

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos
Trópicos/PPG-DIBICT

BRUNO VILELA DE MORAES E SILVA

CONSERVAÇÃO DE ANFÍBIOS ANUROS ENDÊMICOS E AMEAÇADOS DA MATA
ATLÂNTICA SETENTRIONAL

MACEIÓ
2012

BRUNO VILELA DE MORAES E SILVA

**CONSERVAÇÃO DE ANFÍBIOS ANUROS ENDÊMICOS E AMEAÇADOS DA MATA
ATLÂNTICA SETENTRIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

**Orientador: Prof. Dr. Miguel Trefaut
Urbano Rodrigues**

**MACEIÓ
2012**

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Fabiana Camargo dos Santos

S586c Silva, Bruno Vilela de Moraes e.
Conservação de anfíbios anuros endêmicos e ameaçados da mata atlântica setentrional / Bruno Vilela de Moraes e Silva. – 2012.
74 f. : il.

Orientador: Miguel Trefaut Urbano Rodrigues.
Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação) –
Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da
Saúde. Maceió, 2012.

Inclui bibliografia.
Apêndices: f. 71-74.

1. Anura – Conservação. 2. Mata Atlântica. 3. Biodiversidade.
4. Anfíbios. I. Título.

CDU: 597.8

DEDICATÓRIA

Em memória do Professor Gabriel Skuk.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a pessoa que primeiro acreditou nesse trabalho e investiu boa parte do seu tempo na minha formação como pesquisador e como pessoa, o professor Gabriel Omar Skuk Sugliano. Infelizmente, não pôde chegar ao fim dessa jornada comigo, mas sem ele nada disso teria tido um início, e por isso lhe dedico esse trabalho de maneira póstuma. Agradeço também a todos aqueles que diante das dificuldades enfrentadas pela perda do professor Gabriel, ajudaram-me a concluir esse projeto e participaram dele de maneira efetiva. Ao professor Miguel Trefaut Urbano Rodrigues que aceitou me orientar no final mestrado, seus conselhos foram de grande valia. Ao professor Marcos Vinícius Carneiro Vital que desde o início colaborou com o projeto e também com minha formação acadêmica, sem ele esse trabalho não seria possível. Aos meus colegas de laboratório e coautores do segundo capítulo, Filipe Augusto Cavalcanti Nascimento e Barnagleisson da Silva Lisboa, que contribuíram de maneira significativa para a produção dessa dissertação. Aos também colegas de laboratório, José Vieira de Araújo Neto, Jéssica Yara Araujo Galdino e Ingrid Caroline Soares Tiburcio, os quais ajudaram nos trabalhos de campo. Agradeço também a Lihara Vieira Jatobá Tenório que além de todo o apoio emocional, também foi durante muitas noites motorista nas excursões ao campo. Também agradeço aos professores que estiveram nas minhas bancas de pré-qualificação, qualificação e defesa, todos contribuíram bastante para a elaboração e correção de aspectos do projeto.

Agradeço as instituições que apoiaram e financiaram o projeto. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro na forma de bolsa de mestrado. À Fundação Biodiversitas que financiou parte do projeto aqui realizado. À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) pela estrutura fornecida. Ao Museu de História Natural da UFAL, em especial ao Laboratório de Herpetologia, e a todos os seus funcionários. Ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação no Trópicos (PPG-DIBICT), seus coordenadores e secretários. Aos professores do PPG-DIBICT, que contribuíram com minha formação e com aspectos do projeto.

Por fim, gostaria de agradecer aos meus pais, meus irmãos, meus amigos e aos meus companheiros de mestrado que sempre estiveram comigo nessa jornada. Obrigado a todos!

RESUMO

Evidências apontam para o declínio nas populações de anfíbios em diversas regiões do globo, e o Brasil tem um papel importante na conservação desse táxon, já que é o país que possui a maior diversidade do grupo. A Mata Atlântica é o ecossistema que abriga a maior parcela da fauna de anfíbios e o maior número de espécies endêmicas do país. No entanto, também é o habitat de quase todas as espécies de anuros ameaçados de extinção. A porção setentrional do bioma é conhecida como Sub-Região Biogeográfica (SBR) Pernambuco, e reúne os fragmentos florestais situados ao norte do Rio São Francisco, excetuando-se os brejos de altitudes. Atualmente sabe-se que essa região abrange uma fauna bastante específica e uma diversidade genética única, porém apenas 1% de seus remanescentes está protegido sob a forma de unidades de conservação. Ações conservacionistas são necessárias imediatamente, todavia a escassez de informação é um entrave para elaboração de planos de ação na região. Nesse contexto, no primeiro capítulo, foi realizada uma abordagem macroecológica para a conservação de anuros endêmicos e ameaçados na Mata Atlântica Setentrional. Assim, foram registradas dez espécies endêmicas, e uma ameaçada de extinção. Os resultados indicam que os fragmentos localizados ao norte do bioma da Mata Atlântica no Estado de Alagoas e na porção sul no Estado de Pernambuco, Brasil, são de extrema importância para manutenção da biodiversidade, mesmo diante das mudanças climáticas. No segundo capítulo, é apresentada a descrição da reprodução da única espécie ameaçada de extinção da SBR Pernambuco, *Agalychnis granulosa*.

Palavras-chave: Mata Atlântica. Anfíbio. Anura - Conservação.

ABSTRACT

The decline in amphibian populations is been recorded all around the world. Brazil has an important role in its conservation, since it has the greatest diversity of the group. The Atlantic Forest is the Brazilian biome that comprises the higher diversity and endemism of amphibians, however it is also the habitat of almost all endangered frogs. The northern portion of the biome is known as the Biogeographic Sub-region (BSR) Pernambuco, which includes the forest fragments of the north of the São Francisco River, except for the " Brejos de altitude". This region contains a very specific fauna and an unique genetic diversity, but only 1% of its remains are protected in the form of conservation areas. Conservation actions are urgently needed, however the lack of information is an obstacle for developing action plans in the region. In this context, in the first chapter, an macroecological approach was applied for the conservation of endemic and threatened frogs in the Northern Atlantic Forest. Thus, ten endemic species and one endangered were registered in the study area. The results suggest that the forest fragments found in the north of the state of Alagoas and in the southern state of Pernambuco, Brazil, are extremely important for maintaining the biodiversity, even in the face of climate change. The second chapter presents the description of the reproductive biology of the only endangered species the BSR Pernambuco, *Agalychnis granulosa*.

Key-word: Atlantic Forest. Amphibian. Anuran - Conservation.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Distribuição e riqueza de espécies de anfíbios anuros endêmicas e/ou ameaçadas da Sub-Região Biogeográfica Pernambuco. Grids de 5 arc-min. Em destaque os fragmentos florestais dos Estados brasileiros da Paraíba(PB), Pernambuco(PE) e Alagoas(AL). 1- João Pessoa (PB); 2 - Timbaúba (PE); 3 - Igarassu (PE); 4 - São Lourenço da Mata (PE); 5 - Recife e Camaragibe (PE); 6 - Brejo da Madre de Deus (PE); 7 - Jaqueira (PE); 8 - Tamandaré (PE); 9 - Matriz de Camaragibe (AL); 10 - Quebrangulo (AL); 11 - Murici (AL); 12 - Flexeiras (AL); 13 - Passo de Camaragibe (AL); 14 - São Luís do Quitunde (AL); 15 - Maceió; 16 - Maceió e Rio Largo (AL); 17 - Rio Largo (AL). Ver apêndice 2 para mais detalhes dos locais. 29

Figura 2. Riqueza potencial atual (A) e futura (B) de espécies de anfíbios anuros endêmicas e/ou ameaçadas da Sub-Região Biogeográfica Pernambuco. Em destaque os Estados brasileiros da Paraíba (PB), Pernambuco (PE) e Alagoas (AL). 30

Figura 3. Riqueza potencial de espécies de anfíbios anuros endêmicas e/ou ameaçadas da Sub-Região Biogeográfica Pernambuco em áreas que o modelo aponta como estáveis para a ocorrência das espécies diante das mudanças climáticas futuras. Os círculo A e B representam áreas que se complementam em termos de composição de espécies. Em destaque os Estados brasileiros da Paraíba (PB), Pernambuco (PE) e Alagoas (AL). 31

