLS, K. D. Parental behavior of male and female frogs. In **Natural selection and social behavior**, ed. R. D. Alexander and D. W. Tinkle. 1981. p. 184–97.

WELLS, K. D. **The Ecology and behavior of amphibians**. The University of Chicago Press, Ltd., London. p. 1162. 2007.

YOUNG, B.E. Distribución de las especies endémicas em lavertiente oriental de los Andes em Perú y Bolivia. Arlington, **Nature Serve**, 2007, 88 p.

## **5. Artigos Científicos**

### **5.1 Artigo Científico I**

Artigo a ser submetido à revista *Animal Conservation*

Todas as normas de redação e citação, doravante, atendem as estabelecidas pela referida revista, exceto o idioma.

#### **Aspectos da história natural de uma espécie endêmica da Mata Atlântica (Anura, Bufonidae), no nordeste do Brasil**

##### **História natural de uma espécie endêmica da Mata Atlântica**

Elvira Florentino da Costa<sup>1</sup>, Ednilza Maranhão dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação. Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Avenida Gregório Ferraz Nogueira, S/NBairro: José Tomé de Souza Ramos. CEP: 56909-535 - Serra Talhada / PE e-mail: elviracosta.bio@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia, Laboratório Interdisciplinar de Anfíbios e Répteis (LIAR). Rua Dom Manoel de Medeiros (s/n), Dois Irmãos CEP - 52171-900, Recife, PE. Brasil. e-mail: ednilzamaranhao@gmail.com

## Resumo

Aspectos da história de vida de *Frostius pernambucensis* Bokermann, 1962 foram investigados em uma área de conservação ambiental, no Parque Estadual de Dois Irmãos (Nordeste do Brasil). Esse estudo teve como objetivos (i) descrever o uso do microhabitat, aspectos reprodutivos e atividade comportamental da espécie, (ii) descrever o canto de anúncio e (iii) analisar se há influência dos fatores abióticos, comprimento do corpo e massa sobre os parâmetros acústicos. As observações foram diurnas e noturnas, no período de outubro de 2014 a abril de 2017, em nove campanhas de dez dias consecutivos. A espécie estudada é membro dos bufonídeos, pertence ao gênero *Frostius* Cannatella 1986, gênero endêmico da mata Atlântica Nordestina. Possui como localidade tipo o Parque Estadual de Dois Irmãos, no qual foi documentado recentemente após 50 anos do último registro. Foram registrados 17 indivíduos de *F. pernambucensis* que utilizavam como substratos folhas de arbustos, cupinzeiros e bromélias como sítio de canto, em um trecho de floresta madura na unidade de conservação investigada. A espécie utilizou como sítio de oviposição e cuidado parental fitotelmos em troncos de árvores (n = 03). O canto de anúncio é harmônico, composto por notas multipulsionadas, com frequência dominante entre 2.17 e 2.62 kHz. Os parâmetros acústicos parecem ter sido influenciados pelos fatores abióticos, comprimento do corpo e massa do macho vocalizante, o que indicou que há reconhecimento individual. O comportamento de defesa registrado foi o de exibir a área ventral, enrijecendo e arqueando os membros anteriores e posteriores para frente, com olhos semiabertos, mantendo-se imóveis por alguns segundos. Quanto ao cuidado parental, o macho apresentou comportamento de defesa, guarda, averiguação da prole e vocalização. Os dados aqui apresentados fornecem informações valiosas de uma espécie que se encontra vulnerável pela lista do estado de Pernambuco na sua localidade tipo e enfatiza a necessidade de monitoramento desse táxon nesse remanescente de Mata Atlântica, para que se possa sugerir estratégias de conservação e manejo.

Palavras-chave: Anuro, endemismo, comportamento, reprodução e preservação.

## Abstract

Aspects of the life history of *Frostius pernambucenis* Bokermann, 1962 were investigated in an environmental conservation area in the Dois Irmãos State Park (Northeastern Brazil). This study aimed to (i) describe microhabitat use, reproductive aspects and behavioral activity of the species, (ii) describe its advertisement call and (iii) evaluate the influence of abiotic factors and body length and mass on acoustic parameters. Observations were both diurnal and nocturnal, from October 2014 to April 2017, carried out in nine ten-consecutive-day campaigns. The species is a bufonidae belonging to the *Frostius Cannatella* 1986 genus, endemic in the Northeastern Atlantic Rainforest. Its type locality is the Dois Irmãos State Park, where it was recently documented 50 years after the last registry. Seventeen individuals using shrub leaves, termites and bromeliads as substratum in a mature forest section in the investigated conservation unit were recorded. Oviposition and parental care sites were phytelma established in tree trunks (n = 03). The advertisement call is harmonic, composed of multi-pulsed notes, with a dominant frequency ranging from 2.17 to 2.62 kHz. Acoustic parameters seem be influenced by abiotic factors, body length and vocalizing male mass, indicating individual recognition. The recorded defense behavior was a display of the ventral area, stiffening and arching the front and back limbs forward, with eyes half-open, standing still for a few seconds. Regarding parental care, males presented defense, guard, offspring investigation and vocalization behaviors. The data presented herein provide valuable information on a species classified as vulnerable in the Pernambuco state list in its type locality, and emphasizes the need to monitor this taxon in this Atlantic Rainforest remnant, so conservation and management strategies can be suggested.

Keywords: Anuran, endemism, behavior, reproduction and preservation.

## Introdução

O Brasil lidera o ranking mundial em diversidade de anfíbios anuros, com 1039 espécies (Segalla et al., 2016), sendo boa parte endêmica, com incipiência de dados sobre história natural, o que dificulta tomadas de decisões sobre manejo e conservação (Greene; Losos, 1988; Hillis, 1995). Os anuros apresentam, como destaque, uma grande variedade de modos reprodutivos (Wells, 2007) e de acordo com Haddad e Prado (2005) são considerados 39 modos de reprodução quanto à oposição dos ovos. Entre esses tipos ou modos, há aqueles em que as espécies apresentam a reprodução e desenvolvimento larval associado a ambientes terrestres e são considerados modos de reprodução especializados (Haddad; Prado, 2005; Wells, 2007), característicos de espécies restritas a ambientes florestais (Haddad; Prado, 2005), como por exemplo, *Frostius pernambucensis*, *Brachycephalus ephippium*, *Flectonotus goeldii*, *Chiasmocleis leucosticta* e *Mysiella microps* (Haddad; Prado, 2005).

Um dos aspectos relacionados aos modos de reprodução é o cuidado parental, que aparece nos anuros principalmente para as espécies com deposição de ovos terrestres (Crump, 1995; Wells, 2007). São descritas 12 categorias de cuidado parental (McDiarmid, 1978) que envolvem assistência aos ovos, larvas e até juvenis (Wells, 1981; Martins, 2001). Este cuidado está relacionado à proteção contra predadores e patógenos, oxigenação e hidratação (McDiarmid, 1978; Crump, 1995; Wells, 2007), aumentando as chances de sobrevivência da prole (Reynolds, 1996). Na família Bufonidae o cuidado parental é relatado apenas para três espécies (Scheel, 1970; Dias et al., 2016; Malagoli et al., 2017). Vários comportamentos de defesa são exibidos pelo cuidador, no entanto, aspectos relacionados a vocalização durante o cuidado, em bufonídeos, ainda não tinha sido relatado.

Uma das informações importantes em estudos de história natural em anuros é a vocalização. Essa comunicação está associada à reprodução (Duellman; Trueb, 1986; Wells, 2007), mas também pode ser utilizada na defesa de território (Wells, 1977; Duellman; Trueb, 1986). Para Howard e Young (1998) os parâmetros acústicos como a frequência dominante atuam significativamente na ecologia comportamental de uma espécie, como exemplo, na seleção de parceiros. Os parâmetros podem ser influenciados por fatores abióticos e características morfológicas do autor da chamada (Morais et al., 2012)

Os anuros ainda exibem mecanismos de defesa contra predadores, que são classificados como primários ou indiretos e secundários (Edmunds, 1974). As defesas primárias são aquelas que diminuem a detecção do predador, como aposematismo, cripsia e mimetismo, e as defesas secundárias que são exibidas na presença do predador ou após o ataque, por exemplo retaliação, tanatose e fuga (Edmunds, 1974).

O gênero *Frostius* Cannatella 1986 está incluído na família Bufonidae, que atualmente possui 607 espécies (AmphibiaWeb, 2017). É um gênero endêmico da floresta Atlântica, composto por apenas duas espécies: *Frostius pernambucensis* Bokermann, 1962 e *Frostius erythrophthalmus* Pimenta e Caramaschi, 2007 (Frost et al., 2006). A espécie de *F. pernambucensis* tem como localidade tipo o Parque Estadual de Dois Irmãos, em Pernambuco e, recentemente, foi registrada em localidades dos estados da Paraíba, Alagoas, Sergipe e Bahia (Bokermann, 1962; Pimenta; Caramaschi, 2007).

A reprodução da espécie ocorre em fitotélios de bromélias, com o completo crescimento do girino (Cruz; Peixoto, 1982; Juncá; Borges, 2002). Todavia, Dias et al. (2016) registraram *F. pernambucensis* em sua localidade tipo, após 50 anos do seu desaparecimento, ocupando sítio de reprodução em fitotelmos de tronco de árvores, também tendo sido documentado cuidado parental paterno com a desova e girinos em fase inicial. Esse modo de reprodução é considerado especializado (Hadad; Prado, 2005). Wells (2007) sugere que espécies com hábitos especializados e distribuição geográfica limitada sejam mais vulneráveis à extinção. A espécie foi considerada ameaçada para o estado de Pernambuco na categoria de vulnerável (SEMAS, 2014) e, por isso, incluída no Plano de Ação Nacional para Conservação da Herpetofauna Ameaçada da Mata Atlântica Nordestina - PAN Herpetofauna da Mata Atlântica Nordestina – PAN (ICMBio, 2016), como espécie beneficiada.

Diante da vulnerabilidade e carência de dados sobre a história natural da espécie, o presente trabalho teve como objetivos (i) caracterizar a ocupação ambiental da espécie na sua localidade tipo, evidenciando o seu status de conservação e correlacionando-a com os fatores abióticos; (ii) identificar sítios de canto e desova; (iii) descrever o canto de anúncio da espécie, analisando se há reconhecimento individual; (iv) avaliar a relação dos parâmetros acústicos com os fatores abióticos, tamanho rostro-cloacal (CRC) e peso de cada macho vocalizador; e (v) descrever aspectos comportamentais e de cuidado parental.

## **Materiais e métodos**

### **Área de coleta**

A pesquisa foi desenvolvida no Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), localizado na região Noroeste do município do Recife, delimitado pelas coordenadas 7°59'30" e 8°01'00"S e 34°56'30" e 34°57'30"W (Lima; Corrêa, 2005) e paralelo à rodovia BR-101 Norte, km 69 (Weber; Rezende, 1998) (Fig. 1). Possui 1.158 ha, é considerado o maior fragmento urbano de mata atlântica do Estado, na categoria de Unidade de Conservação de Proteção Integral (CPRH, 2012; SEMAS, 2017).

O clima é do tipo As' de Köppen, tropical costeiro, quente e úmido, com precipitação média anual é de 2460 mm, e máximas nos meses de Junho e Julho e temperaturas médias mensais superiores a 23°C (CPRH, 2014). A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012), em estágio de sucessão secundária, devido à queda natural de espécimes arbóreos e ações antrópicas (CPRH, 2014). Apresenta-se em padrão de florestas maduras, composta por três estratos arbóreos, com dossel que atinge 20 m de altura, copas com dossel que podem alcançar alturas de 30 m e trechos com presença de gramíneas e plantas lenhosas de baixo porte (IBGE, 2012).

A pesquisa foi desenvolvida utilizando o método Rapeld em um módulo instalado pelo Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio). Esse módulo possui 1 x 5 km paralelos de tamanho, com parcelas a cada 1000 metros, distribuídas entre a floresta jovem e a floresta mais madura.

### **Coleta de dados**

Os dados foram coletados bimestralmente, durante dez dias consecutivos, no período de outubro de 2014 a abril de 2017, totalizando nove campanhas. Os dados abióticos como temperatura, umidade do ar e água foram obtidos através de termohigrometro e a intensidade luminosa do ambiente com anemômetro luxímetro digital LM-8000A. Informações relacionadas às medidas pluviométricas foram obtidas através do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia no BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET, 2017). Em meses de maior precipitação as coletas eram realizadas em períodos diurnos (14 às 16h) e noturnos (18

às 22h), e intensificadas quando havia registro da espécie em atividade. Um total de 386 horas/homem de esforço amostral foi realizado.

Para registros de ocupação ambiental, a localização (utilizando GPS), distância entre indivíduos mais próximos, substrato, sítio de canto e sítios de desova foram caracterizados e registrados em planilhas para análise posterior. As observações dos comportamentos reprodutivos (amplexo e cuidado parental) e condutas de defesa dos espécimes de *Frostius pernambucensis* seguiram o método *ad libitum*, no qual os indivíduos foram observados por um tempo de 30 minutos ininterruptos, registrando toda ocorrência comportamental (Del Claro, 2004).

Em seguida, os indivíduos foram coletados para aferição de dados biométricos (comprimento rostro-cloacal – CRC, e massa corporal), utilizando para isso paquímetro de precisão 0,01 mm e balança digital de 10g. Posteriormente, foram marcados com polímeros de elastômero coloridos, considerados atóxicos e apropriados para a marcação individual. Esse material foi aplicado subcutaneamente, criando marcas únicas na face interna da coxa, com cores distintas, diferenciando o local de registro; esses polímeros são visíveis a noite sob luz UV (Freitas; Mesquita; França, 2013). Posteriormente, os animais foram soltos nos seus respectivos locais de coleta. Nenhum espécime foi sacrificado devido ao fato de já existirem registros de exemplares dessa espécie em coleção, para essa localidade, como na Coleção Herpetológica Paleontológica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, número de tombo (CHUFRPE2894).

Quanto às vocalizações obtidas, foram registradas com o uso de microfone unidirecional Sony ECM–MS907, acoplado a um gravador digital Marantz Professional PMD620. Após o macho cantor ser localizado, este era gravado a cerca de 50 cm de distância e, sempre que possível, após a gravação da vocalização, o macho era coletado e seus dados biométricos aferidos. Para cada indivíduo gravado, no momento foram registradas a temperatura e a humidade do ar, com termo-higrômetro digital. Todos os animais gravados e coletados tiveram as gravações transferidas para um computador com frequência de entrada de 44 kHz e 16 bits. Os parâmetros acústicos analisados foram: duração de canto, quantidade de notas, frequência mínima e máxima, amplitude da frequência, taxa de repetição, intervalo entre os cantos e frequência dominante, de acordo com Duellman e Trueb (1994) e Gerhardt e Huber (2002) para terminologia da descrição dos cantos.