CAPÍTULO 2

Figura 1. Diversidade de substratos utilizados pelos machos de *Agalychnis granulosa* na Mata do Catolé (9°35'00" S, 35°49'00" O, DATUM WGS84, 140 m elev.), município de Maceió, Estado de Alagoas, Brasil. (A e D) Galhos (B e C) Folhas verdes e secas. Fotos: Bruno Vilela. 54

Figura 2. Diversidade de substratos utilizados para a oviposição utilizados por *Agalychnis granulosa* na Mata do Catolé (9°35'00" S, 35°49'00" O, DATUM WGS84, 140 m elev.), município de Maceió, Estado de Alagoas, Brasil. (A) Folha de Bromélia; (B) Folha seca a 3m de altura (seta amarela); (C e D) Raiz de bromélia; (E e F) Troncos. Fotos: Bruno Vilela. 56

Figura 3. Cápsulas vazias de *Agalychnis granulosa* na Mata do Catolé (9°35'00" S, 35°49'00" O, DATUM WGS84, 140 m elev.), município de Maceió, Estado de Alagoas, Brasil. Estágio inicial (A) e avançado (B) de desenvolvimento. Fotos: Bruno Vilela. 57

Figura 4. Casais em amplexo de *Agalychnis granulosa* na Mata do Catolé (9°35'00" S, 35°49'00" O, DATUM WGS84, 140 m elev.), município de Maceió, Estado de Alagoas, Brasil. (A e C) momento em que os casais foram encontrados; (B e D) oviposição. Fotos: Bruno Vilela.

58

Figura 5. Canto de anúncio de *Agalychnis granulosa* (MUFAL 8798). Temperatura do ar: 20,9°C; umidade relativa do ar: 94%. (A) Oscilograma; (B) Sonograma; (C) Espectro de frequência; (D) Detalhe do canto de anúncio evidenciando os quatro primeiros pulsos de baixa intensidade e espaçados entre si. Gráficos gerados no programa Avisof T-SASLab lite for Windows (v. 5.1.16) utilizando os seguintes parâmetros: Fast Fourier Transformation (256 pontos), frame (100%), window (Flat Top) e overlap (75%).

59

Figura 6. Período da reprodução de *Agalychnis granulosa* relacionado a dados de pluviometria diária fornecidos pela estação meteorológica da UFAL. Em cinza escuro o período de atividade de vocalização dos machos e a presença de girinos na poça, limitado verticalmente e horizontalmente pela pluviometria. Em cinza claro o período em que foram encontrados somente os girinos na poça.

63

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Lista das espécies de anfíbios anuros endêmicos e/ou ameaçados da SBR Pernambuco, com família, status de conservação e localidades. 28

APÊNDICES

Tabela 1. Lista com os pontos de ocorrência registrados das espécies endêmicas de anfíbios anuros da Mata Atlântica Setentrional, após correção e revisão, utilizadas no modelos do capítulo 1 (exceto os registros de Brejo Madre de Deus, PE, e Amargosa, BA). Coordenadas em WGS 84. 71

Tabela 2. Lista com as localidades de ocorrência de espécies endêmicas de anfíbios anuros da Mata Atlântica Setentrional. Coordenadas em WGS 84. 73

SUMÁRIO

Apresentação	10
Importância da conservação de anfíbios anuros na mata atlântica setentrional ...	11
Referências	13
CAPÍTULO 1 Direcionando levantamentos diante das mudanças climáticas: uma abordagem com anfíbios raros	17
1 Introdução	19
2 Material e Métodos	22
3 Resultados	27
4 Discussão	32
5 Conclusão	35
6 Referências	35
CAPÍTULO 2 Reprodução de <i>Agalychnis granulosa</i> (Cruz, 1989) (Anura: Hylidae)	46
1 Introdução	48
2 Material e Métodos	49
3 Resultados	52
4 Discussão	60
5 Referências	65
Considerações finais	68
Referências	70
Apêndices	71

APRESENTAÇÃO

Para facilitar a leitura dessa dissertação, algumas considerações iniciais devem ser feitas. Esta dissertação é apresentada no modelo de artigos. Assim, cada capítulo apresenta um artigo científico independente, com suas próprias seções, citações e referências de acordo com as regras da revista científica a qual será submetido. Porém, a formatação do texto se mantém padrão. O primeiro capítulo será submetido ao periódico *Biological Conservation*, e o segundo capítulo ao periódico *Journal of Herpetology*. As outras subdivisões da dissertação tem sua própria seção de referências bibliográficas, e seguem as regras de citação do periódico *Journal of Herpetology*. Como cada capítulo foi escrito de maneira não integralizada, as demais seções da dissertação funcionam como conectores, além disso, considerações importantes que não se encaixavam no escopo de cada artigo foram alocadas nessas seções.

IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DE ANFÍBIOS ANUROS NA MATA ATLÂNTICA SETENTRIONAL

Evidências apontam para o declínio nas populações de anfíbios em diversas regiões do globo (Alford and Richards, 1999; Houlahan et al., 2000; Stuart et al., 2004; Wake and Vredenburg, 2008). Dentre as várias causas desse declínio, a mais agravante é a perda de habitat (Cushman, 2006). Porém, outros fatores têm recebido bastante atenção, como as doenças infecciosas (Lips et al., 2006; Pounds et al., 2006), mudanças climáticas (Reading, 2007; D'Amen and Bombi, 2009), desconexão entre ambientes terrestres e aquáticos (Becker et al., 2007; Becker et al., 2010), contaminação por agrotóxicos (Hayes et al., 2006; Rohr et al., 2006), e aumento da radiação (Haeder et al., 2007). Os anfíbios têm um importante papel na estabilidade ecológica do ambiente e na manutenção dos serviços ecossistêmicos, e a perda de uma espécie poderia causar grandes prejuízos ambientais (e.g. Oza, 1990).

Atualmente são conhecidas 6.771 espécies de anfíbios no mundo (Frost, 2011), sendo que a maior parte se encontra nas regiões tropicais. O Brasil tem um papel importante na conservação desse táxon, já que é o país com a maior diversidade, tendo sido catalogadas até então 877 espécies de anfíbios (Lista da sociedade Brasileira de Herpetologia, outubro de 2009), além de possuir um alto índice de endemismo. Essas espécies estão distribuídas entre os grandes biomas brasileiros, dentre os quais dois são considerados *hotspots* da biodiversidade mundial, o Cerrado e a Mata Atlântica, assim classificados visto a grande riqueza, endemismo e grau de ameaça (Myers et al., 2000).

A Mata Atlântica é o bioma que abriga a maior parcela da fauna de anfíbios e o maior número de espécies endêmicas do Brasil, no entanto, também é o habitat de quase todas as espécies de anuros ameaçados de extinção no país (Silvano and Segalla, 2005). Isso se deve principalmente ao fato de que restam apenas 12% da cobertura vegetal original (Ribeiro et al., 2009). Além disso, a maior parte do bioma

resiste em fragmentos florestais isolados que funcionam como ilhas de diversidade, já que, para muitas espécies a distância entre os fragmentos atua como uma barreira para a dispersão geográfica (Metzger et al., 2009). Do mesmo modo, outros fatores citados como causas do declínio de anfíbios no mundo têm sido verificados na Mata Atlântica, como a presença de doenças infecciosas (Carnaval et al., 2006; Gründler et al., 2012).

A Mata Atlântica está localizada ao longo de toda a costa leste brasileira e em uma pequena porção do Paraguai e Argentina, abrangendo uma extensa amplitude latitudinal, o que acarreta grande heterogeneidade climática, de modo que foi dividida em oito Sub-Regiões Biogeográficas baseada em áreas de endemismos e de transição (sensu Silva and Casteleti, 2003). A porção setentrional do bioma é conhecida como Sub-Região Biogeográfica (SBR) Pernambuco, e reúne os fragmentos florestais ao norte do Rio São Francisco, excetuando-se os brejos de altitudes. Atualmente sabe-se que essa região abrange uma fauna bastante específica (Brown and Freitas, 2000; Costa et al., 2000; da Silva et al., 2004; Silva et al., 2004), e uma diversidade genética única, em parte graças a refúgios passados, que mantiveram condições adequadas a ocorrência das espécies durante extremos climáticos no final do quaternário (Carnaval and Moritz, 2008; Carnaval et al., 2009).