## **Tratamento e análise de dados**

A possível relação entre os fatores abióticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar e pluviosidade) sobre as atividades da população estudada foi avaliada através do coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ) no programa BioEstat 5.0. Todas as correlações foram consideradas significativas quando  $p \leq 0,05$ . A não normalidade dos dados foi testada pelo Shapiro Wilk, o qual considera dados não normais quando  $p < 0,05$  (Ayres et al., 2007). As análises para duração de canto, quantidade de notas, frequência mínima e máxima, amplitude da frequência, taxa de repetição e intervalo entre os cantos foram realizadas através do programa Avisoft-Sonograph Light; para análise da frequência dominante e/ou fundamental foi utilizado o programa Cool Edit pro e para a produção do oscilograma, sonograma e espectro de potência foi utilizado o programa Sound Ruler. O arquivo de som dos espécimes foi depositado na Coleção Herpetológica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como material testemunho.

Os padrões da variabilidade do canto de anúncio foram analisados de acordo com a classificação de Gerhardt (1991), que os categorizou em Coeficiente de Variação intraindividual (CVi), considerado estático, quando menor ou igual a 4%; intermediários, entre 5 e 12% e dinâmicos (mais variáveis), acima de 12%. O CVi foi baseado nas médias e desvios padrão calculado para cada macho vocalizante [ $CV: (DP/x)*100$ ]. Para calcular o Coeficiente de Variação interindividual (CVe) foi utilizada a média e desvio padrão da população estudada, considerando os parâmetros com variação menor do que 10%, estáticos; entre 10-20%, intermediários; e maiores do que 20%, dinâmicos. Quanto a determinação do reconhecimento individual, foi calculada a razão dos coeficientes inter e intraindividual ( $CVe/CVi$ ) e considerado o  $CVe/CVi > 1.0$  para determinado parâmetro mais variável entre os indivíduos e portanto como um sinal de reconhecimento individual.

Para determinar a influência do tamanho corporal (CRC) e massa de cada indivíduo e a influência dos fatores abióticos (temperatura e umidade relativa do ar) sob os parâmetros acústicos, utilizou-se o teste de variância de Friedman, no programa BioEstat 5.0, o qual considera que há influência significativa quando  $p < 0,05$  (Ayres et al., 2007). Todos os dados foram testados quanto a sua normalidade previamente.

## **Resultados**

### **Estrutura populacional e biologia de *Frostius pernambucensis***

A espécie de *Frostius pernambucensis* foi registrada em parcelas do módulo de 1x5km instalado no PEDI, com encontros restritos às épocas das primeiras chuvas torrenciais, no período de junho e julho de 2015, e março e abril de 2017 (Fig. 2). Os índices pluviométricos apresentaram correlação significativa com as atividades da espécie (Coeficiente de Spearman (rs) = 0,551; p = 0,001), enquanto que a variação dos dados de temperatura (Coeficiente de Spearman (rs) = 0,004; p = 0,371) e umidade relativa do ar (Coeficiente de Spearman (rs) = 0,214; p = 0,251) parecem não ter tido correlação com as atividades da população.

Foram registrados 17 indivíduos, sendo oito machos (CRC médio = 22,4±2,3 mm e m = 1,5±0,2 g); uma fêmea (CRC = 24,5 mm e m = 1.1 g) e os demais juvenis, com sexo não determinado (CRC médio = 24,7±1,7 mm e 1,3±0,3 g). A população foi documentada apenas na floresta madura na parcela 1500, em um raio de 300 metros, ocupavam como sítio de canto, substratos de troncos (58,5%), folhas (29,5%), cupinzeiros (6%) e bromélias caídas no solo (6%). Não foram observadas bromélias terrestres com fitotelmo nessa parcela, apenas três espécimes caídos no solo.

Os indivíduos de *F. pernambucensis* exibiram coloração marrom em vista dorsal, a qual se apresentava mais escurecida na região da cabeça e mais clara em vista lateral, na região ventral central e membros anteriores e posteriores, muitas vezes confundidos com o substrato. A região pélvica, laterais em vista ventral, membros anteriores e posteriores em vista ventral, mãos e a sola do pé apresentaram coloração amarelo pigmentado.

A atividade reprodutiva observada para a espécie foi do tipo prolongada, com início em março e término em agosto. Apenas um sítio de ovipositura foi monitorado para a espécie, a qual depositou seus ovos em fitotelmo em troncos de árvores (Fig. 3 – A). Foram registradas três desovas, duas em junho de 2014, no mesmo sítio de ovipositura, as quais foram acompanhadas até a eclosão dos ovos (no mês de agosto de 2014). A terceira desova foi documentada em março de 2017 e acompanhada até o mês de maio do mesmo ano. A distância entre os sítios de oviposição foi de 500 metros. O tronco no qual a segunda desova foi encontrada apresentava 0,84 m de altura, até a abertura, a qual possuía 3,8 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade. A profundidade registrada para a água foi de 5,7 cm.

As desovas de *F. pernambucensis* caracterizaram-se por apresentar ovos circulares e amarelados (diâmetro médio de 16,48 x 8,94 mm), dispostos em fileiras e

unidos por um cordão gelatinoso e incolor helicoidal (Fig. 3 – B). Cada desova apresentou dois cordões, com uma média de 18 ovos cada.

As larvas recém-eclodidas possuíam coloração amarelo vibrante, coloração similar ao ventre, olhos e extremidades das pernas dos adultos, obtendo coloração negra de acordo com o avanço dos estágios. Os girinos distribuía-se no fundo e na superfície do corpo d' água, raspando as paredes do fitotelmo, possivelmente se alimentando de algas presentes nesse local, algumas vezes individuais e/ou aglomerados (Fig. 3 – C).

### **Vocalização de *Frostius pernambucensis***

A atividade vocal para a espécie de *F. pernambucensis* variou entre às 16:00 – 22:00, com maior número de indivíduos vocalizando e com mais intensidade quando havia precipitação. A temperatura variou entre 25,2 e 32,6°C, e umidade relativa entre 72% e 85%. Os machos cantores possuíam a região gular cinza escuro, o display relacionado à postura era basicamente o arquear o corpo para frente e inflar o saco de ressonância.

No período entre 2015 e 2017, três machos (tamanho médio: 25,3 ± 1,4 mm e massa: 1,3 ± 0,2 g) foram registrados vocalizando empoleirados em troncos de árvores, com altura que variou entre 0,40 e 2,10 m, temperatura entre 25,2 e 32°C e umidade relativa entre 77% e 85%. Vocalizavam há uma distância média de 10,0 ± 1,5cm dos sítios de ovipositura e entre eles a distância média foi de 5,5 ± 1,8m. Os troncos possuíam altura média de 0,85 ± 0,30 cm, com um a três possíveis locais de uso.

O canto de anúncio é harmônico, composto por uma única nota multipulsionada ( $x = 53 \pm 18$  pulsos) (Fig. 4 - A). A duração média do canto foi de 0,07 ± 0,01 segundos, com intervalos entre os cantos de 48 ± 19 segundos (N = 26 cantos; N = 9 machos) e taxa de repetição variando de 1 – 2 pulsos. A amplitude da frequência oscilou entre 1,50 – 7,30 kHz (N = 26 cantos; N = 9 machos) e a frequência fundamental ou dominante 2.17 – 2.62 kHz (N = 26 cantos; N = 9 machos) (Fig. 4 – B e C).

Em relação aos padrões de variabilidade acústica, o coeficiente de variação intraindividual (CVi): taxa de repetição, intervalos entre os cantos e a frequência mínima e dominante foram considerados estáticos. Enquanto que a duração do canto, quantidade de pulsos, frequência máxima e amplitude da frequência foram classificadas como intermediárias. Para o coeficiente de variação interindividual (CVe), a frequência mínima, a taxa de repetição, o intervalo entre os cantos e a duração do canto, mantiveram-se estáticos (CV = 0). No entanto, a quantidade de pulsos, amplitude da

frequência, frequência máxima e dominante apresentaram variações dinâmicas (CV entre 23 - 44%).

A razão calculada entre o CVi e CVe indicou que há uma maior variação nos parâmetros acústicos entre os indivíduos do que dentro de um mesmo indivíduo. Os seguintes parâmetros: duração de canto (CVi/CVi = 1,7%), quantidade de pulsos (CVi/CVi = 1,8%), amplitude da frequência (CVi/CVi = 1,8%), frequência máxima (CVi/CVi = 1,8%) e fundamental (CVi/CVi = 1,9%) indicaram que há reconhecimento individual.

O comprimento (CRC) e a massa corporal dos machos vocalizantes apresentaram uma correlação significativa com os parâmetros acústicos de cada indivíduo (Friedman  $Fr = 55,13$ ;  $p = 0,0001$ ). Os parâmetros acústicos também tiveram uma correlação significativa com os fatores abióticos (temperatura e umidade relativa do ar) (Friedman  $Fr = 58,3$ ;  $p = 0,0001$ ).

### **Comportamento de Defesa e cuidado parental**

Os indivíduos de *Frostius pernambucensis* (N= 16) ao serem manuseados pelo pesquisador exibiam a região ventral, estendiam e enrijeciam as patas anteriores e posteriores, mantendo-se imóveis, e os olhos permaneciam abertos ou semiabertos (fig. 5 - A). Os espécimes mantiveram essa postura por cerca de 60 a 90 segundos, e em seguida tentavam fuga.

A espécie foi documentada em cuidado parental com larvas e girinos nas três desovas registradas durante a pesquisa. Os comportamentos registrados foram compostos por: **defesa**, no qual o macho em frente à desova executava movimentos com a cabeça e membros anteriores e posteriores (avançava, recuava e movimentava-se para os lados); **de guarda**, quando o indivíduo erguia a cabeça, posicionado sobre as quatro patas em frente aos ovos (Fig. 5 – B); **averiguação da prole**, comportamento em que o macho deslocava-se e flutuava tocando os ovos; e **vocalização**, quando o espécime emitia cantos discretos quando posicionado acima da desova ou larvas (cerca de 15 cm de distância).

### **Discussão**

#### **Estrutura populacional e biologia reprodutiva de *Frostius pernambucensis***

Foi registrada uma população de 17 indivíduos juvenis e adultos de *F. pernambucensis* durante três anos de pesquisa, em um raio de 300 m na sua localidade tipo. A espécie teria sido registrada nessa localidade pela última vez há 50 anos.

Provavelmente, a espécie esteja se reestabelecendo na localidade. Heyeret al. (1994) citam que algumas espécies apresentam distribuição restrita (endêmica) para algumas formações geográficas. Essa restrição pode tornar a espécie vulnerável e é mais evidente para formações da mata atlântica (Lynch, 1979; Wells, 2007). Possivelmente, espécies de anuros que habitavam esse bioma tenham sido extintas antes de serem descritas (Haddad, 1998).

A presença e atividade de reprodução da população de *F. pernambucensis* estiveram correlacionadas ao aumento da pluviosidade. De acordo com McDiarmid (1994) e Wells (2007), a distribuição geográfica, ecologia, comportamentos e histórias de vida dos anfíbios são fortemente influenciados pela distribuição e abundância de chuvas e a manutenção dos ambientes de reprodução. Para espécies que dependem da água parada, esse recurso se torna determinante para sua distribuição geográfica e distribuição local (Rodríguez et al., 2005). Dessa forma, algumas espécies sincronizam seu período reprodutivo ao período de precipitações pluviométricas (McDiarmid, 1994), por exemplo: *Hypsiboas faber*, *Rhinella ictericus* e *R. crucifer* (Pombal Jr.; Haddad, C. F. B., 2005).

A espécie apresentou comportamento reprodutivo característico ao modo intermediário, com atividade reprodutiva registrada entre os meses de março a agosto e ovos depositados nos meses de março, abril, junho e julho. De acordo com Pombal Jr. e Haddad (2007), esse padrão ocorre quando a reprodução estende-se por várias semanas, intermediando o modo reprodutivo explosivo e o prolongado. Nesse modo os machos atraem as fêmeas para o seu sítio reprodutivo através do canto de anúncio (Wells, 1977). Esse padrão difere do modo registrado para espécies do gênero *Rhinella* (Pombal; Haddad, 2005) e para a espécie *Dendrophryniscus brevipollicatus* (Malagoli et al., 2017), que possuem modo reprodutivo do tipo prolongado. Para Pombal Jr. e Haddad (2007) a maioria das espécies está entre as reproduções explosiva e prolongada.

No presente trabalho, registrou-se para *F. pernambucensis* desova com girinos exotróficos em fitotelmo arbustivo, assim como em Dias et al. (2016), que incluíram mais um tipo de sítio reprodutivo para a espécie, antes citado apenas em bromélias (Cruz; Peixoto, 1982; Juncá; Borges, 2002). Outras espécies dentro da família Bufonidae também utilizam fitotelmo para reprodução, com destaque para as bromélias,

esse modo foi relatado para os gêneros neotropicais, *Dendrophryniscus* (Carvalho, 1949) e espécies relacionadas (Izecksohn, 1993), *Frostius* (Cruz; Peixoto, 1982); *Rhinella* (Caldwell, 1993) e *Melanophryniscus* (Langone et al., 2008), podendo ser broméligenas ou bromelicolas (Cruz; Peixoto, 1982).

Crump (1974) refere-se à evolução dos diversos modos reprodutivos nos neotrópicos como um aumento de competição por sítios reprodutivos, resposta aos predadores de ovos aquáticos, instabilidade das poças e competição entre os girinos por alimento. Para *F. pernambucensis*, acredita-se que a variação de sítio reprodutivo ocorreu devido à redução do seu sítio de origem, uma vez que na presente pesquisa não foram observadas bromélias terrestres ocupadas por essa espécie como fitotelmo. Para Haddad; Prado, (2005) e Wells (2007) condições limitantes e pressões seletivas no habitat moldam comportamento de oviposição, influenciando a evolução de diferentes modos reprodutivos.

#### **Vocalização de *Frostius pernambucensis***

Indivíduos de *Frostius pernambucensis* foram registrados, no presente trabalho, vocalizando empoleirados em troncos de árvores, com distância do solo que variava de 40 – 210 cm, corroborando com Juncá et al. (2012) que documentaram indivíduos vocalizando a altura de 0,20 - 200,00 cm do solo. O padrão do canto de anúncio de *F. pernambucensis* analisado neste estudo é semelhante ao registrado por Juncá et al. (2012), na duração de chamada (7,8s e 8s); quantidade de pulsos (53 e 54); taxa de repetição (1-2 e 2) e frequência dominante (2,42 kHz e 2,36 kHz).

A distância média registrada entre os machos cantores, neste estudo foi de 5,5 m. Para Wells (2007) a maioria dos machos no coro exibe um determinado grau de estruturação espacial, mantendo uma distância mínima entre eles e demais espécimes. Outros autores avaliam essa distância através do nível de pressão sonora exibido pelas chamadas dos outros machos (Fellers, 1979; Brzoska et al., 1982).

Os machos adequam a emissão dos sinais acústicos de acordo com a resposta dos outros machos e, dessa forma, o esforço na atividade de vocalização pode variar dentro da própria espécie e entre espécies (Wells; Schwartz, 1984; Ryan, 1985). Em *F. pernambucensis* os parâmetros acústicos apresentaram maior variação entre os indivíduos do que no mesmo indivíduo, confirmando que deve haver reconhecimento individual. De acordo com Gerhardt (1991), poucos parâmetros são reconhecidos como estáticos, pois podem ser influenciados pelo tamanho do macho (Asquith et al., 1988),

temperatura (Castellano; Giacoma, 2000), variação geográfica (Castellano et al., 2002; Smith; Osborne; Hunter, 2003) e habitat e micro-habitat (Ryan; Cocroft; Wilczynski, 1990; Preininger; Böckle; Hödl, 2007).

Todos os parâmetros acústicos do canto de *F. pernambucensis*, neste estudo, foram influenciados pelos fatores abióticos (temperatura e umidade), pelo tamanho e pela massa do macho vocalizador. Em Juncá et al. (2012), a temperatura exerceu influência sobre a taxa de emissão da chamada dos machos de *F. pernambucensis*. Para Wells (1988) e Castellano; Giacoma (1998), as relações entre temperatura e os parâmetros acústicos são esperadas, pois a temperatura afeta a taxa metabólica, e que por sua vez altera a estrutura do canto (Navas; Bevier, 2001). Os parâmetros acústicos que apresentam caráter dinâmico possivelmente estão mais sujeitos a limitações energéticas do que morfológicas (Castellano; Giacoma, 1998). De acordo com Friedl; Klump (2002) e Gerhardt; Huber (2002) as propriedades temporais, como taxa de repetição, duração do canto e intervalos entre os cantos têm maior variação, pois são influenciadas por contextos sociais, densidade do coro e outros sinais relacionados ao meio social.

O tamanho do macho e massa geralmente influenciam as características do canto (Arak, 1983; Sullivan; Malmos, 1994), possivelmente, essas características exercem alguma função na seleção sexual (Guimarães; Bastos, 2003). Para Klump e Gerhardt (1987) e Gerhardt (1991), a variação em alguns parâmetros acústicos na chamada de anúncio de várias espécies de anuros deve-se aos padrões de preferência das fêmeas. Em alguns casos a massa corporal pode não ter relação com os parâmetros acústicos, como observado em *Bufo paracnemis* e *B. rufus* (Mesquita; Wiederhercker, 2003).

### **Comportamento de Defesa e cuidado parental**

O comportamento de posicionar-se para frente, estendendo e enrijecendo as patas anteriores e posteriores, mantendo-se imóvel, quando em contato com um possível predador foi registrado para todos os indivíduos juvenis e adultos de *F. pernambucensis* no presente trabalho, característica ainda não registrada na literatura para a espécie. Na literatura essa estratégia é observada em espécies não tóxicas é conhecida como tanatose, um modo de “fingir-se” de morto (Toledo; Sazima; Haddad, 2010). Esse método está subdividido em dois tipos: o "relaxado" e o "rígido" de acordo com as posturas adotadas pelos indivíduos (Toledo; Sazima; Haddad, 2007). Para a espécie em estudo, a postura adotada foi a tanatose do tipo “relaxado”. Essa estratégia é descrita na

família Bufonidae para duas espécies do gênero *Chaunus* (Toledo, et al., 2007) e três espécies de *Dendrophryniscus* (Toledo et al., 2007; Vilela, et al., 2011). Enquanto que a tanatose do tipo “rígido” é registrada para três espécies do gênero *Chaunus*, uma do gênero *Dendrophryniscus* e uma do *Melanophryniscus* (Toledo et al., 2007). Outros anuros de diferentes famílias também apresentam esse comportamento (Sazima, 1972; Brandão, 2002; Caramaschi; Cruz, 2002; Monteiro, 2010; Borges; Brito; Araújo, 2015).

Outra terminação utilizada para tanatose “rígida” é o termo “encolher-se” (Toledo et al., 2010), na qual os indivíduos permanecem com os olhos fechados, braços e pernas retraídos juntos do corpo, o corpo apresenta-se arqueado cabeça flexionada para o ventre. Esse comportamento é observado em espécies tóxicas, pois esta postura corporal compactada facilita a liberação do veneno (Antoniazzi et al., 2013; Ennes; Wogel, 2017). O significado funcional dessa conduta ainda é pouco compreendido (Vaz-Silva; Frota, 2004). Para Ennes e Wogel (2017), a investigação em diferentes espécies sobre esses comportamentos e para avaliação do tempo de imobilidade deve ser estimulada. A manutenção de conduta defensiva, em muitos casos, é a chave para desistência dos predadores (Greene, 1988).

Em relação ao cuidado parental, com as observações realizadas fica caracterizado que em *F. pernambucensis* o cuidado é paternal, como já registrado em Dias et al. (2016). O cuidado parental é constituído por um repertório de comportamentos exibidos pelos pais para com sua prole, com o objetivo de assegurar a sobrevivência de seus descendentes (Wells, 2007). O custo com o cuidado parental pode reduzir a capacidade dos pais em investir em outras proles, limitando a capacidade do pai em reproduzir novamente na mesma temporada (Trivers, 1972). Esse fato pode explicar, em parte, a baixa população de *F. pernambucensis* que tenta se reestabelecer na área estudada.

O cuidado parental em anuros envolve assistência aos ovos, larvas e até juvenis (Wells, 1981; Martins, 2001). Na espécie em estudo, o cuidado relatado foi com desova e fase inicial das larvas, assim como em Dias et al. (2016). *Dendrophryniscus brevipollicatus* De La Espada, 1870 também foi documentado em cuidado parental paterno com atendimento aos ovos e girinos (Malagoli et al., 2017). Assim como em *F. pernambucensis*, *Nectophryne afra* Buchholz e Peters, 1875 e *D. brevipollicatus* também foram relatados realizando movimentos dentro da água, tocando os ovos (Scheel, 1970, Malagoli et al., 2017). Para Wells (2007), esse comportamento é realizado com a finalidade de oxigenar a água, característico de espécies que depositam os ovos em fitotelmos.

Até o momento, relatos de cuidado com a desova e/ou com girinos aquáticos (Downie, 1996), principalmente com espécies brasileiras (Martins, 2001), são raros. Na família Bufonidae é registrado cuidado parental para três espécies, sendo que apenas *F. pernambucensis* e *D. brevipollicatus* são espécies endêmicas do Brasil (Bokermann, 1962; Scheel, 1970; Malagoliet al., 2017). Nessas espécies, o cuidado parental deve estar relacionado ao número de ovos depositados; em *F. pernambucensis* e *D. brevipollicatus* a quantidade de ovos postos varia de 18 a 27 e de 8 a 12 ovos, respectivamente, sendo considerados números baixos, quando comparados com outras espécies na família (Heyeret al., 1990; Haddad; Prado, 2005). Para Nussbaum (1985) e Sargentet al. (1987) o aumento no tamanho do ovo reflete na redução da quantidade e ocasiona investimento na evolução do cuidado parental. Sugere-se que o cuidado parental em *F. pernambucensis*, com base na sua história de vida no ambiente estudado, deve-se às pressões ambientais e/ou predação. Dessa forma, o contínuo estudo do cuidado parental pode fornecer o entendimento de sua origem, além de contribuir para entender os sistemas de acasalamento dos animais (Emlen; Oring 1977, Reynolds 1996), na evolução das histórias de vida (Roff 1992) e na seleção sexual (Williams 1966; Trivers 1972, Kokko et al., 2002).

Diante dos padrões especializados de distribuição e reprodução apresentados para a espécie de *F. pernambucensis*, fica evidente que a espécie e área em que ela está inserida, como a mata atlântica nordestina, necessitam de estratégias específicas de preservação. Sugere-se que sejam incluídas no plano de manejo do Parque ações de recuperação e maior atenção para as áreas de registro da espécie, para que ela se reestabeleça de fato na sua localidade tipo e em futuro próximo possa ser excluída da categoria de vulnerável para o estado de Pernambuco.

## Referências

Antoniuzzi, M. M.; Mailho-Fontana, P. L.; Rodrigues, M. T.; Jared, C. (2013).

Morphology of the parotoid macroglands in *Phyllomedusa* leaf frogs. *Journal of Zoology*, v. 291, p. 42–50,

AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation. [web application].

(2016). Berkeley, California: *AmphibiaWeb*. Disponível em: <https://amphibiaweb.org/>.

Acesso em: 05 de dez. de 2017.

- Arak, A. (1983). Vocal interactions, call matching, and territoriality in a Sri Lankan treefrog, *Philautusleucorhinus* (Rhacophoridae). *Anim. Behav.*, London, 31:292-302.
- Asquith, A., Altig, R., Zimba, P. (1988): Geographic variation in the mating call of the green tree frog *Hylacinerea*. *Am. Midl. Nat.* 19: 101-110.
- Ayres, M.; Ayres, J. M.; Ayres, D. L.; Santos, A. S. (2007). Bioestat 5.0 – *Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. ONG Mamiraua, Belém, 364 p.
- Borges, G. P. B.; Brito, C. A. B.; Araújo, M. M. A. (2015). Mecanismos de defesa na herpetofauna: uma proposta de material didático. *Reunião Anual de Ciência*, v. 5, p. 1-16.
- Brandão, R. A. (2002). A New Species of *Phyllomedusa* Wagler, 1830 (Anura: Hylidae) from Central Brazil. *Journal of Herpetology*, v. 36, p. 571-578.
- Brzoska, J.; Schneider, H.; Nevo, E. (1982). Territorial behavior and vocal responses in male *Hyla arborea savignyi* (Amphibia: Anura). *Israel J. Zool.* 31:27-37.
- Caldwell, J. P. (1993). Brazil nut fruit capsules as phytotelmata: interactions among anuran and insect larvae. *Canadian Journal of Zoology* 71:1193-1201.
- Caramaschi, U.; Cruz, C. A. G. (2002). *Phyllomedusa*: posição taxonômica, hábitos e biologia (Amphibia, Anura, Hylidae). *Phyllomedusa*, v. 1, p. 5-10.
- Carvalho, A. L. (1949). Nota sobre os hábitos de *Dendrophryniscus brevipollicatus* Espada (Amphibia, Anura). *Revista Brasileira de Biologia*, 9(2):223-227.
- Castellano, S.; Giacoma, C. (1998). Stabilizing and Directional Female Choice for Male Calls in the European Green Toad. *Animal Behaviour*, 56: 275-287.
- Castellano, S., Giacoma, C. (2000): Morphometric and advertisement call geographic variation in polyploid green toads. *Biol. J. Linn. Soc.* 70: 341-360.

Castellano, S.; Cuatto, B.; Rinella, R.; Rosso, A.; Giacoma, C. (2002). The advertisement call of the European tree frogs (*Hyla arborea*): a multilevel study of variation. *Ethology* 108:75–89.

CPRH -Agência Estadual de Meio Ambiente (2012). *Unidades de conservação estaduais de Pernambuco*. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/arquivosanexo>. Acesso em: 20 de dezembro de 2017.

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente (2014). *Plano de Manejo do Parque Estadual de Dois Irmãos*. Org. Marina Falcão Rodrigues, M. F; Silva, S. P. V. SEMAS 2014. Disponível em: [http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/1%20PLANO%20DE%20MANEJO%20com%20lei%2011%20622.pdf;10;20151015.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/1%20PLANO%20DE%20MANEJO%20com%20lei%2011%20622.pdf;10;20151015.pdf) Acesso em: 23 de fevereiro de 2017.

Crump, M. L. (1974). Reproductive strategies in a tropical anuran community. *Misc. Publ. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (61):1–68.

Crump, M.L. (1995): Parental care. In: *Amphibian Biology*, p. 518–567. Heatwole, H., Sullivan, B.K., Eds. Vol. 2: Social Behaviour, Chipping Norton, Surrey Beatty and Sons, New South Wales, Australia.

Cruz, C.A.G., Peixoto, O.L. (1982). Sobre a biologia de *Atelopus pernambucensis* Bokermann, 1962 (Amphibia, Anura, Bufonidae). *Rev. Bras. Biol.* 42: 627-629.

Del-Claro, K. (2004). *Comportamento Animal - Uma introdução à ecologia comportamental*. Editora - Livraria Conceito, Jundiaí, 132 p.

Dias, Downie, E. G.; Silva, P. S.; Pereira, E. N.; Santos, E. M. (2016). *Frostius Pernambucensis* (Frost's Toad). Parental Care. In: Natural History Notes. *Herpetological Review* 47(2), p.278.

J. R. (1996). A new example of female parental behaviour in *Leptodactylus validus*, a frog of the leptodactylid "*melanonotus*" species group. *Herpetological Journal* 6:32-34.

Duellman, W.E.; Trueb, L. (1986). *Biology of amphibians*. McGraw Hill, New York.

Duellman, W. E.; Trueb, L. (1994). *Biology of Amphibians*. 2<sup>a</sup> ed. Baltimore e London. The Johns Hopkins University Press. 670 p.

Edmunds, M. (1974). *Defense in animals*. Logman Group Limited, Great Britain.

Emlen S.T, Oring L.W, (1977). Ecology, sexual selection and the evolution of mating systems. *Science* 197:215-223.

Ennes, F.; Wogel, H. (2017). O comportamento de defesa da perereca-da-folhagem *Pithecopus rohdei* Mertens, 1926. *Cadernos Uni FOA*, Volta Redonda, n. 34, p. 97-104.

Fellers, G. M. (1979). Aggression, territoriality, and mating behavior in North American treefrogs. *Anim. Behav.* 27:107–19.

Freitas, P. R. S.; Mesquita, D. O.; França, F. G. R. (2013). Uso do implante visível de elastômero fluorescente (IVE) para marcação de lagartos *Phylllopezus pollicaris* (Squamata: *Phyllodactylidae*). *Biotemas* 26 (4): 271-276.

Friedl, T. W. P; Klump, G. M. (2002). The Vocal Behaviour of Male European Tree frogs (*Hyla arborea*): Implications for Inter- and Intrasexual Selection. *Behaviour*, 139(1): 113-136.