Apesar da importância biológica da SBR Pernambuco, apenas 1% de seus remanescentes está protegido sob a forma de unidades de conservação, sendo a menor proporção protegida entre todas as SBR's (Ribeiro et al., 2009). Ações conservacionistas são necessárias imediatamente, ou, caso contrário, toda uma diversidade e história evolutiva única poderá ser perdida. Porém, a eficácia dos planos de conservação está diretamente relacionada a quantidade de informações disponíveis, que no presente caso ainda é muito escassa. Assim, o primeiro passo é reunir e gerar o conhecimento necessário para subsidiar esses planos.

Nesse contexto, o presente trabalho utiliza duas abordagens distintas de modo a reunir informações necessárias para subsidiar planos de conservação para os anfíbios anuros endêmicos e ameaçados na Mata Atlântica Setentrional, e

consequentemente para a fauna de vertebrados da região (ver Loyola et al., 2007). No primeiro capítulo, é realizado um levantamento das espécies endêmicas de anuros da SBR Pernambuco, e posteriormente feita uma análise macroecológica, incluindo aspectos das mudanças climáticas. No segundo capítulo, é caracterizada a reprodução da única espécie de anfíbio ameaçada da SBR Pernambuco, *Agalychnis granulosa* (Cruz, 1989), com descrição dos habitats reprodutivos, vocalização e oviposição. Por fim, aspectos de interesse dos dois capítulos, que não foram incluídos nos artigos são reunidos nas considerações finais.

Referências

- Alford, R. A., and S. J. Richards. 1999. Global amphibian declines: A problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 30:133-165.
- Becker, C. G., C. R. Fonseca, C. F. Baptista Haddad, R. F. Batista, and P. I. Prado. 2007. Habitat split and the global decline of amphibians. *Science*. 318:1775-1777.
- Becker, C. G., C. R. Fonseca, C. F. B. Haddad, and P. I. Prado. 2010. Habitat Split as a Cause of Local Population Declines of Amphibians with Aquatic Larvae. *Conservation Biology*. 24:287-294.
- Brown, K. S., and A. V. L. Freitas. 2000. Atlantic forest butterflies: Indicators for landscape conservation. *Biotropica*. 32:934-956.
- Carnaval, A. C., M. J. Hickerson, C. F. B. Haddad, M. T. Rodrigues, and C. Moritz. 2009. Stability Predicts Genetic Diversity in the Brazilian Atlantic Forest Hotspot. *Science*. 323:785-789.
- Carnaval, A. C., and C. Moritz. 2008. Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography*. 35:1187-1201.
- Carnaval, A. C. O. d. Q., R. Puschendorf, O. L. Peixoto, V. K. Verdade, and M. T. Rodrigues. 2006. Amphibian chytrid fungus broadly distributed in the Brazilian Atlantic Rain Forest. *Ecohealth*. 3:41-48.

- Costa, L. P., Y. L. R. Leite, G. A. B. da Fonseca, and M. T. da Fonseca. 2000. Biogeography of South American forest mammals: Endemism and diversity in the Atlantic Forest. *Biotropica*. 32:872-881.
- Cushman, S. A. 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biological Conservation*. 128:231-240.
- D'Amen, M., and P. Bombi. 2009. Global warming and biodiversity: Evidence of climate-linked amphibian declines in Italy. *Biological Conservation*. 142:3060-3067.
- da Silva, J. M. C., M. C. de Sousa, and C. H. M. Castelletti. 2004. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. *Global Ecology and Biogeography*. 13:85-92.
- Frost, D. R. 2011. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 5.5 (31 January, 2011). American Museum of Natural History, New York, USA.
- Gründler, M., L. Toledo, G. Parra-Olea, C. Haddad, L. Giasson, R. Sawaya, C. Prado, O. Araujo, F. Zara, F. Centeno, and K. Zamudio. 2012. Interaction between breeding habitat and elevation affects prevalence but not infection intensity of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Brazilian anuran assemblages. *Diseases of Aquatic Organisms*. 97:173-184.
- Haeder, D. P., H. D. Kumar, R. C. Smith, and R. C. Worrest. 2007. Effects of solar UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change. *Photochemical & Photobiological Sciences*. 6:267-285.
- Hayes, T. B., P. Case, S. Chui, D. Chung, C. Haeffele, K. Haston, M. Lee, V. P. Mai, Y. Marjua, J. Parker, and M. Tsui. 2006. Pesticide mixtures, endocrine disruption, and amphibian declines: Are we underestimating the impact? *Environmental Health Perspectives*. 114:40-50.
- Houlahan, J. E., C. S. Findlay, B. R. Schmidt, A. H. Meyer, and S. L. Kuzmin. 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature*. 404:752-755.
- Lips, K. R., F. Brem, R. Brenes, J. D. Reeve, R. A. Alford, J. Voyles, C. Carey, L. Livo, A. P. Pessier, and J. P. Collins. 2006. Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 103:3165-3170.
- Loyola, R. D., U. Kubota, and T. M. Lewinsohn. 2007. Endemic vertebrates are the most effective surrogates for identifying conservation priorities among Brazilian ecoregions. *Diversity and Distributions*. 13:389-396.

- Metzger, J. P., A. C. Martensen, M. Dixo, L. C. Bernacci, M. C. Ribeiro, A. M. Godoy Teixeira, and R. Pardini. 2009. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. *Biological Conservation*. 142:1166-1177.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:853-858.
- Oza, G. M. 1990. Ecological effects of the frog's legs trade. *Environmentalist*. 10:39-42.
- Pounds, J. A., M. R. Bustamante, L. A. Coloma, J. A. Consuegra, M. P. L. Fogden, P. N. Foster, E. La Marca, K. L. Masters, A. Merino-Viteri, R. Puschendorf, S. R. Ron, G. A. Sanchez-Azofeifa, C. J. Still, and B. E. Young. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*. 439:161-167.
- Reading, C. J. 2007. Linking global warming to amphibian declines through its effects on female body condition and survivorship. *Oecologia*. 151:125-131.
- Ribeiro, M. C., J. P. Metzger, A. C. Martensen, F. J. Ponzoni, and M. M. Hirota. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*. 142:1141-1153.
- Rohr, J. R., T. Sager, T. M. Sesterhenn, and B. D. Palmer. 2006. Exposure, postexposure, and density-mediated effects of atrazine on amphibians: Breaking down net effects into their parts. *Environmental Health Perspectives*. 114:46-50.
- Silva, J. M. C., and C. H. M. Casteleti. 2003. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. C. Galindo-Leal and I. G. Câmara (eds.). *In: The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook*. Island Press, Washington, DC
- Silva, J. M. C., M. C. de Sousa, and C. H. M. Castelletti. 2004. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. *Global Ecology and Biogeography*. 13:85-92.
- Silvano, D. L., and M. V. Segalla. 2005. Conservation of Brazilian amphibians. *Conservation Biology*. 19:653-658.
- Stuart, S. N., J. S. Chanson, N. A. Cox, B. E. Young, A. S. L. Rodrigues, D. L. Fischman, and R. W. Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*. 306:1783-1786.

Wake, D. B., and V. T. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 105:11466-11473.

CAPÍTULO 1

Direcionando levantamentos diante das mudanças climáticas: uma abordagem com anfíbios raros

Artigo no formato da revista: *Biological Conservation*

Incorporando as mudanças climáticas no direcionamento de novos inventários: uma abordagem com anfíbios endêmicos

Bruno Vilela de Moraes e Silva^{1*} e Marcos Vinícius Carneiro Vital²

¹Programa de Pós-graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Universidade Federal de Alagoas. Bairro do Prado, Praça Afrânio Jorge s/n, 57010-020 - Maceió, Alagoas - Brasil.