Frost, D.R.; Grant, T.; Faivovich, J.; Bain, R. H.; Haas, A.; Haddad, C. F. B.; De Sa, R. O.; Channing, A.; Wilkinson, M.; Donnellan, S. C.; Raxworthy, C. J.; Campbell, J. A.; Blotto, B. L.; Moler, P.; Drewes, R. C.; Nussbaum, R. A.; Lynch, J. D.; Green, D. M.; Wheeler, W. C. (2006). The Amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 297: 1–370.

Gerhardt, H.C. (1991). Female Mate Choice in Tree frogs: Static and Dynamic Acoustic Criteria. *Animal Behaviour*, 42:615-636.

- Gerhardt, H.C.; Huber, F. (2002). *Acoustic Communication in Insects and Anurans: Common Problems and Diverse Solutions*. University of Chicago Press, Chicago and London, 531p.
- Greene, H. W.; Losos, J. B. (1988). Systematics, natural history and conservation. *Bio Science*, 38: 458-462.
- Guimarães, L. A.; Bastos, R. P. Vocalizações e interações acústicas em *Hyla raniceps* (Anura, *Hylidae*) durante a atividade reprodutiva. (2003). *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, 93(2):149-158.
- Haddad, C. F. B. (1998). Biodiversidade dos anfíbios no Estado de São Paulo. In *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX* (R. M. C. Castro, ed.). Editora Fapesp, São Paulo, v.6, p.17-26.
- Haddad, C. F. B.; Prado, C. P. A. (2005). Reproductive Modes in Frogs and Their Unexpected Diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *Bio Science*. Vol. 55, Nº 3, p. 207 – 217.
- Heyer, W. R.; Rand, A. S.; Goncalvez, A. A; Peixoto, O. L. (1988). Decimations, extinctions, and colonizations of frog populations in southeast Brazil and their evolutionary implications. *Biotropica* 20:230–35.
- Heyer, W. R., Rand, A. S., Cruz, C. A. G., Peixoto, O. L., Nelson, C. E. (1990): Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia* (São Paulo) 31: 231–410.
- Heyer, W. R.; W.; Donnelly, M. Â.; Mcdiarmid, R. W.; Hayek, L. A. C.; Foster, M. S. (1994). *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington. 364p.
- Hillis, D.M. (1995). American molecular naturalist. *Ecology* 76(3): 1017-1018.
- Howard, R. D., Young, J. R. (1998): Individual variation in male vocal traits and female mating preferences in *Bufo americanus*. *Animal Behaviour* 55: 1165–1179.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Sistema fitogeográfico Inventário das formações florestais e campestres Técnicas e manejo de coleções botânicas Procedimentos para mapeamentos. Diretoria de Geociências, p. 271.

ICMBio (2016). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Portaria ICMBio Nº 38 DE 03/05/2016 - DOU 04/05/2016 (Ministério do Meio Ambiente).

*Boletins*, editora Plenun. Disponível em:

<https://www.plenum.com.br/boletins/detalhes/2202>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

INMET, (2017). Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 06 de junho de 2017.

Izecksohn, E. (1993). Três novas espécies de *Dendrophryniscus* Jiménez-de-la-Espada das regiões sudeste e sul do Brasil (Amphibia, Anura, Bufonidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 10, 473–488.

Juncá, F. A., Borges, C. L. S. (2002). Fauna associada a bromélias terrícolas da Serra da Jibóia, Bahia. *Sitientibus* SCB 2: 73-81.

Juncá, F. A.; David, L.; Röhr, D. L.; Moraes, R. L.; Santos, F. J. M.; Airan, S.; Protázio, A. S. P.; Ednei A. Mercês, E. A.; Solé, M. (2012). Advertisement call of species of the genus *Frostius* Cannatella 1986 (Anura: Bufonidae). *Acta Herpetologica* 7(2): 189-201 p.

Klump, G. M.; Gerhardt, H. C. (1987). Use of non-arbitrary acoustic criteria in mate choice by female gray tree frogs. *Nature*, London, 326:286-288.

Kokko, H.; Brooks, R.; McNamara, J. M., Houston A. I., (2002). The sexual selection continuum. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 269:1331–1340.

Lima, M. G. C.; Corrêa, A. C. B. (2005). Apropriação de uma Unidade de Conservação de Mata Atlântica no Espaço Urbano de Recife – Pe: O Caso Da Reserva De Dois Irmãos. *Revista de Geografia* (Recife) V. 22, N 1. p. 67-77.

Lynch, J.P. (1979). The amphibians of the lowland tropical forests, p. 189-215. In: Duellman, W.E. (ed.) *The South American Herpetofauna: its origin, evolution, and dispersal*. Kansas, *Monograph Museu Natural History University*, 7: 1-485

Langone, J. A.; Segalla, M. V.; Bornschein, M; Sá; R. S. (2008). A new reproductive mode in the genus *Melanzophryniscus* Gallardo, 1961 (Anura: Bufonidae) with description of a new species from the state of Paraná, Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 3(1), 1-9.

Malagoli, L. R.;Trevine, V.; Condez, T. H.; Centeno, F. C.; Berneck, B. M. B.; Haddad, C. F. B. (2017). Notes on the breeding behaviour of the Neotropical toad let *Dendrophryniscus brevipollicatus* (Anura: Bufonidae), a bromeliad phytotelmata specialist. *Herpetology Notes*, volume 10: 31-39.

Martins, I. A. (2001). Parental care behaviour in *Leptodactylus podicipinus* (Cope, 1982) (Anura, Leptodactylidae). *Herpetological Journal* 11:29-32.

McDiarmid, R.W. (1978): Evolution of parental care in frogs. In: *The development of behaviour: Comparative and evolutionary aspects*, p. 127–147. Burghardt, G. M., Bekoff, M., Eds. Garland Publishing, New York.

McDiarmid, R.W., Gorzula, S. (1989): Aspects of the reproductive ecology and behavior of the Tepui toads, genus *Oreophrynella* (Anura, Bufonidae). *Copeia*. 445–51p.

McDiarmid, R. W. (1994). Amphibian diversity and natural history: an overview. In: Heyer, W. R.; Donnelly, M. A.; McDiarmid, R. W.; Hayek, L. A. C. & Foster, M. S. eds. *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians*. Washington, Smithsonian Institution Press, p. 5-15.

Mesquita, D. O.; Wiederhercker, H. C. (2003). Influência da massa corporal e da temperatura no deslocamento e na vocalização de três espécies de anuros do cerrado. *Biologia Geral e Experimental*, Universidade Federal de Sergipe. *São Cristóvão*, SE 3 (2): 21-24 26.

Monteiro, V. S. (2010). *Biologia comportamental e estudo da osteologia e miologia dos membros de Phyllomedusa ayeaye B. Lutz (1966) (Anura, Hylidae)*. 83 p. *Dissertação* (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2998>. Acesso em: 20 de janeiro. 2018.

Morais, A. R., Batista, V. G., Gambale, P. G., Signorelli, L., Bastos, R. P. (2012): Acoustic communication in a Neotropical frog (*Dendropsophus minutus*): vocal repertoire, variability and individual discrimination. *The Herpetological Journal* 22(4): 249–257.

Moura, F. B. P. (2006). *A Mata Atlântica em Alagoas*. Conversando sobre ciências em Alagoas. Maceió: EDUFAL, 88p.

Navas C. A.; Bevier C. R. (2001). Thermal Dependency of Calling Performance in the Eurythermic Frog, *Colostethus subpunctatus*. *Herpetologica*, 57: 384-95.

Nussbaum, R. (1985): The evolution of parental care in salamanders. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology University of Michigan* 169: 1–50.

Pimenta, B. V. S; Caramaschi, U. (2007). New species of toad, genus *Frostius* Cannatella, 1986, from the Atlantic Rain Forest of Bahia, Brazil (Amphibia, Anura, Bufonidae). *Zootaxa* 1508: 61-68.

Pombal Jr., J. P.; Haddad, C. F. B. (2005). Estratégias e Modos Reprodutivos em Anuros. *Papéis Avulsos de Zoologia*, Volume 45(15): 201-213.

Pombal Jr, J. P.; Haddad, C. F. B. (2007). Estratégias e modos reprodutivos em anuros. p. 101-116. In: Nascimento, L. B.; Oliveira, P. M. E. eds. *Herpetologia no Brasil II*. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Herpetologia. 354p

Pough, F. H.; Andrews, R. M.; Cadle, J. E.; Crump, M. L.; Savitzky, A. H.; Wells, K. D. (2003). *Herpetology*. 3.ed. New Jersey: Ed. Prentice-Hall.

Preininger, D., Böckle, M., Hödl, W. (2007): Comparison of anuran acoustic communities of two habitat types in the Danum Valley Conservation Area, Sabah, Malaysia. *Salamandra* 43: 129-138.

Rodriguez, M. A.; Belmontes, J. A.; Hawkins, B. A. (2005). Energy, water and large-scale patterns of reptile and amphibian species richness in Europe. *Acta Oecol.*28:65–70.

Reynold, J. D. (1996). Animal breeding systems. *Trends Ecol Evol* 11:68-7.

Roff, D. A. (1992). *The evolution of life histories*. New York: Chapman and Hall.

Ryan, M. J. (1985). Energetic Efficiency of Vocalization by the Frog *Physalaemus pustulosus*. *Journal Experimental in Biology*, 116: 47-52.

Ryan, M. J., Cocroft, R. B., Wilczynski, W. (1990): The role of environmental selection in intraspecific divergence of mate recognition signals in the cricket frog, *Acris crepitans*. *Evolution* 44: 1869-1872.

Sargent, R. C., Taylor, P. D., Gross, M.R. (1987): Parental care and the evolution of egg size in fishes. *The American Naturalist* 129: 32–46.

Sazima, I. (1972). Nota preliminar sobre tanatose em três espécies de Hylidae (“pererecas”). *Ciência e Cultura*, v. 24, p. 383.

Segalla, M. V.; Caramaschi, U.; Cruz, C. A. G.; Grant, T. G.; Haddad, C. F. B., Garcia, P. C. A.; Berneck, B. V. M.; Langone, J. A. (2016). Brazilian Amphibians: List of Species/Mudanças taxonômicas. *Herpetologia Brasileira*. Vol.5, nº 2.

SEMAS (2014). Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. *Legislação Estadual - Pernambuco*. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280590>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2017.

Scheel, J.J. (1970): Notes on the biology of the African tree-toad, *Nectophryne afra* Buchholz and Peters, 1875, (Bufonidae, Anura) from Fernando Póo. *Revue de Zoologie et de Botanique Africaines* 81: 225–236p.

Silvano, D. L.; Segalla, M. V. (2005). Conservação de anfíbios no Brasil. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p 79-86.

Silvano, D. L.; Pimenta, B. V. S. (2003). *Diversidade e distribuição de anfíbios na Mata Atlântica do Sul da Bahia*. Orgs. Prado, P. I., Landau, E. C., Moura, R. T., Pinto, L. P. S.,

Smith, M. J., Osborne, W., Hunter, D. (2003): Geographic variation in the advertisement call structure of *Litoria verreauxii* (Anura: Hylidae). *Copeia*2003: 750-758.

Sullivan, B. K.; Malmos, K. B. (1994). Call variation in the Colorado river toad (*Bufo alvarius*): behavioral and phylogenetic implications. *Herpetologica*, Lawrence, 50(2): 146-156.

Toledo, L. F.; Sazima, I.; Haddad, C. F. B. (2007). Defesas comportamentais em anuros: uma revisão. In *Predação e defesa em anuros: revisão, descrição e evolução*. Toledo, L. F. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

Toledo, L. F.; Sazima, I.; Haddad, C. F. B. (2010). Is all death feigning? Case in anurans. *Journal of Natural History*, v. 44, p. 1979-1988.

- Toledo, L. F.; Sazima, I.; Haddad, C. F. B. (2011). Behavioral defenses of anurans: an overview. *Ethology Ecology e Evolution*, 23(1): 1-25.
- Trivers, R. L. (1972). Parental investment and sexual selection. In: *Sexual selection and the descent of man 1871–1971* (ed. B. Campbell), pp. 136–179.
- Varjabedian, R. (2010). Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. *Estudos Avançados*. 24 (68), p. 147 – 160.
- Vaz-Silva, W.; Frota, J. G. (2004). *Bufo marinus* (Marine Toad). Defensive behavior. *Herp. Rev.* 35:371.
- Vilela, V. M. F. N., Brassaloti, R. A.; Bertoluci, J. (2011). Anurofauna da floresta de restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Sudeste do Brasil: composição de espécies e uso de sítios reprodutivos. *Biota Neotrop.* 11(1).
- Wake, M. H. (1980): The reproductive biology of *Nectophrynoides malcolmi* (Amphibia: Bufonidae), with comments on the evolution of reproductive modes in the genus *Nectophrynoides*. *Copeia*. 193–209 p.
- Weber, A.; Rezende, S. M. (1998). Reserva Ecológica e Parque Dois Irmãos: Histórico e situação atual. In: Machado, I.C.; Lopes, A. V.; Pôrto, K. C. (Orgs.). *Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de mata Atlântica em área urbana* (Recife – Pernambuco – Brasil). Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, Recife. pp. 9-19.
- Wells, K. D. (1977). The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour*, 25: 666-693.
- Wells, K. D. (1981). Parental behavior of male and female frogs. In R. D. Alexander and D. W. Tinkle (eds), *Natural Selection and Social Behavior: Recent Research and New Theory*, Chiron Press, New York, p. 184-197.

Wells, K. D. (1988). The Effect of Social Interactions on Anuran Vocal Behavior. - In: Fritsch, B., Ryan, M. J., Wilczynski, W., Hetherington, T. E.; Walkowiak, W. (Eds.), *The Evolution of the Amphibian Auditory System*. John Wiley and Sons. 1988. Pp. 433-454.

Wells, K. D. (2007). *The Ecology and behavior of amphibians*. The University of Chicago Press, Ltd., London. p. 1162.

Wells, K. D.; Schwartz, J. J. (1984). Vocal Communication in a Neotropical Tree frog, *Hylaebaccata*: Aggressive Calls. *Behaviour*, 91: 128-145.

Williams, G. (1966). *Adaptation and Natural Selection*. Princeton: University Press.

Young, B. E.; Lips, K. R.; Reaser, J. K.; Ibanez, R.; Salas, A. W.; Cedeno, J. R.; Coloma, L. A.; Ron, S.; La Marca, E.; Meyer, J. R.; Munoz, A.; Bolanos, F.; Chaves, G.; Romo, D. (2001). Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Cons. Biol.* 15:1213–23.

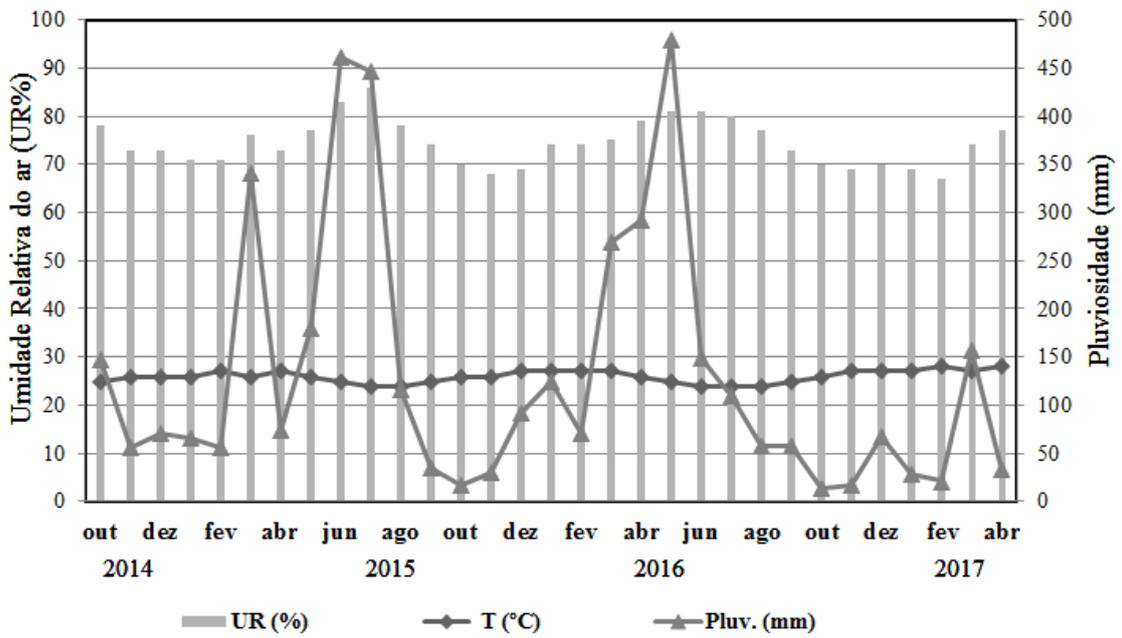
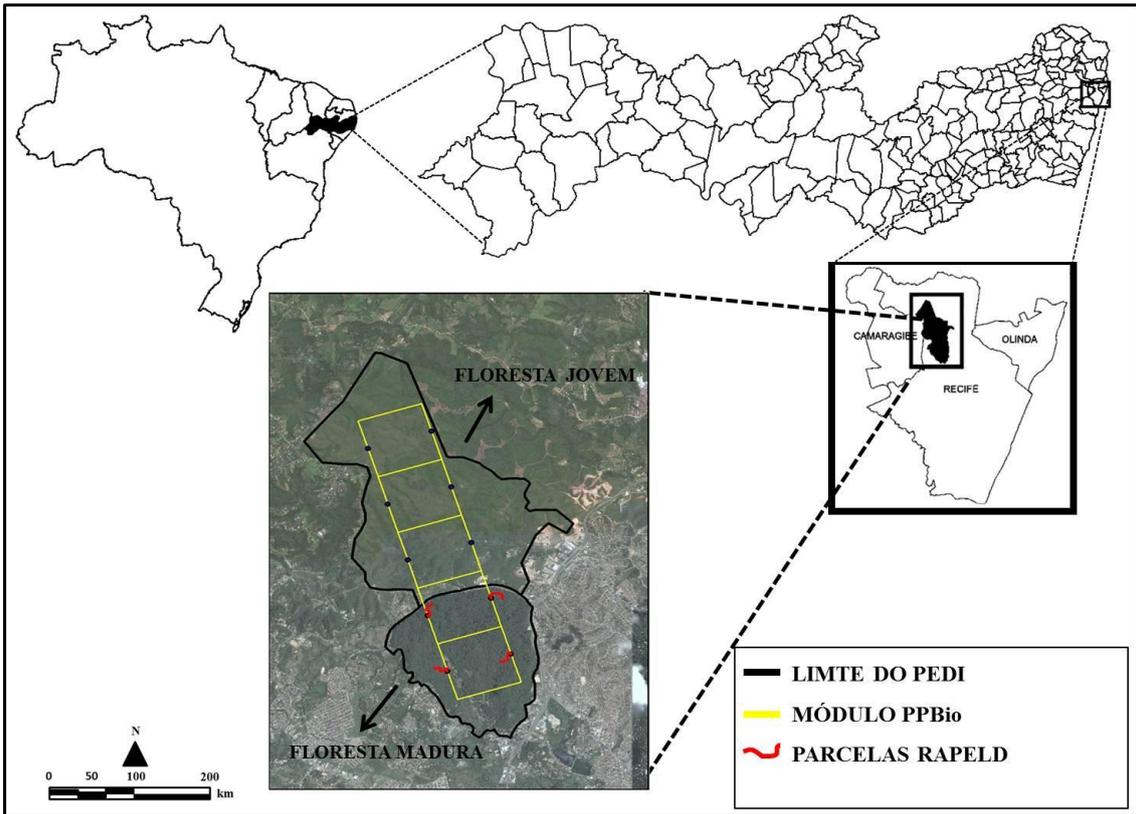
**Figura 1.** Mapa do Brasil, com destaque para Pernambuco, evidenciando a área de coleta no Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI)/Recife. Elaborado por Araújo, M. F.

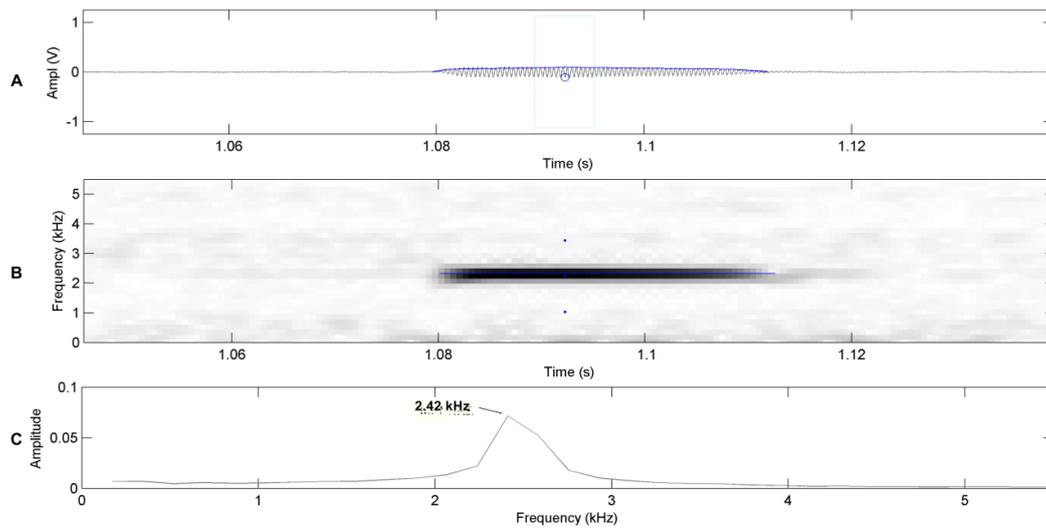
**Figura 2.** Dados abióticos para o Parque Dois Irmão, Recife/PE, no período de outubro de 2014 a abril de 2017. Dados Pluviométricos –INMET, 2017

**Figura 3.** **A** - Sítio de ovipositora da espécie de *F. pernambucensis*; **B** - ovos dispostos em fileiras formando cordão helicoidal e **C** - girinos da espécie em aglomerado raspando o substrato do corpo d'água. Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife – PE, 2017. Fonte: Dias, E. G., 2017.

**Figura 4.** Canto de anúncio de *Frostius pernambucensis*, gravado em 03 de abril de 2017, 19h43min. Temperatura do ar 28.5 °C e Umidade Relativa do Ar 85%: **A** – Oscilograma; **B** – Sonograma e **C** –Espectro de potência.

**Figura 5.** **A** – indivíduo de *F. pernambucensis* imóvel sob serapilheira e **B** – posição de guarda do macho em cuidado parental. Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife – PE, 2017. Fonte: Dias, E. G., 2017.





## 5.2 Artigo Científico II

Artigo a ser submetido à revista Animal Conservation

Todas as normas de redação e citação, doravante, atendem as estabelecidas pela referida revista, exceto o idioma.

### **Modelagem de nicho ecológico e potenciais efeitos das mudanças do clima sobre a distribuição de uma espécie endêmica da Mata Atlântica (Anura, Bufonidae)**

#### **Modelagem de nicho para uma espécie endêmica de Mata Atlântica**

Elvira Florentino da costa<sup>1</sup>, Victor Leandro<sup>2</sup>, Ednilza maranhão dos Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação. Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Avenida Gregório Ferraz Nogueira, S/N Bairro: José Tomé de Souza Ramos. CEP: 56909-535 - Serra Talhada / PE e-mail: elviracosta.bio@gmail.com

<sup>2</sup>Graduando em Ciências Biológicas. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Laboratório Interdisciplinar de Anfíbios e Répteis (LIAR). Rua Dom Manoel de Medeiros (s/n), Dois Irmãos CEP - 52171-900, Recife, PE. Brasil. e-mail: leo.silva.vls@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia, Laboratório Interdisciplinar de Anfíbios e Répteis (LIAR). Rua Dom Manoel de Medeiros (s/n), Dois Irmãos CEP - 52171-900, Recife, PE. Brasil. e-mail: ednilzamaranhao@gmail.com

## Resumo

A modelagem de nicho ecológico se estabelece como uma ferramenta para o auxílio no planejamento e na adoção de estratégias de preservação e conservação, pois fornece compreensão para questões que envolvem ecologia, evolução e manejo. O objetivo do presente estudo foi modelar a distribuição e áreas potenciais de ocorrência, bem como estimar as áreas de maior adequabilidade, para *Frostius pernambucensis*, espécie endêmica de mata atlântica nordestina. As modelagens preditivas associadas às variáveis ambientais e a distribuição da espécie já estabelecida foram produzidas a partir do algoritmo de máxima entropia (MaxEnt). Foram desconsideradas todas as áreas inadequadas, tais como áreas desflorestadas, áreas pequenas para suportar a espécie e áreas de baixa adequabilidade. Os modelos gerados ampliaram a área de potencial ocorrência da espécie para o norte. O modelo indicou que a espécie apresentou alta adequabilidade de ocorrência para os estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas, já para estados da Bahia, Sergipe e Rio Grande do Norte a adequabilidade foi avaliada como média a baixa. Os dados apresentados no presente estudo servirão de base para que estratégias de manejo e conservação sejam adotadas nas áreas de ocorrência e de potencial ocorrência para a espécie.

Palavras-chave: Algoritmos, anuro, distribuição geográfica, conservação.

## Abstract

Ecological niche modeling is an established tool suitable to aid in the planning and adoption of preservation and conservation strategies, since it allows for the understanding of ecology, evolution and management issues. The aim of the present study was to model the distribution and potential areas of occurrence, as well as estimate the greatest suitability areas, for *Frostius pernambucensis*, an endemic Atlantic Rainforest species. The predictive models associated to the environmental variables and the already established species distribution were produced using the maximum entropy algorithm (MaxEnt). All inadequate areas, such as deforested areas, areas too small to support the species and low suitability areas, were disregarded. The generated models extended the potential occurrence area of the species to the north, and indicated that the species presents high occurrence suitability for the states of Paraíba, Pernambuco and Alagoas, while suitability was evaluated as medium to low for Bahia, Sergipe and Rio Grande do Norte. The data presented herein will serve as basis for management and conservation strategies to be adopted in *F. pernambucensis* occurrence and potential occurrence areas.

Key-words: Algorithms, anuran, geographic distribution, conservation.

## Introdução

O uso não sustentável dos recursos naturais vem provocando uma aceleração nas mudanças do clima, que já se encontra em dimensões globais (Blank, 2015). A pressão humana sobre os sistemas aquáticos e terrestres aumentam, enquanto os limiares críticos globais, regionais e locais estão sendo, ou foram ultrapassados (PNUMA, 2012). Os extremos climáticos são reflexos conhecidos como mudança climática em era de aquecimento global (Costa; Carnaval; Toledo, 2012). É provável que ocorram mudanças abruptas e irreversíveis sobre a funcionalidade que sustenta a vida no planeta, com implicações adversas para o bem-estar humano (PNUMA, 2012). Para Pouns; Carnaval; Corn, (2007) e Laurance; Albernaz; Costa, (2002) essas alterações afetam direta e indiretamente os fatores abióticos, como o clima, a água e o solo e, por consequência, todos os níveis tróficos da biota da terra.

Segundo Sanderson et al. (2002), 83% da superfície terrestre é diretamente afetada pelo uso humano. A Mata Atlântica é atualmente um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade (Myers et al., 2000) e possui alto nível de endemismo, abrigando mais de 8.000 espécies de plantas vasculares, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (Myers et al., 2000), porém perdeu mais de 93% de sua área original (SOS Mata Atlântica, 2017). A Mata Atlântica do Nordeste, desde o Rio Grande do Norte até Bahia, é a área historicamente mais impactada pelo desmatamento, restando apenas 2% da sua área original que se encontra fortemente fragmentada (Silva; Tabarelli, 2000).

Nesse contexto, os anfíbios por serem animais ectotérmicos, não controlam fisiologicamente a temperatura do corpo (Grzimek, 2003), sua temperatura é dependente da temperatura ambiental (Wong et al., 2004). E, assim, as mudanças térmicas do ambiente afetam diretamente suas atividades metabólicas, como o tempo de metamorfose (Newman, 1998) os hábitos alimentares (Braga; Lima, 2001), podendo reduzir suas defesas contra infecções (Raffel et al., 2006).

A distribuição geográfica das espécies de anfíbios é afetada pelas variações de temperatura (Araújo; Thuiller; Pearson, 2006; Cassemiro; Gouveia; Diniz-Filho, 2012). Haddad; Giovanelli e Alexandrino (2008) sugerem que no bioma Mata Atlântica as variações futuras do clima modificarão as áreas de distribuição de muitas espécies de anfíbios. Este dado é considerado preocupante, pois se trata de um bioma com uma diversidade enorme de espécies, dentre elas, espécies endêmicas, raras e ameaçadas (ANDA, 2014).

Diante desse panorama, a modelagem de nicho ecológico se apresenta como uma ferramenta para auxílio no planejamento e na adoção de estratégias de conservação (Slatyer; Rosauer; Lemckert, 2007), pois permite compreender diferentes questões que envolvem ecologia, evolução e conservação, e a partir delas (i) definir áreas prioritárias para conservação (Garcia, 2006), (ii) analisar o potencial de espécies invasoras (Peterson; Vieglais, 2001; Giovanelli; Haddad; Alexandrino, 2008), (iii) determinar a distribuição geográfica de espécies existentes no passado (Hugallet al., 2002) e (iv) predefinir a distribuição futura de organismos (Siqueira; Peterson, 2003; Haddad et al., 2008).