² Setor de Biodiversidade e Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas. Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária - Maceió - AL, CEP:57072-900.

*email: brunovilelasilva@hotmail.com

Resumo

As mudanças climáticas do planeta vêm alterando os padrões de distribuição da fauna em todo o globo, o que faz necessário adaptar as estratégias conservacionistas para minimizar tal impacto sobre a biodiversidade. Com o auxílio de técnicas de modelagem de distribuição potencial pode-se ter uma ideia de como as espécies responderão a tais mudanças. Um esforço tem sido feito em criar e adaptar os métodos para espécies raras, os quais atualmente podem ser bastante úteis no direcionamento de novos levantamentos que visem ampliar suas ocorrências. Assim, no presente trabalho foi associado o impacto das mudanças climáticas aos modelos que visem o direcionamento de novos esforços de amostragem para espécies raras, de modo que como resultado indicamos áreas para futuras amostragens, as quais são climaticamente estáveis e ao mesmo tempo podem deter altos índices de riqueza e endemismos, visto a congruência entre os vertebrados. Para tanto aplicamos um método de distância ambiental utilizando a distância euclidiana com espécies endêmicas e ameaçadas de anfíbios anuros raros da Mata Atlântica Setentrional. As projeções indicam que a região que abrange o norte do bioma da Mata Atlântica no Estado de Alagoas e a porção sul no Estado de Pernambuco, Brasil, é de extrema importância para manutenção da biodiversidade. Os modelos gerados apontam para um impacto em nível regional nas espécies estudadas, mostrando assim a importância da escolha dessas áreas estáveis em futuros levantamentos que visem posteriormente a conservação.

Palavras-chaves: Mudanças climáticas. Espécies raras. Anuros. Mata Atlântica.

1. Introdução

O futuro da biodiversidade global é incerto diante das mudanças climáticas (Willis and Bhagwat 2009). Mudanças e deslocamentos da adequabilidade do habitat implicarão em alterações na distribuição e abundância de diversos táxons (Cheung et al. 2009; Laurance et al. 2011; Root et al. 2003; Rosset and Oertli 2011; Sala et al. 2000), uma vez que locais antes favoráveis à ocorrência de determinadas espécies podem não o ser ao longo prazo. Este cenário acarreta uma série de desafios para a conservação, como o possível aumento das taxas de extinção de espécies (Bässler et al. 2010; Carpenter et al. 2008; Rull and Vegas-Vilarrúbia 2006; Schwartz et al. 2006; Thomas et al. 2004), que são agravadas diante da ineficiência de diversas áreas de conservação em manter-se adequadas frente aos mais variados cenários climáticos futuros (D'Amen et al. 2011; Marini et al. 2009; Téllez-Valdés and Dávila-Aranda 2003).

Todavia, quando bem planejadas estas áreas podem desempenhar um papel fundamental para minimizar tais efeitos sobre a biodiversidade (Hannah et al. 2007; Hole et al. 2009). Para tanto, é necessário antecipar-se a esses problemas, levando em consideração as mudanças climáticas no momento da escolha de áreas prioritárias para conservação e no direcionamento de novos estudos (Carvalho et al. 2011; Chu et al. 2005; Heller and Zavaleta 2009; Mawdsley et al. 2009; Poiani et al. 2011). Desse modo, a avaliação dos efeitos do clima sobre a distribuição das espécies permitiria determinar a estabilidade dos locais recomendados. Afinal, as áreas indicadas devem ser adequadas tanto no período atual como no futuro; caso contrário, os objetivos da preservação só terão validade momentânea.

É imprescindível direcionar os esforços de estudos que visem à conservação e estabelecer quais os objetivos a serem alcançados a fim de evitar gastos desnecessários (Gardner et al. 2008). No entanto, indicar áreas prioritárias para o desenvolvimento de pesquisas e ações conservacionistas não é uma tarefa fácil, principalmente quando não se tem informações suficientes sobre a real distribuição dos

indivíduos. Essa é a realidade dos trópicos, onde se encontra a maior riqueza de espécies, mas ao mesmo tempo ainda há uma grande lacuna no conhecimento científico de sua biodiversidade (Collen et al. 2008). Embora essa escassez de conhecimento possa ser um entrave para ações conservacionistas, decisões devem ser tomadas com base nas informações atuais, pois diante das diversas ameaças a biodiversidade, podemos estar perdendo um grande número de espécies sem ao menos conhecê-las (Barnosky et al. 2011).

Espécies raras ou com distribuição limitada são particularmente vulneráveis a processos de extinção (Johnson 1998; Lavergne et al. 2006; Reinhardt et al. 2005), visto que normalmente necessitam de condições ambientais e ecológicas bastante específicas. Porém, muitas dessas espécies continuam desconhecidas e são alocadas na categoria de Dados Insuficientes (DD) apesar de poderem estar potencialmente em risco. Estas espécies, que comumente são endêmicas devido a sua ocorrência restrita, muitas vezes tornam ecossistemas inteiros únicos, que por sua vez viram alvos prioritários para conservação global (e.g. Myers et al. 2000; Roberts et al. 2002). Consequentemente unidades de conservação (UC's) são criadas com o intuito de minimizar ameaças como a perda de habitat e a sobre-exploração. Contudo, nem sempre as UC's são bem planejadas e muitas vezes o sistema de UC's de um bioma deixa desprotegida exatamente as espécies raras e insubstituíveis (Lawler et al. 2003; Marini et al. 2009; Nóbrega and De Marco Jr. 2011). Além disso, o fato dessas áreas normalmente não serem pensadas com a finalidade de aplacar os efeitos das mudanças climáticas é especialmente crítico para espécies com distribuição tão restrita (Malcolm et al. 2006; Morueta-Holme et al. 2010; Ohlemüller et al. 2008).

Alguns autores sugerem que a escolha de vertebrados endêmicos pode ser uma boa alternativa na conservação de todos os outros vertebrados, já que a distribuição dessas espécies está diretamente relacionada aos níveis de riqueza e endemismo de outros táxons do grupo (Lamoreux et al. 2006; Loyola et al. 2007). Desse modo, conhecer a distribuição de espécies endêmicas de um grupo de

vertebrados poderia ser um primeiro passo para indicar áreas de conservação para todos os outros vertebrados. Contudo, seria necessário um grande dispêndio de recursos humanos e financeiros para se conhecer a distribuição atual dessas espécies e ainda assim, não seria possível conhecer sua distribuição futura.

Uma alternativa seria a utilização de técnicas de modelagem ecológica, uma vez que podem ser aplicadas para indicar áreas de distribuição potencial atual e futura, de modo que novas amostragens seriam melhor direcionadas sem grandes investimentos adicionais (Graham et al. 2004; Pawar et al. 2007; Raxworthy et al. 2007; Urbina-Cardona and Flores-Villela 2010). Essas técnicas têm se mostrado eficientes para direcionar novos levantamentos, inclusive, quando utilizadas para espécies raras, com poucos pontos de ocorrência e de distribuição limitada (Giovanelli et al. 2008; Gogol-Prokurat 2011; Hernandez et al. 2006; Jiguet et al. 2010; Marini et al. 2010; Pearson et al. 2007; Suzuki et al. 2008; Thorn et al. 2009), e de fato, experimentos em campo têm validado esses modelos para espécies raras (Aitken et al. 2007; Guisan et al. 2006; Rebelo and Jones 2010; Siqueira et al. 2009). No entanto, os resultados, principalmente quando aplicados a espécies com poucos pontos de ocorrência, devem ser interpretados com cautela, já que estes indicam áreas com atributos ambientais similares às da ocorrência das espécies e não sua distribuição real (Pearson et al. 2007). Somente uma amostragem em campo posterior a modelagem da distribuição potencial embasará completamente o nosso entendimento de quais áreas devem ser escolhidas para conservação (Platts et al. 2010). Desse modo, os resultados apontarão locais onde os esforços de amostragem devem ser direcionados, os quais, após verificação empírica, possam ser indicados para a conservação.