Para avaliar o status de conservação de uma espécie, é necessário caracterizar sua extensão geográfica, incluindo dados da IUCN - Red List of Threatened Species (Syfert, 2014). Uma das métricas utilizadas na classificação do grau de ameaça das espécies é a extensão de ocorrência (EOO), definida como a área contida dentro do menor limite imaginário contínuo que possa ser traçado para englobar todos os pontos conhecidos, inferidos ou projetados da presença de um táxon, excluindo os casos divagantes e ocasionais (Syfert, 2014). Esta medida pode excluir discontinuidades ou disjunções no interior das áreas globais de distribuição da espécie. O uso de imagens de satélite, camadas de variáveis ambientais e modelagens de nicho ecológico (MNE) podem auxiliar nas estratégias de conservação, diferenciando áreas de ocorrência potencial (extensão de ocorrência, EOO) das áreas realmente ocupadas pelas espécies (área de ocupação, AOO), e informando áreas de ocupação potencial (Jiménez-Alfaro; Draper; Nogués-Bravo, 2012; Boitani, et al., 2008).

As MNE são amplamente utilizadas em biogeografia, biologia da conservação e ecologia (Elith; Leathwick, 2009), para descrever a distribuição das espécies, descobrir padrões biogeográficos entre espécies, fazer previsões sobre o potencial de distribuição de espécies invasoras e prever efeitos das mudanças climáticas sobre a distribuição das espécies (Elith et al., 2011), auxiliando na avaliação do estado de conservação de espécies raras ou ameaçadas de extinção (Guisan et al., 2006). As modelagens determinam a relação entre os pontos de ocorrência das espécies e as características ambientais e espaciais desses locais (Franklin, 2010). Ao mesmo tempo, o uso das MNE em conjunto com imagens de satélite pode ser útil para orientar buscas em campo de espécies pouco conhecidas ou com poucos pontos de ocorrência, conseguindo extrapolar a ocorrência da espécie e apresentar áreas possivelmente mais adequadas, produzindo mapas de adequabilidade para a espécie. Assim, as MNE representam uma

poderosa ferramenta para a preservação e/ou conservação, pois permitem estimar a distribuição geográfica de espécies pouco conhecidas (Jiménez-Alfaro et al., 2012).

A espécie *Frostius pernambucensis* Bokermann, 1962 pertence à família Bufonidae e está incluída em um gênero endêmico para o bioma Mata Atlântica, o qual atualmente possui duas espécies, a *F. pernambucensis* e *F. erythrophthalmus* Pimenta e Caramaschi, 2007 (Frost, 2006). A espécie *F. pernambucensis* tem como localidade tipo o Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), em Pernambuco, a espécie foi registrada recentemente por Dias et al. (2016), após 50 anos do seu desaparecimento. Nos últimos dez anos a espécie também foi registrada para os estados da Paraíba, Alagoas, Sergipe e Bahia (Pimenta; Caramaschi, 2007).

Até o momento, o conhecimento sobre a biologia ocupação ambiental e comportamentos de defesa de *F. pernambucensis*, são insipientes (Dias et al., 2016). A espécie é listada como vulnerável para o estado de Pernambuco (SEMAS, 2014) e, por isso, incluída no Plano de Ação Nacional para Conservação da Herpetofauna Ameaçada da Mata Atlântica Nordestina - PAN Herpetofauna da Mata Atlântica Nordestina – PAN (ICMBio, 2016). Um dos fatores que a torna vulnerável é sua restrição a ambientes florestais (Haddad; Prado, 2005). Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar a distribuição potencial da espécie de *F. pernambucensis* e predefinir futuras áreas potenciais de ocorrência para a espécie, de acordo com sua adequabilidade nessas áreas de ocorrência.

## **Metodologia**

### **Área de estudo**

Para delimitar a área da modelagem preditiva, foi utilizado um *shape* da Mata Atlântica brasileira, disponível online (<http://www.globalforestwatch.org/>), delimitando a área pelo *shape* para a região Nordeste do Brasil (IBGE), obtendo os limites na região Nordeste (Fig. 1).

### **Modelagem preditiva**

Para realizar as modelagens preditivas, foi utilizado o algoritmo de máxima entropia (MaxEnt), utilizando pontos de ocorrência (Tabela 1) e variáveis ambientais (Phillips et al., 2006). MaxEnt é um algoritmo apropriado para fazer previsões a partir de poucos dados, sendo amplamente aplicado na modelagem de distribuição de espécies

apenas com dados de presença (Phillips; Anderson; Schapire, 2006, Elith et al., 2006) para um conjunto pequeno de dados (Pearson et al., 2007). De acordo com Elith et al. (2006), o MaxEnt quando comparado com outros algoritmos apresentou um melhor desempenho, considerando a acurácia das predições.

O MaxEnt é capaz de construir curvas com resposta de alto grau de complexidade e altamente não lineares, as AUCs (cálculos da área sob a curva), utilizando uma variedade de variáveis (Merow, 2013). O valor de AUC é um indicativo do bom desempenho do modelo. Este software relaciona essas variáveis com os pontos georeferenciados, formando um modelo binário que vai de 0 a 1, onde 1 é o local com uma maior correlação com as variáveis (alta adequabilidade) e 0 os locais com baixa correlação com as variáveis (baixa adequabilidade). Todos os modelos foram produzidos usando o software RStudio.

### **Pontos de ocorrência da espécie *Frostius pernambucensis***

A distribuição global de *Frostius pernambucensis* é determinada por oito localidades, distribuídas desde o norte da Bahia até a Paraíba (Fig. 2). Duas Localidades foram excluídas por possuírem possíveis erros de georeferenciamento.

### **Variáveis ambientais e inputs climáticos**

Foram utilizadas 19 variáveis ambientais para gerar os modelos: BIO1 = temperatura média anual; BIO2 = intervalo médio diurno (média mensal (temperatura máxima–temperatura mínima)); BIO3 = isotermalidade (BIO2/BIO7) (\*100); BIO4 = temperatura sazonal (desvio padrão \*100); BIO5 = temperatura máxima do mês mais quente; BIO6 = temperatura mínima do mês mais frio; BIO7 = variação anual de temperatura (BIO5-BIO6); BIO8 = temperatura média do trimestre mais chuvoso; BIO9 = temperatura média do trimestre mais seco; BIO10 = temperatura média do trimestre mais quente; BIO11 = temperatura média do trimestre mais frio; BIO12 = precipitação anual; BIO13 = precipitação do mês mais chuvoso; BIO14 = precipitação do mês mais seco; BIO15 = sazonalidade de precipitação (Coeficiente de Variação); BIO16 = precipitação do trimestre mais chuvoso; BIO17 = precipitação do trimestre mais seco; BIO18 = precipitação do trimestre mais quente; BIO19 = precipitação do trimestre mais frio. Essas variáveis foram extraídas da base de dados World Clim (<http://www.worldclim.org/>). As variáveis altamente correlacionadas foram removidas a

*priori* pelo método de correlação de Pearson, tendo sido selecionadas para a modelagem sem alta correlação entre elas.

As variáveis ambientais podem apresentar padrões de mensuração diferente, para isso todas as variáveis foram submetidas uma padronização através da função “*decostand ()*” com o método “*standardize*”, tal função faz com que todas as variáveis apresentem média zero (0) e desvio padrão um (1). Posteriormente, foi realizada uma PCA (*Principal Component Analysis*) com todas as variáveis ambientais. Foram selecionados os oito primeiros eixos da PCA que representam 95% da variância entre as variáveis utilizadas (Fig. 3 e 4). Os eixos selecionados foram utilizados como entrada para o algoritmo criar os modelos.

### **Área de Ocupação**

Como a área de extensão de ocorrência pode conter habitats inadequados ou desocupados, é necessário definir a área de ocupação, que é a área dentro da extensão de ocorrência que possui as características necessárias para a presença da espécie. Para produzir esta área, foram retiradas todas as áreas inadequadas, tais como, áreas desflorestadas, áreas pequenas para suportar a espécie e áreas de baixa adequabilidade. Esta área de ocupação é uma estimativa da área de ocupação real do táxon.

## **Resultados**

### **Área de Distribuição potencial**

O modelo de nicho ecológico para *Frostius pernambucensis* alcançou alto valor de AUC (0.912), indicando que o modelo apresenta uma alta acurácia (Fig. 5). As áreas de alta adequabilidade ambiental recuperaram bem a distribuição atual da espécie. O valor do limiar de corte mínimo foi de 0,181, sendo a menor adequabilidade predita pelo modelo. Podem-se observar áreas de baixa (> 0,43), média (0,43 - 0,65) e alta (0,65 - 0,93) adequabilidade ambiental (Fig. 05). O modelo foi significativo ( $p < 0,01$ ), e uma taxa de omissão do limiar mínimo de aproximadamente 5%.

A área delimitada por esse limite de corte se estendeu da Bahia até o Rio Grande do Norte, caracterizando a área de distribuição potencial para a espécie. Ampliou a partir do modelo sua ocorrência potencial apenas para o estado do Rio Grande do Norte, também em floresta de Mata Atlântica.

*Frostius pernambucensis* é uma espécie exclusivamente florestal, por isso, da área de adequabilidade definida pelo modelo foram extraídas todas as áreas não florestais,

restando apenas uma área de ocupação potencial de 4.388 km<sup>2</sup> (Fig. 6), que é a possível área de ocorrência para a espécie. Porém, outros fatores como tamanho e qualidade de habitat também são responsáveis pela presença ou ausência da mesma. A espécie apresentou alta adequabilidade de ocorrência para os estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas, enquanto que, para os estados da Bahia, Sergipe e Rio Grande do Norte a adequabilidade foi considerada média a baixa (Fig. 6).

## Discussão

De acordo com o mapa gerado de distribuição de *Frostius pernambucensis*, a espécie manteve sua distribuição original (Pimenta; Caramaschi, 2007), com ampliação de potencial área de ocorrência apenas para o estado do Rio Grande do Norte.

A maioria dos estudos de modelagem de nicho ecológico tem como foco espécies com distribuição geográfica ampla (Siqueira; Durigan, 2007; Phillips et al., 2006; Ron, 2005; Siqueira, 2005; Oliveira; Casseiro, 2013; Cordeiro, 2013), devido à problemática de validação estatística para os métodos de ocorrência para espécies raras ou restritas (Giovanelli et al., 2008). No entanto, a eficácia preditiva do algoritmo do MaxEnt para predição de ocorrência de espécies raras ou ameaçadas foi comprovada (ver Pearson et al., 2007). Portanto, deve-se considerar que o mapa apresentado nesse trabalho estime a ocorrência de *Frostius pernambucensis* para a nova localidade predita pelo modelo.

O modelo gerado apresentou um maior potencial de ocorrência da espécie *F. pernambucensis* para os estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas, enquanto que, para os estados da Bahia, Sergipe e Rio Grande do Norte o potencial de ocorrência foi menor, devido à falta de adequabilidade dos ambientes amostrados. Para Oliveira; Casseiro (2013) a área de distribuição de uma espécie é uma consequência da soma das posições que os indivíduos ocupam no espaço, por isso é considerado um atributo emergente de uma espécie. No entanto, essa distribuição pode ser afetada pela disponibilidade de recursos, interações ecológicas, restrições fisiológicas e mecanismos adaptativos, (Brown; Stevens; Kaufman, 1996), bem como fatores ambientais (Walther et al., 2002) que ajustam a espécie ao longo de sua história evolutiva a um determinado habitat (Brown et al., 1996).

Para Costa; Carnaval; Toledo (2012), estudos preditivos e experimentais são fundamentais para que estratégias eficazes de preservação e/ou conservação sejam

implementadas nos biomas brasileiros. Os autores, em estudo realizado sobre os impactos que as mudanças climáticas causam nos anfíbios anuros, verificaram que poderá haver uma redução na distribuição das espécies da Mata Atlântica. Dessa forma, pesquisas utilizando modelagem de nicho ecológico para prever a distribuição de espécies ameaçadas (ex. Lopes; Leite; Leite 2007; Giovanelli et al., 2008) e endêmicas (Cordeiro, 2003) serão necessárias para estimular a busca por novos registros de ocorrência das espécies (Costa et al., 2012) e guia para expedições de pesquisadores na área de possível ocorrência.

Para a espécie *F. pernambucensis*, os dados aqui apresentados servirão de base para que estratégias de manejo e conservação sejam adotadas nas áreas de ocorrência e de potencial ocorrência para a espécie, fornecendo informações importantes para o Plano de Ação Nacional (PAN) para espécies brasileiras ameaçadas. Além disso, os dados aqui apresentados fortalecem a necessidade de políticas mais eficientes, em nível nacional e estadual, esse último, principalmente, para conservação das áreas e manutenção das espécies.

## Referências

ANDA – Agência de Notícias de Direitos Animais (2014). *Pernambuco desenvolve lista oficial de animais ameaçados de extinção*. Disponível em:

<https://www.anda.jor.br/2015/05/pernambuco-desenvolve-lista-oficial-animais-ameacados-extincao>. Acesso em: 20 de dezembro de 2017.

Araújo, M. B.; Thuiller, W.; Pearson, R. G. (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography* 33:1712-1728.

Blank, D. M. P. (2015). O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas/The context of climate changes and its victims. *Mercator*, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 157-172.

Boitani, L.; Sinibaldi, I.; Corsi, F.; De Biase, A.; Carranza, I.; Ravagli, M.; Reggiani, G.; Rondinini, C.; Trapanese, P. (2008). Distribution of medium-to large-sized African mammals based on habitat suitability models. *Biodiversity and Conservation*, v. 17, n. 3, p. 605-621.

Braga, L. G. T.; Lima, S. L. (2001). Influence of Environmental Temperature on the Bullfrog Performance, *Rana catesbeiana* (Shaw, 1802) in the Growing Phase. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa 30(6).

Brown, J. H.; Stevens, G. C.; Kaufman, D. M. (1996). The Geographic Range: Size, Shape, Boundaries, and Internal Structure. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27:597-623.

Casemiro, F. A. S.; Gouveia, S. F.; Diniz-Filho, J. A. F. (2012). Distribuição de *Rhinella granulosa*: integrando envelopes bioclimáticos e respostas ecofisiológicas. *Revista da Biologia*, 8 :38-44.

Cordeiro, L. S. *Distribuição Geográfica e modelagem de nicho ecológico de espécies endêmicas de Erithroxylacelae na região neotropical*. Tese (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, 2013, 113p.

Costa, R. N.; Carnaval, A. C. O. Q.; Toledo, L. F. (2012). Mudanças climáticas e seus impactos sobre os anfíbios brasileiros/Climate change and its impacts on Brazilian amphibians. *Revista da Biologia* 8: 33-37.