Os anfíbios estão entre os animais que mais sofrerão com as rápidas variações do clima, devido, principalmente, à sua baixa capacidade de dispersão associada à sua sensibilidade às alterações no habitat (Carvalho et al. 2010; Foden et al. 2008; Lawler et al. 2010). Tais mudanças climáticas afetarão drasticamente aspectos de sua fisiologia, com efeitos sobre a reprodução, comportamento, morfologia e sistema imune (Navas

and Otani 2007). Também são apontadas como uma das principais causas e ameaças do declínio de populações deste grupo (D'Amen and Bombi 2009; Pounds et al. 2006; Reading 2007; Wake and Vredenburg 2008), que já apresenta, proporcionalmente, o maior número de espécies ameaçadas dentre os vertebrados (Stuart et al. 2004). Todos esses fatores tornam os anfíbios uma ótima escolha para se avaliar os efeitos das mudanças climáticas sobre os organismos.

Neste trabalho é proposta uma abordagem preliminar para a conservação de vertebrados em uma área de endemismo na porção setentrional do bioma Mata Atlântica, utilizando apenas o conhecimento biogeográfico disponível de espécies de anfíbios anuros endêmicos e levando em consideração as mudanças climáticas. Este bioma apresenta as características ideais para o trabalho, uma vez que possui altos índices de riqueza, endemismo e fragmentação, e ao mesmo tempo algumas regiões ainda são pouco estudadas e protegidas (Ribeiro et al. 2009). A abordagem consiste em cinco etapas: (i) Identificar quais espécies de anfíbios anuros de ambientes florestais são endêmicos da região; (ii) Levantar os dados de distribuição destas espécies; (iii) Indicar as áreas de maior riqueza das espécies em questão; (iv) Identificar as áreas de maior riqueza potencial atual, importantes para novos levantamentos, a partir de modelos de distribuição baseados em distância ambiental; e (v) Identificar, a partir dos modelos, as áreas de maior riqueza que ocorrem em regiões de maior estabilidade climática potencial, sendo especialmente importantes para levantamentos que visem a conservação das espécies de vertebrados no futuro. Os resultados deste trabalho podem ser usados como subsídios para políticas públicas regionais e no direcionamento do esforço de novas pesquisas na Mata Atlântica setentrional.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

A Mata Atlântica está localizada ao longo de toda a costa leste brasileira e em uma pequena porção do Paraguai e Argentina, abrangendo uma extensa amplitude

latitudinal, o que acarreta grande heterogeneidade climática. Sendo assim, foi dividida em oito Sub-Regiões Biogeográficas baseada em áreas de endemismos e transição (sensu Silva and Casteleti 2003). O presente trabalho foi realizado na Sub-Região Biogeográfica (SRB) Pernambuco, localizada na porção setentrional do bioma. Ribeiro et al. (2011) realizaram ainda uma subdivisão desta SRB, utilizando modelos climáticos, classificando-a em: PE-Mata Pernambucana (Região centro-sul do Estado de Alagoas até o Sul do Estado da Paraíba) e PE-Alagoas (extremo sul Estado de Alagoas).

2.2. Levantamento das espécies endêmicas e dados de ocorrência

Na SRB Pernambuco está localizado um dos *hotspots* para conservação de anuros dentro do *hotspot* Mata Atlântica (Carnaval et al. 2009). Lá, encontram-se as espécies alvos deste estudo. Foram feitos levantamentos bibliográficos para identificar todas as espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção que habitam áreas florestais desta SRB e posteriormente foi realizado o levantamento de dados de ocorrência dessas espécies.

Para identificar os dados de ocorrência de cada espécie, foram feitas buscas na literatura especializada, coleções zoológicas e em bancos de dados de coleções online. Sempre que possível foram obtidas as coordenadas específicas onde os indivíduos foram encontrados. Todavia, algumas vezes as coordenadas indicadas se referem a localidade ou a uma aproximação desta, um problema bastante comum quando se trabalha com distribuição potencial, visto que o uso de GPS em campo foi difundido recentemente, principalmente nos trópicos (Cayuela et al. 2009; De Marco Jr. and Siqueira 2009). Para minimizar este erro, todas as coordenadas foram verificadas sobrepondo-se os *shapfiles* de fragmentos florestais e de unidades de conservação (disponíveis em: <http://mapas.sosma.org.br/>), com os pontos de ocorrência, e quando necessário as coordenadas foram alteradas para se adequarem à localidade descrita na fonte onde os dados foram obtidos. Em alguns casos foram utilizadas as coordenadas foram obtidas novamente em campo. Ainda assim, dados que não puderam ser

verificados e/ou de identificação taxonômica duvidosa, foram eliminados das análises. Na próxima subseção (2.3) é discutida a implicação da utilização das coordenadas aproximadas nos modelos de distribuição potencial e o que foi feito para aplacar essa diferença.

2.3. Variáveis ambientais

Para gerar os modelos de distribuição atual, os dados climáticos e topográfico foram obtidos da base do Worldclim (<http://www.worldclim.org/current.htm>; Hijmans et al. 2005). Para as projeções futuras, foi utilizado do modelo climático CCM3 (<http://www.diva-gis.org/climate>; Govindasamy et al. 2003), o qual é considerado otimista e prevê um aumento de 2,5°C na temperatura média do planeta até o ano de 2100. Esse modelo climático foi escolhido, especialmente por possuir uma escala espacial original mais fina, de modo que permite uma análise regional mais adequada (para mais detalhes ver Govindasamy et al. 2003). Todas as variáveis foram restringidas ao Brasil antes dos modelos serem gerados, visto que a calibração pode influenciá-los (Giovanelli et al. 2010).

Foi utilizada uma variável topográfica de altitude e 13 variáveis ambientais derivadas de dados de temperatura e pluviometria: (1) Amplitude das temperaturas médias dos meses, (2) Isotermalidade (variável 1 dividida pela variável 4, e posteriormente multiplicado por 100), (3) Sazonalidade da temperatura (desvio padrão multiplicado por 100), (4) Temperatura máxima do mês mais quente, (5) Temperatura mínima do mês mais frio, (6) Amplitude da temperatura anual, (7) Média da temperatura do trimestre mais úmido, (8) Média da temperatura do trimestre mais frio, (9) Precipitação média do mês mais úmido, (10) Sazonalidade da precipitação (coeficiente de variação), (11) Precipitação média do trimestre mais seco, (12) Precipitação média do trimestre mais quente e (13) Precipitação média do trimestre mais frio. As variáveis escolhidas foram as que mais influenciaram o modelo gerado a partir de todos os dados

de ocorrência das espécies ao mesmo tempo, conforme resultado apontado pelo teste de *Jackknife*.

A escala das variáveis utilizadas foi de 2,5 arc-min (25km^2), que não representa a resolução espacial mais fina disponível. Essa escolha visou minimizar possíveis problemas que poderiam ser gerados pela falta de precisão das coordenadas geográficas, principalmente, porque como já foi dito, muitos dados utilizados foram obtidos da localidade como um todo, e não do ponto específico de encontro do indivíduo. Uma resolução muito fina poderia gerar uma grande mudança nos mapas, já que para espécies com tão poucos pontos de ocorrência cada ponto tem uma grande representatividade no modelo. Do mesmo modo, não foi utilizada uma resolução ainda mais grosseira (10 ou 5 arc- min) tendo em vista que os municípios e as localidades da região onde as espécies ocorrem são relativamente pequenos. Assim sendo, os mapas finais gerados apontam quadrantes que podem conter mais de um fragmento florestal em toda a área.

2.4. Modelo de distribuição potencial

O método utilizado para a modelagem de distribuição potencial (MDP) foi o de distância ambiental utilizando a distância euclidiana, visto que um modelo mais simples, como esse, é preferível para direcionar novas amostragens de espécies que possuem tão poucos pontos de ocorrência (De Marco Jr. and Siqueira 2009; Siqueira et al. 2009). Os modelos foram executados no programa *OppenModeller Desktop* versão 1.1.0 (Muñoz et al. 2009) individualmente para cada espécie para o período climático atual (1950 – 2000) e para o período climático futuro (2100) (detalhes das variáveis ambientais na subseção 2.3). Os modelos foram projetados no programa *Diva-Gis* (v. 7.4).