Dias, E. G.; Silva, P. S.; Pereira, E. N.; Santos, E.M. (2016). *Frostius Pernambucensis* (Frost's Toad). Parental Care. In: Natural History Notes. *Herpetological Review* 47(2), p. 278.

Elith, J.; Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of ecology, Evolution and Systematics*. v. 40 n. 1, p. 677-697

Elith, J.; Graham, C. H.; Anderson, R. P.; Dudi'k, M.; Ferrier, S.; Guisan, A.; Hijmans, R. J.; Huettmann, F.; Leathwick, J. R.; Lehmann, A.; Li, J.; Lohmann, L. G.; Loiselle, B. A.; Manion, G.; Moritz, C.; Nakamura, M.; Nakazawa, Y.; Overton, J. McC.; Peterson, A. T.; Phillips, S. J.; Richardson, K. S.; Scachetti-Pereira, R.; Schapire, R. E.; Soberón, J.; Williams, S.; Wisz, M. S.; Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods

improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129/151.

Elith, J.; Graham, C. H.; Anderson, R. P.; Dudić, M.; Ferrier, S.; Guisan, A.; Hijmans, R.J.; Huettmann, F.; Leathwick, J. R.; Lehmann, A.; Li, J.; Lohmann, L. G.; Loiselle, B.A.; Manion, G.; Moritz, C.; Nakamura, M.; Nakazawa, Y.; Mcc. Overton, J.; Peterson, A. T.; Phillips, S. J.; Richardson, K.; Scachetti-Pereira, R.; Schapire, R. E.; Sobero N. J.; Williams, S.; Wisz, M. S. (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. *Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute*

Franklin, J. (2010). *Mapping Species Distribution*. Cambridge, Cambridge University Press. 338p.

Frost, D. R.; Grant, T.; Faivovich, J.; Bain, R. H.; Haas, A.; Haddad, C. F. B.; De Sa, R. O.; Channing, A.; Wilkinson, M.; Donnellan, S. C.; Raxworthy, C. J.; Campbell, J. A.; Blotto, B. L.; Moler, P.; Drewes, R. C.; Nussbaum, R. A.; Lynch, J. D.; Green, D. M.; Wheeler, W. C. (2006). The Amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 297: 1–370.

Garcia, A. (2006). Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of Pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation*, 130:25-46.

Giovanelli, J. G. R.; Haddad, C. F. B.; Alexandrino, J. (2008). Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. *Biological Invasions*, 10:585-590.

Grzimek, Bernhard. (2003). Grzimek's *Animal Life Encyclopedia*, 2nd edition. Volume 6, *Amphibians*, edited by Hutchins, M.; Duellman, W. E.; Schlager, N. Farmington Hills, MI: Gale Group.

Guisan, A.; Broennimann, O.; Engler, R.; Vust, M.; Yoccoz, N. G.; Lehmann, A.; Zimmermann, N. E. (2006). Using Niche-Based Models to Improve the Sampling of Rare Species. *Conservation Biology*, Lausanne, v. 20, n. 2, p. 501-511.

Haddad, C. F. B.; Giovanelli, J. G. R.; Alexandrino, J. (2008). O aquecimento global e seus efeitos na distribuição e declínio dos anfíbios. In: BUCKERIDGE, M. S. (Org.). *Biologia & Mudanças Climáticas no Brasil*. São Carlos: Rima Editora, p. 195-206.

Haddad, C. F. B.; Prado, C. P. A. (2005). Reproductive Modes in Frogs and Their Unexpected Diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *Bio Science*. Vol. 55, Nº 3, p. 207 – 217.

Hugall, A.; Moritz, C.; Moussalli, A.; Stanisic, J. (2002). *Reconciling paleodistribution models and comparative phylogeography in the Wet Tropics*. *PNAS*, 99:6112– 6117.

ICMBio (2016). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Portaria ICMBio Nº 38 DE 03/05/2016 - DOU 04/05/2016 (Ministério do Meio Ambiente). *Boletins*, editora Plenun. Disponível em: <https://www.plenum.com.br/boletins/detalhes/2202>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

Jiménez-Alfaro, B.; Draper, D.; Nogués-Bravo, D. (2012). Modeling the potential area of occupancy at fine resolution may reduce uncertainty in species range estimates. *Biological Conservation*, Gijón, v. 147, n. 1, p. 190–196.

Laurance, W. F.; Albernaz, A. K. M; Costa, C. (2002). O desmatamento está se acelerando na Amazônia brasileira. *Biota Neotropica*, v. 2, n. 1, p. 1-9.

Lopes, T. S.; Leite, V. R. L.; Leite, G. R. (2007). Modelagem de Nicho Ecológico e Conservação de *Dalbergia nigra*, Espécie Ameaçada de Extinção. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 438-440 p.

Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B.; Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, Oxford, v. 403, p. 853-858.

MaxEnt (2018). *MaxEnt software for species habitat modeling*. Disponível em: <<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>>. Acesso em: 22 de jan. 2018.

- Merow, C.; Smith, M. J.; Silander, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, Cambridge, v. 36, n. 10, p. 1058-1069.
- Newman, R. A. (1998). Ecological constraints on amphibian metamorphosis: interactions of temperature and larval density with responses to changing food level. *Oecologia* 115 (1-2), 9-16 p.
- Oliveira, H. R.; Cassemiro, F. A. S. (2013). Potenciais efeitos das mudanças climáticas futuras sobre a distribuição de um anuro da Caatinga *Rhinella granulosa* (Anura, Bufonidae). *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, 103(3): 272-279 p.
- Peterson, A. T.; Vieglais, D. A. (2001). Predicting species invasions using ecological niche modeling. *Bio Science*, 51:363-371.
- Pearson, R. G. (2006). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, New York, v. 34, n. 1, p. 102–117.
- Pearson, R. G.; Raxworthy, C. J.; Nakamura, M.; Townsend Peterson, A. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, New York, v. 34, n. 1, p. 102–117.
- Phillips, S. J.; Anderson, R. P.; Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, v. 190, n. 3-4, p. 231–259.
- Pimenta, B. V. S; Caramaschi, U. (2007). New species of toad, genus *Frostius* Cannatella, 1986, from the Atlantic Rain Forest of Bahia, Brazil (Amphibia, Anura, Bufonidae). *Zootaxa* 1508: 61-68.

PNUMA. Resumo para formuladores de políticas. (2012). Disponível em: [http://www.unep.org/geo/pdfs/GEO-5\\_SPM\\_Portuguese.pdf](http://www.unep.org/geo/pdfs/GEO-5_SPM_Portuguese.pdf). Acesso em: 10 de janeiro de 2018.

Pounds, A.; Carnaval, A. C. O. Q.; Corn, S. (2007). Climate Change, Biodiversity Loss, and Amphibian Declines. In: Gascon C., Collins J. P., Moore R. D., Church D. R., McKay J. E., Mendelson J. R. III (eds). *Amphibian Conservation Action Plan: IUCN/SSC Amphibian Specialist Group*. Glands, Cambridge.

Raffel, T. R.; Rohr, J. R.; Kiesecker, J. M.; Hudson, P. J. (2006). Negative effects of changing temperature on amphibian immunity under field conditions. *Functional Ecology* 20, 819–828.

Ron, S. R. (2005). Predicting the distribution of the amphibian pathogen *Atrachochytrium dendrobatidis* in the new world. *Biotropica*, 37:209-221.

Sanderson, E. W.; Jaiteh, M.; Levy, M. A.; Redford, K. H.; Wannebo, A. V.; Woolmer, G. (2002). The Human Footprint and the Last of the Wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. *Bio Science*, v. 52, n. 10, p. 891-904.

SEMAS (2014). Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. *Legislação Estadual - Pernambuco*. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280590>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2017.

Silva R. W. C., Paula B. L. (2009). Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. *Terræ Didática*, 5(1):42-49.

Silva, J. M. C.; Tabarelli, M. (2000). Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature*, v. 404, p. 72-74.

Siqueira, M. F. (2005). *Uso de Modelagem de nicho fundamental na avaliação do padrão de distribuição geográficas de espécies vegetais*. Tese (mestrado) – Universidade de São Paulo, 2005. 117 p.

- Siqueira, M.; Durigan, G. (2007). Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*, 30:233-243.
- Siqueira, M. F.; Peterson, A. T. (2003). Consequences of global climate change for geographic distributions of Cerrado tree species. *Biota Neotropica*, 3(2):1-14
- Slatyer, C.; Rosauer, D.; Lemckert, F. (2007). An assessment of endemism and species richness patterns in the Australian Anura. *Journal of Biogeography*, 34:583-596.
- SOS Mata Atlântica (2017). Desmatamento da Mata Atlântica cresce quase 60% em um ano. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes>. Acesso em: 20 de janeiro. 2018.
- Syfert, M. M. (2014). Using species distribution models to inform IUCN Red List assessments. *Biological Conservation*, v. 177, n. 17, p. 174-184.
- Walther, G. R.; Post, E.; Convey, P.; Menzel, A.; Parmesan, C.; Beebee, T. J. C.; Fromentin, J. M.; Guldberg, O. H.; Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416:389-395.
- Wong, B. B. M.; Cowling, A. N. N.; Cunningham, R. B.; Donnelly, C. F.; Cooper, P. D. (2004). Do temperature and social environment interact to affect call rate in frogs (*Crinia signifera*)? *Aust. Ecol.* 29:209–14.

**Figura 1.** Distribuição original da Mata Atlântica do Nordeste (Global Forest Watch, 2018).

**Figura 2.** Localidades com registros de *Frostius pernambucensis*. Mapa editado de Pimenta; Caramaschi, 2007.

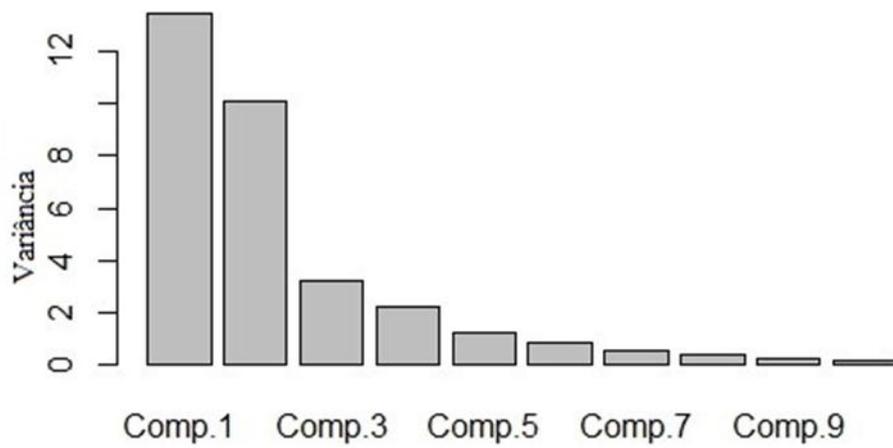
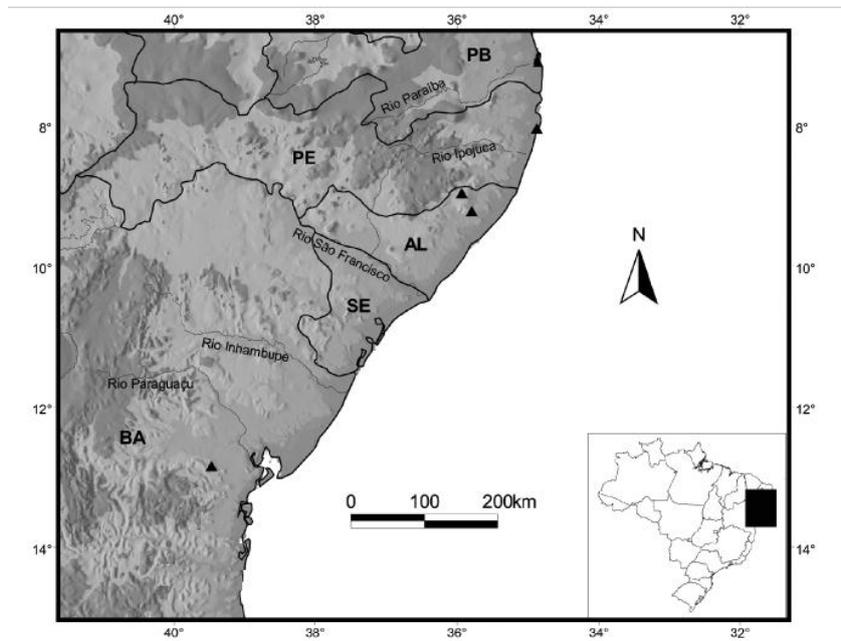
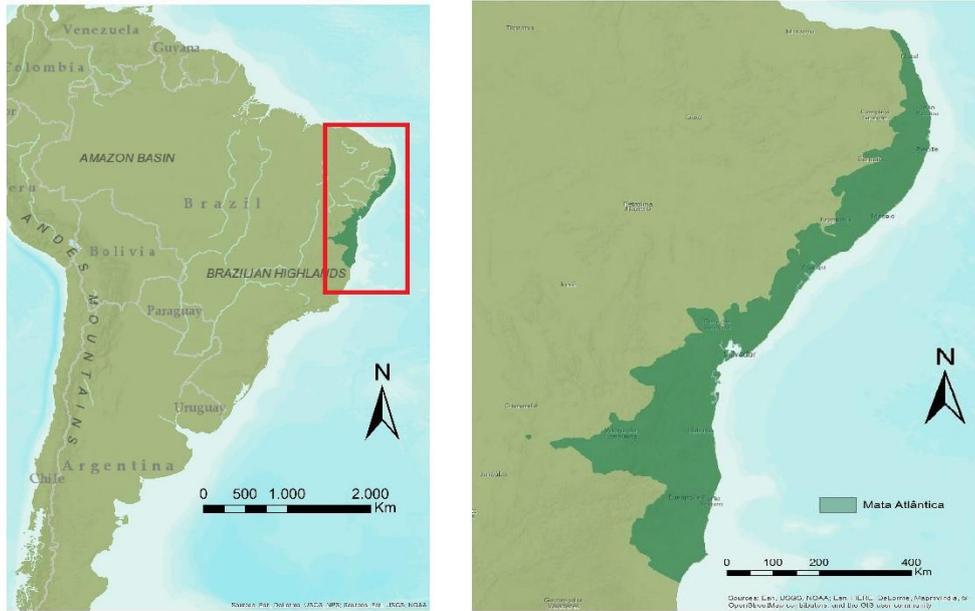
**Figura 3.** Eixos da PCA, os oitos primeiros eixos representam 95% da variância das variáveis ambientais.

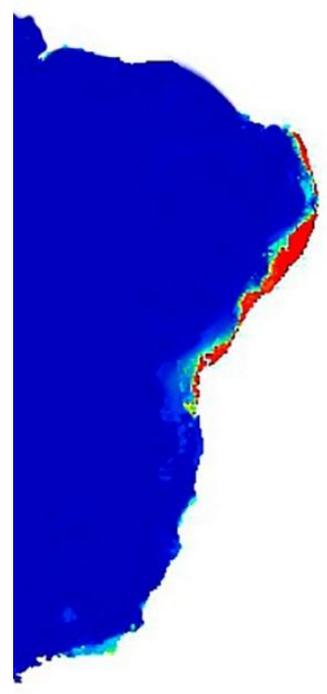
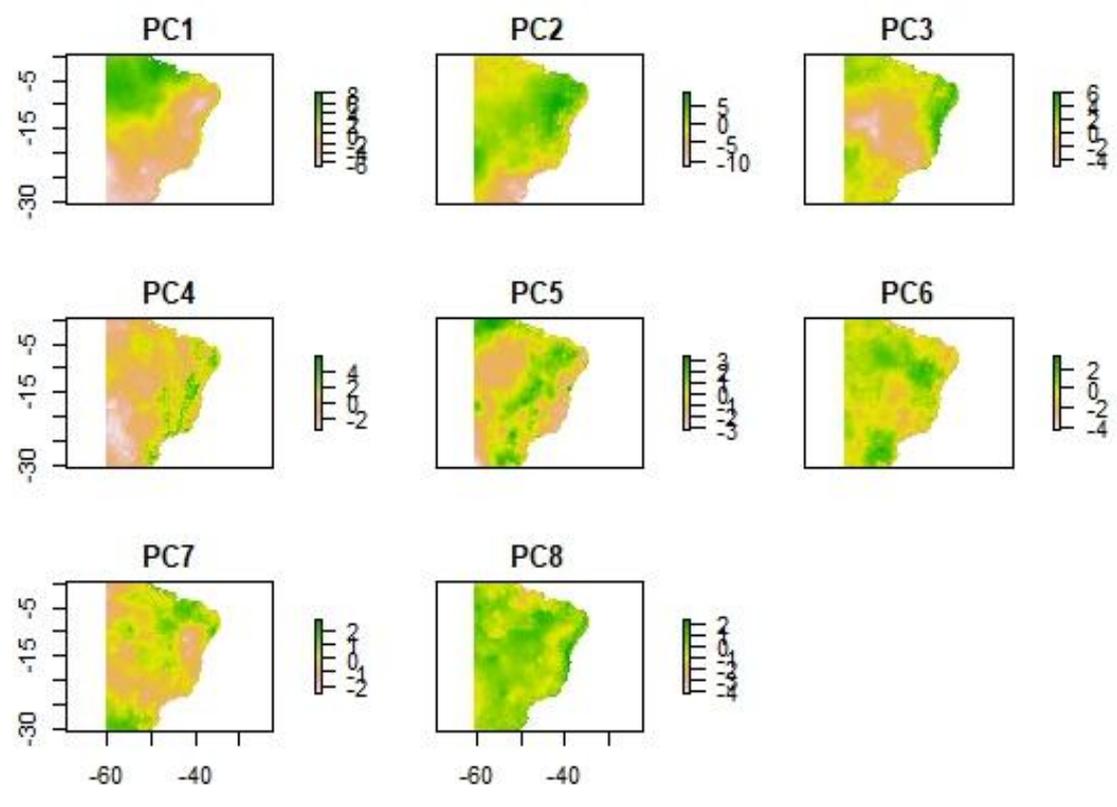
**Figura 4.** Representação gráfica dos eixos criados pela PCA das variáveis ambientais.

**Figura 5.** Distribuição modelada para a espécie de *Frostius pernambucensis*. Cores quentes, mais próximas a 1.0 indicam regiões com maior probabilidade de ocorrência devido à maior adequabilidade para a espécie.

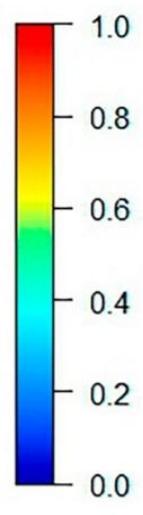
**Figura 6.** Adequabilidade ambiental considerando apenas as áreas florestadas para *Frostius pernambucensis*.

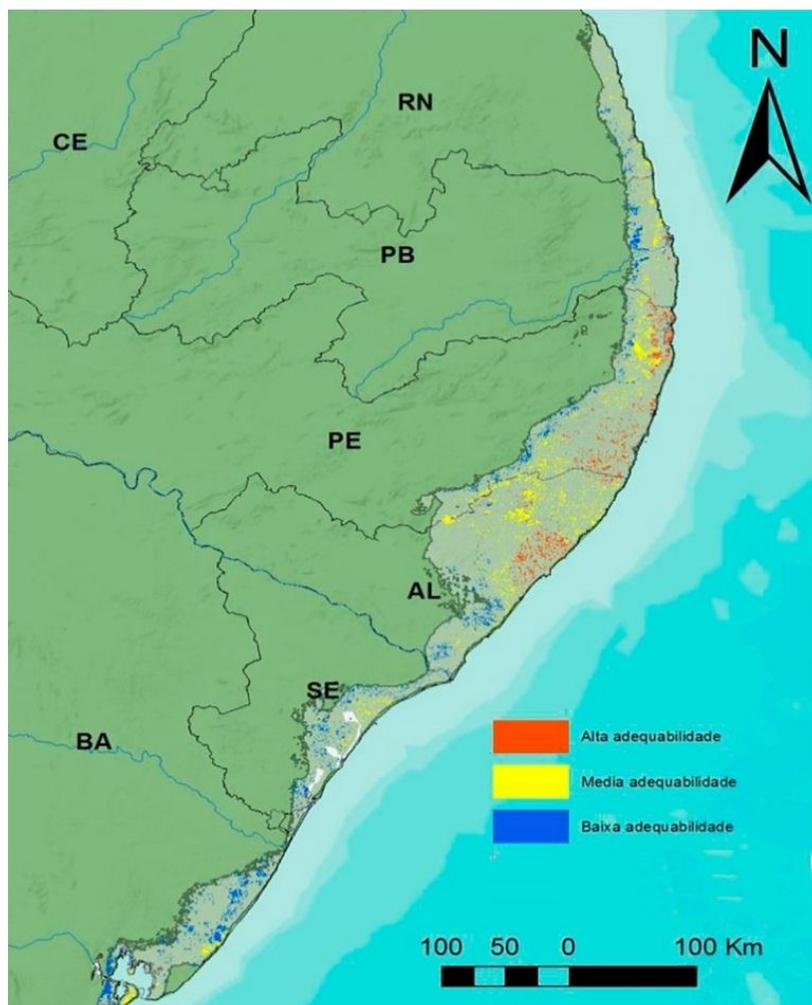
**Tabela 1-** Localidade e coordenadas dos registros de *Frostius pernambucensis* utilizadas para gerar os modelos de nicho ecológico.





AUC = 0,912





Localidade	Coordenadas	Referências
<b>Parque estadual de Dois Irmãos, Recife/PE</b>	8°00'12.3"S 34°56'32.0"W	Presente trabalho
<b>Fazenda Sapé, Mata de Barreiros, Barreiros/PE</b>	08° 49'S 35° 11'W	Dados não publicados
<b>Mata Colônia Vicente Gomes de Matos, Barreiros/PE</b>	08° 49'S 35° 12'W	Dados não publicados
<b>Estação Ecológica de Caetés, Caetés/PE</b>	7°55'15'' S 34°55'15'' W	Dados não publicados
<b>Estação Ecológica de Caetés, Caetés/PE</b>	7°56'30'' S 34°56'30'' W	Dados não publicados
<b>Serra da Jiboia, Santa Terezinha/Ba</b>	12°51'S 39°28'W	Juncá, 2006
<b>Estação Ecológica de Murici, Murici/AL</b>	9°12'44.4"S 35°51'49.4"W 9°13'00.1"S 35°52'28.1"W	Museu de História Natural, Alagoas - AL

## 6. Comentários Conclusivos

A população de *Frostius pernambucensis* foi observada em um raio de 300m, comprovando sua distribuição restrita na área e preferência por ambientes mais fechados e preservados.

A atividade da espécie e o período reprodutivo estiveram fortemente ligadas aos índices pluviométricos, pois a presença e abundância de água nos fitotelmos são condicionantes para a reprodução dos indivíduos e metamorfose das larvas. Enquanto que a temperatura e umidade não tiveram relação significativa com esses parâmetros. O período de reprodução da espécie acompanhou a estação que apresentou maior nível de pluviosidade.

Como sítio de canto, a espécie utilizou outros substratos além do utilizado para reprodução, mas sempre próximos aos sítios de ovipositora. Os fitotelmos em troncos de árvores foi o único sítio de reprodução registrado para a espécie, sendo que ela também se reproduz em fitotelmo de bromélias de acordo com a literatura.

Fatores abióticos, bem como comprimento rostro-cloacal e massa do macho vocalizador possuem correlação significativas com os parâmetros acústicos do canto de anúncio, indicando que há reconhecimento individual e que a variação nos parâmetros é maior entre os indivíduos do que dentro do mesmo indivíduo.

A espécie *F. pernambucensis* realiza comportamento de tanatose e cuidado parental para aumentar suas chances de sobrevivência e sucesso da prole, respectivamente.

O modelo de nicho ecológico gerado para *F. pernambucensis* manteve suas atuais áreas de distribuição geográfica, no entanto, ampliou a possível área de ocorrência da espécie para o estado do Rio Grande do Norte.

Os dados apresentados no presente trabalho elucidam a necessidade de políticas eficientes para garantir a preservação da espécie e da área que ela está inserida. Aponta uma área potencial para ocorrência da espécie, servindo de base para trabalhos futuros.

## Anexos

**Anexo 1.** Tabela com os oito primeiros eixos da PCA, que representa 95% da variância das variáveis ambientais e inputs climáticos.

VARIÁVEIS	COMP.1	COMP.2	COMP.3	COMP.4	COMP.5	COMP.6	COMP.7	COMP.8
WC2.0_BIO_2.5M_01	0.197193	0.182275	0.100794	-0.20314	0.018179	-0.08068	-0.04195	0.082798
WC2.0_BIO_2.5M_02	-0.06772	0.128377	-0.40635	-0.13051	-0.13972	0.427691	-0.00811	0.009261
WC2.0_BIO_2.5M_04	-0.2226	-0.12652	0.044884	-0.21177	-0.11217	-0.05187	0.193342	-0.14005
WC2.0_BIO_2.5M_05	0.08728	0.200372	-0.03125	-0.44461	-0.13049	-0.0093	0.121219	-0.00961
WC2.0_BIO_2.5M_06	0.231513	0.120927	0.173846	-0.02485	0.099858	-0.09787	-0.09163	0.081055
WC2.0_BIO_2.5M_07	-0.21958	-0.02839	-0.21885	-0.2191	-0.18846	0.108211	0.173758	-0.09927
WC2.0_BIO_2.5M_08	0.113116	0.178835	0.108646	-0.34933	-0.14975	-0.25504	-0.26568	-0.06659
WC2.0_BIO_2.5M_09	0.222085	0.142266	0.1117	-0.05813	0.127286	0.024732	0.041906	0.11315
WC2.0_BIO_2.5M_10	0.127353	0.149007	0.192365	-0.42335	-0.04369	-0.10585	0.157985	0.025158
WC2.0_BIO_2.5M_11	0.224012	0.168027	0.059483	-0.06294	0.061926	-0.02102	-0.06644	0.119836
WC2.0_BIO_2.5M_12	0.20554	-0.16363	-0.15677	-0.11724	0.099045	0.000905	-0.00544	-0.17757
WC2.0_BIO_2.5M_13	0.226196	-0.04007	-0.22825	0.029454	0.092679	-0.22004	0.068358	-0.35807
WC2.0_BIO_2.5M_14	-0.01625	-0.25753	0.171903	-0.16999	0.267696	0.197372	-0.03829	0.044103
WC2.0_BIO_2.5M_15	0.060783	0.246167	-0.1647	0.246255	0.012759	-0.24743	0.069969	-0.18315
WC2.0_BIO_2.5M_16	0.230898	-0.0454	-0.23214	0.012787	0.070606	-0.18534	0.028693	-0.31613
WC2.0_BIO_2.5M_17	-0.00904	-0.26283	0.167426	-0.18354	0.234312	0.21695	-0.05267	0.038451
WC2.0_BIO_2.5M_18	-0.08618	-0.12894	-0.34012	-0.10357	-0.06936	-0.25996	-0.62646	0.133128
WC2.0_BIO_2.5M_19	0.203099	-0.11272	0.15775	-0.02745	0.035148	0.191481	0.171821	-0.5038
LAYER.1	0.232981	0.117424	-0.03541	0.123562	0.104254	0.259431	-0.14349	0.028828
WC2.0_BIO_2.5M_03.1	0.232981	0.117424	-0.03541	0.123562	0.104254	0.259431	-0.14349	0.028828
WC2.0_BIO_2.5M_03.2	0.232981	0.117424	-0.03541	0.123562	0.104254	0.259431	-0.14349	0.028828
W001001.1	0.104808	0.232669	-0.18567	-0.18787	-0.10298	0.274488	-0.0294	-0.01781
W001001.2	0.164871	-0.22395	-0.09982	-0.06075	0.140623	-0.04088	0.005799	-0.15401
W001001.3	0.158771	-0.18273	-0.25165	-0.18858	0.075349	0.020007	-0.03527	0.117302
LAYER.2	0.096918	-0.26935	-0.13656	-0.11459	0.14665	-0.04748	0.036452	0.123152
LAYER.3	-0.0119	-0.29083	0.073142	-0.1685	0.107353	0.04832	-0.14048	0.055599
LAYER.4	0.14398	-0.15215	-0.29324	-0.02025	0.18375	-0.17328	0.289455	0.287627
LAYER.5	0.203349	-0.16876	0.130623	0.088966	-0.21394	-0.09298	-0.02362	0.107239
LAYER.6	0.134229	-0.20368	0.246294	0.064103	-0.24947	-0.04041	-0.15308	-0.10699
LAYER.7	0.234202	-0.08717	0.040066	0.103352	-0.1436	-0.13965	0.272183	0.319866
LAYER.8	0.186659	-0.17377	-0.04491	0.048158	-0.39735	0.104702	-0.04009	0.034453
LAYER.9	0.206575	-0.12011	-0.11381	0.06185	-0.31468	0.087485	0.267008	0.252974
LAYER.10	0.146196	-0.1969	0.084494	0.036568	-0.42841	0.112283	-0.17153	-0.15744