A distância euclidiana foi calculada a partir do centróide de todos os pontos de presença no espaço ecológico e a distância máxima (opção *Maximum Distance*) utilizada para gerar os modelos no *OppenModeller Desktop* (v. 1.1.0) foi de 0,008. Os

mapas gerados foram transformados em projeções de presença e ausência utilizando um ponto de corte de 90% de adequabilidade ambiental para a espécie. Todas as decisões foram tomadas de modo que foi preferível cometer um erro de omissão a um erro de sobre-previsão, porque precisamos indicar áreas onde haja uma alta probabilidade de ocorrência da espécie a fim de centrar os esforços, e não estimar a extensão da ocorrência das espécies. Testes de eficácia como o ROC – AUC (*area under the Receiver Operating Characteristics curve*) não se aplicam a esse tipo de modelo, portanto não são apresentados (ver Lobo et al. 2008).

Os mapas de presença e ausência das espécies foram sobrepostos para cada projeção climática (período atual e futuro) individualmente, o que gerou um mapa atual e um mapa futuro de riqueza potencial das espécies em questão. Posteriormente, procurando impedir grandes problemas de sobre-previsão e tendo em vista que o objetivo é de indicar um plano prático a nível local, os mapas foram limitados à SBR Pernambuco e aos Estados que apresentaram ao menos um registro de espécie endêmica. Para evitar indicar áreas onde não houvesse ambientes florestais foram feitos cortes de quadrantes que não apresentavam pelo menos um fragmento florestal de Mata Atlântica, a partir de um *shapefile* de remanescentes florestais da Mata Atlântica disponível no site da Fundação SOS Mata Atlântica (<http://mapas.sosma.org.br/>). Assim, foram criados mapas da distribuição potencial de espécies de anfíbios anuros endêmicos e ameaçados da Mata Atlântica SBR Pernambuco tanto para o futuro quanto para o presente.

Contrastando-se os mapas de presença e ausência atual e futuro de cada espécie individualmente, foi possível identificar áreas adequadas climaticamente tanto no período atual quanto no período futuro, de modo que foi gerado um mapa final representando áreas de estabilidade climática para as espécies. Posteriormente esses mapas foram sobrepostos, de modo que obtivemos um mapa de riqueza das espécies apenas em áreas potencialmente estáveis diante das mudanças climáticas. Assim,

podemos direcionar novos esforços de coleta nas áreas estáveis que concentrem a maior riqueza das espécies em questão.

3. Resultados

Foram identificadas dez espécies endêmicas de anfíbios anuros na SBR Pernambuco (tabela 1), sendo nove classificadas na categoria de Dados Insuficientes (DD): *Chiasmocleis alagoanus* Cruz, Caramaschi, e Freire, 1999, *Crossodactylus dantei* Carcerelli e Caramaschi, 1993, *Dendropsophus studerae* (Carvalho-e-Silva, Carvalho-e-Silva, e Izecksohn, 2003), *Hypsiboas freicanecae* (Carnaval e Peixoto, 2004), *Phyllodytes edelmoi* Peixoto, Caramaschi, e Freire, 2003, *Phyllodytes gyrinaethes* Peixoto, Caramaschi, e Freire, 2003, *Physalaemus caete* Pombal e Madureira, 1997, *Scinax muriciensis* Cruz, Nunes e De Lima, 2011, *Scinax skuki* De Lima, Cruz e Azevedo Júnior, 2011; e uma espécie que aparece na lista brasileira de espécies ameaçadas de extinção na categoria Criticamente em Perigo (CR): *Agalychnis granulosa* (Cruz, 1989).

Essas espécies são conhecidas em 19 localidades, distribuídas em 17 municípios pertencentes aos Estados de Alagoas (AL), Pernambuco (PE) e Paraíba (PB) (FIGURA 1; APÊNDICE 1). As espécies apresentaram entre 1 e 10 pontos de ocorrência, sendo que quatro espécies são conhecidas apenas para a sua localidade-tipo: *C. dantei*, *D. studerae*, *S. muriciensis* e *S. skuki*. A espécie que apresentou a distribuição mais ampla foi *C. alagoanus*, com cerca de 290km de distância entre os pontos mais extremos. *Agalychnis granulosa* apresentou o maior número de pontos de ocorrência (n=10), sendo que um registro na literatura para o Estado da Bahia (Freitas et al. 2008) não foi considerado por se tratar de uma classificação taxonômica equivocada. Além disso, o registro de *A. granulosa* para a localidade de Brejo Madre de Deus (PE) não foi considerado nos modelos visto a impossibilidade de confirmar as coordenadas disponibilizadas no trabalho.

Tabela 1. Lista das espécies de anfíbios anuros endêmicos e/ou ameaçados da SBR Pernambuco, com família, status de conservação e localidades.

Espécie	Família	Status	Localidades*
<i>Agalychnis granulosa</i>	Hylidae	CR/LC**	2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 15,16
<i>Chiasmocleis alagoanus</i>	Microhylidae	DD	1, 4, 8, 16
<i>Crossodactylus dantei</i>	Hylodidae	DD	11
<i>Dendropsophus sturderae</i>	Hylidae	DD	10
<i>Hypsiboas freicanecae</i>	Hylidae	DD	7, 11
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	Hylidae	DD	7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
<i>Phyllodytes gyrinaethes</i>	Hylidae	DD	7, 11
<i>Physalaemus caete</i>	Leiuperidae	DD	11, 13
<i>Scinax muriciensis</i>	Hylidae	DD	11
<i>Scinax skuki</i>	Hylidae	DD	16

* As localidades se referem aos quadrantes no mapa (Fig. 1), os quadrante 5 e 16 abrangem duas localidades. Para mais detalhes das localidades ver apêndice 2.

** Classificada com CR na lista brasileira e LC na lista internacional.

Após a verificação dos dados, constatou-se que cerca de 75% dos pontos de ocorrência encontrados tiveram suas coordenadas geográficas disponibilizadas de maneira imprecisa ou incorreta. Contudo, foi possível recuperar as coordenadas geográficas desses pontos de ocorrência por meio da localidade descrita. Para tanto recorreu-se a dados pessoais, outras fontes de bibliografia, a imagens de satélite do Google Earth (v. 6.1.0.5001) e a shapefiles de unidades de conservação e de fragmentos florestais.

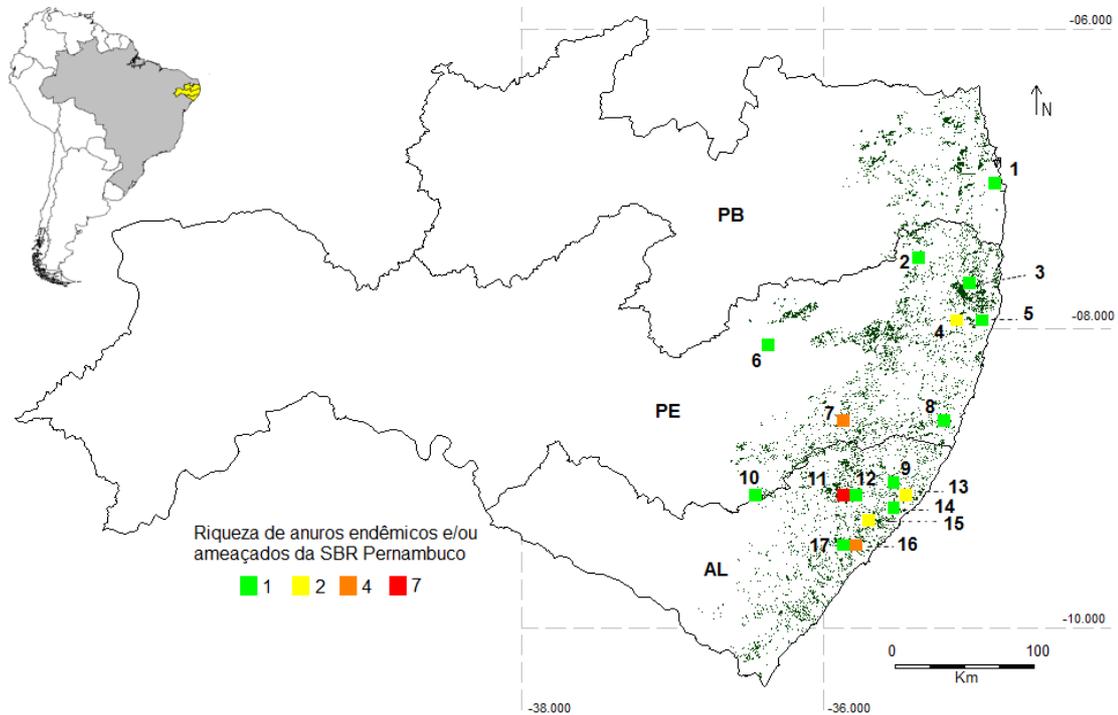


Figura 1. Distribuição e riqueza de espécies de anfíbios anuros endêmicas e/ou ameaçadas da Sub-Região Biogeográfica Pernambuco. Grids de 5 arc-min. Em destaque os fragmentos florestais dos Estados brasileiros da Paraíba(PB), Pernambuco(PE) e Alagoas(AL). 1- João Pessoa (PB); 2 - Timbaúba (PE); 3 - Igarassu (PE); 4 - São Lourenço da Mata (PE); 5 - Recife e Camaragibe (PE); 6 - Brejo da Madre de Deus (PE); 7 - Jaqueira (PE); 8 - Tamandaré (PE); 9 - Matriz de Camaragibe (AL); 10 - Quebrangulo (AL); 11 - Murici (AL); 12 - Flexeiras (AL); 13 - Passo de Camaragibe (AL); 14 - São Luís do Quitunde (AL); 15 - Maceió; 16 - Maceió e Rio Largo (AL); 17 - Rio Largo (AL). Ver apêndice 2 para mais detalhes dos locais.

Foram gerados 10 mapas atuais de distribuição potencial (um para cada espécie), posteriormente somados em um único mapa de riqueza potencial atual (FIGURA 2a). Igualmente, foram gerados 10 mapas de distribuição potencial futura, os quais também foram somados em um único mapa de riqueza potencial futura (FIGURA 2b). Verificou-se que todas as espécies apresentaram perda de área de adequabilidade climática diante das mudanças futuras, variando de 4 a 60% ($\bar{x} = 40$; DP 18).

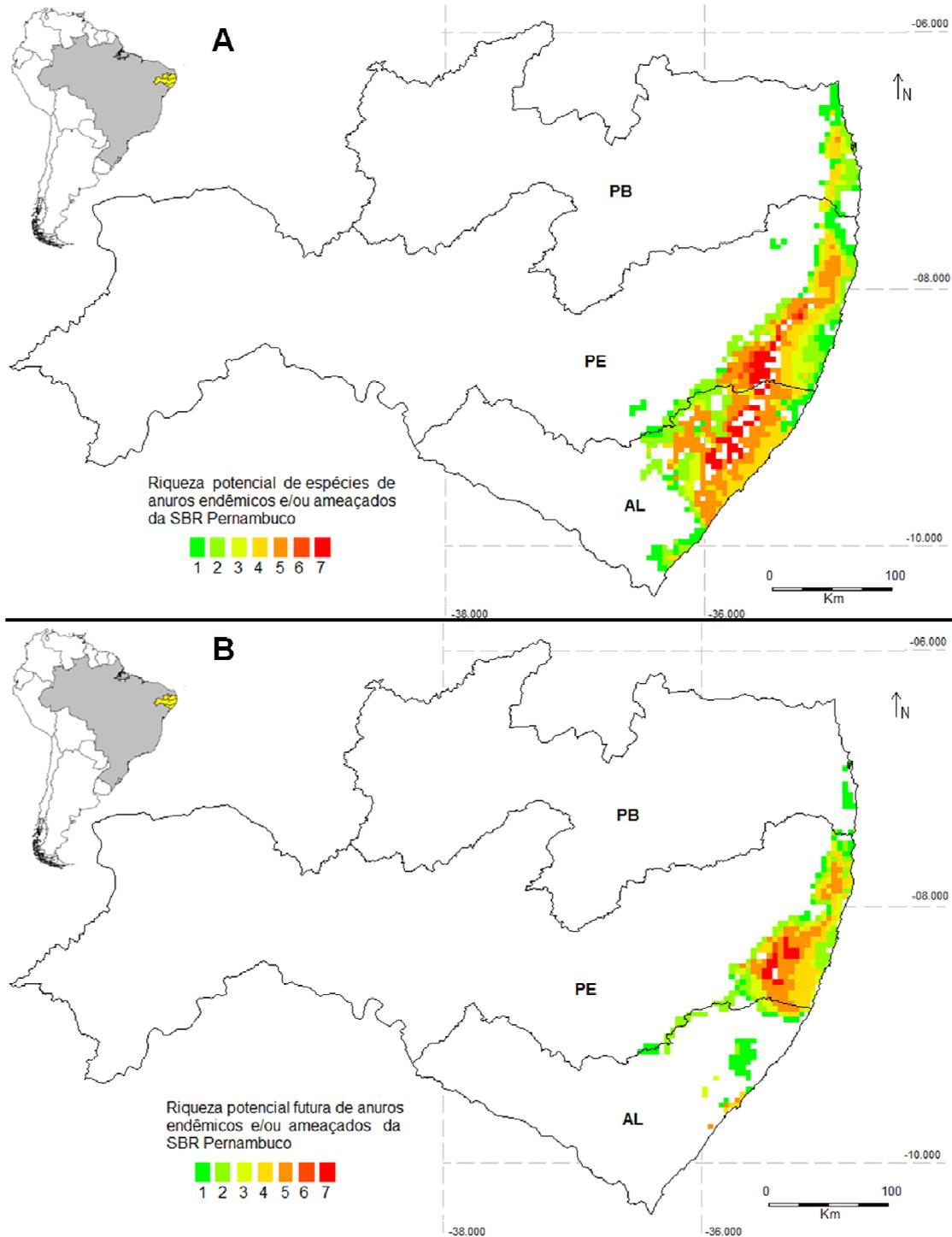


Figura 2. Riqueza potencial atual (A) e futura (B) de espécies de anfíbios anuros endêmicas e/ou ameaçadas da Sub-Região Biogeográfica Pernambuco. Em destaque os Estados brasileiros da Paraíba (PB), Pernambuco (PE) e Alagoas (AL).

Todas as espécies de anfíbios anuros endêmicos e/ou ameaçados da SBR Pernambuco apresentaram áreas de sobreposição entre seu mapa de distribuição potencial atual e seu mapa futuro, de modo que foi possível gerar um mapa de riqueza em áreas estáveis (FIGURA 3). Levando em consideração esses pontos de intersecção dos mapas e a complementariedade entre a composição de espécies de cada local, indicamos duas áreas que deveriam ser foco de futuros levantamentos na região. Ambas estão localizadas entre o sul do Estado de Pernambuco e norte do Estado de Alagoas, sendo uma área maior ao leste e uma área menor mais ao oeste, que caso não fosse incluída deixaria de fora a espécie *D. studerae* (círculos A e B na FIGURA 3).

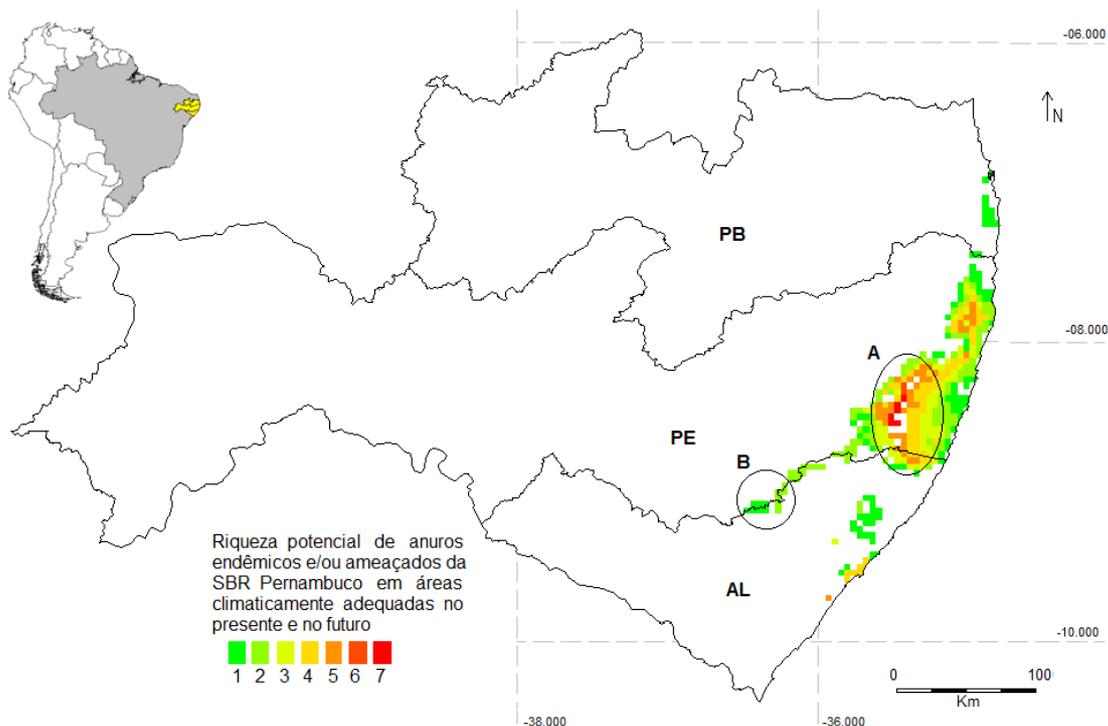


Figura 3. Riqueza potencial de espécies de anfíbios anuros endêmicas e/ou ameaçadas da Sub-Região Biogeográfica Pernambuco em áreas que o modelo aponta como estáveis para a ocorrência das espécies diante das mudanças climáticas futuras. Os círculo A e B representam áreas que se complementam em termos de composição de espécies. Em destaque os Estados brasileiros da Paraíba (PB), Pernambuco (PE) e Alagoas (AL).

4. Discussão

O número de espécies de anfíbios anuros endêmicos encontrados na SBR Pernambuco reforça a importância da região para a conservação da fauna de vertebrados da Mata Atlântica, uma vez que é esperado que exista uma grande congruência entre a ocorrência de vertebrados endêmicos e a riqueza de vertebrados (Lamoreux et al. 2006; Loyola et al. 2007). Além disso, o número de espécies endêmicas aponta para uma história evolutiva singular da região, como já afirmado por Carnaval et al. (2009). Também é possível verificar que a distribuição conhecida e potencial das espécies está restrita à Subdivisão PE-Mata Pernambucana da SBR Pernambuco - Região centro-sul do Estado de Alagoas até o Sul do Estado da Paraíba (Ribeiro et al. 2011). Uma vez que essa subdivisão foi proposta com base em aspectos macroclimáticos, poderíamos inferir que há uma relação forte da distribuição dessas espécies com aspectos climáticos atuais, o que favorece o uso de modelos climáticos para prever sua distribuição.

Utilizando apenas os dados brutos (isto é, sem os modelos gerados) seria possível indicar três áreas que abrangem todas as espécies levando em consideração a complementaridade de composição. Estas áreas seriam: a Estação Ecológica de Murici, no município de Murici, Alagoas; a Mata do Catolé, localizada na Área de Proteção Ambiental do Catolé, município de Maceió, Alagoas; e a Reserva Biológica de Pedra Talhada do município de Quebrangulo, Alagoas. Porém, embora poucos pontos de ocorrência sejam registrados para cada espécie, não é possível afirmar que essas sejam de fato restritas a essas localidades. Outras possibilidades devem ser consideradas (ver, por exemplo, Siqueira et al. 2009) para esse baixo número de registros: (i) as espécies podem possuir reprodução explosiva (por exemplo, *C. alagoanus*), o que dificulta o seu encontro na natureza; (ii) a metodologia de coleta utilizada nos levantamentos pode não ser eficiente na captura de algumas dessas espécies; (iii) a lacuna na distribuição das espécies pode ser um reflexo do baixo número de pesquisadores e centros de pesquisa na região; ou, (iv) as espécies foram

recentemente descritas e ainda são carentes de dados, como é o caso de *S. muriciensis* e *S. skuki* descritas em 2011.

A importância da MDP reflete exatamente essa lacuna existente no conhecimento da distribuição real das espécies. O mapa de distribuição da riqueza potencial atual (FIGURA 2b) ilustra o padrão de riqueza esperado, e dentre as áreas com maior riqueza, poucas possuem registros, como as áreas no município de Joaquim Gomes (AL), Água Preta (PE) e Palmares (PE), por exemplo. Assim, essa projeção pode ser utilizada para direcionar novos levantamentos que visem ampliar a distribuição conhecida das espécies, reduzindo o tempo e os custos necessários para obter novos registros da sua distribuição. Além disso, considerando o alto índice de endemismo da região, o que é confirmado pela presença de outros vertebrados endêmicos (Costa et al. 2000; Ferrarezzi and Freire 2001; Pontes et al. 2006; Silva et al. 2004), é possível que novas espécies possam ocorrer nesta área, de forma que a identificação dos espécimes coletados na região deve ser cuidadosa.

As espécies possuem uma dinâmica espacial ao longo do tempo que acompanha as mudanças climáticas, e desconsiderar isso poderia trazer grandes prejuízos ao futuro da biodiversidade. É possível verificar uma grande variação entre os mapas de riqueza potencial atual e futuro (FIGURAS 2a e 2b), e é alarmante o fato de que uma perda média de 40% de área de distribuição potencial seja prevista mesmo com um cenário climático otimista. Assim sendo, em complementação à abordagem “tradicional” (utilizando apenas os dados brutos, e/ou o modelo atual) apresentada acima, seria de grande importância direcionar novos levantamentos para as áreas que se mostram estáveis (FIGURA 3). Caso as espécies de fato ocorram nesses locais, estes poderiam se tornar UC's, as quais devem ser capazes de manter as condições climáticas necessárias para a ocorrência das espécies utilizadas neste estudo. Os quadrantes apresentaram valores entre 1 e 7 de riqueza, e visto que foram registradas 10 espécies, os levantamentos devem ser direcionados para mais de uma área, se a complementaridade entre os locais for levado em conta. Finalmente, uma vez que os

modelos não indicaram uma única área geograficamente restrita que possa manter todas as espécies, poderia se pensar na criação de corredores ecológicos visando o deslocamento futuro dos indivíduos.

É preciso lembrar que os modelos gerados não refletem a extensão e nem leva em consideração todas as possibilidades de locais de ocorrência das espécies, e foram criados com a intenção de serem restritos. Como este trabalho visa direcionar novos levantamentos, ampliar demais as possibilidades não nos ajudaria a priorizar locais, e perderia sua função de maximizar a eficiência de futuros esforços. Portanto, é possível que haja muitos erros de omissão nos mapas gerados, em contrapartida a poucos de sobre-previsão: ou seja, as áreas indicadas tem alta adequabilidade climática, mas estas devem possuir distribuição mais ampla do que o previsto aqui. Assim, essas áreas apresentam uma grande semelhança com as áreas atualmente conhecidas de ocorrência das espécies, o que aumenta muito a sua probabilidade de ocorrência, mesmo que estejamos modelando apenas o Nicho Grinelliano (Soberon 2007).

Em nível regional esta metodologia se mostrou bastante satisfatória, mas é preciso deixar claro que a verificação detalhada dos dados (principalmente dos mais antigos) é essencial para o sucesso de trabalhos que visem modelar a distribuição potencial de espécies raras, para as quais cada registro de coleta pode ter grande impacto na projeção final. Durante o processo de verificação dos dados deste trabalho, alguns erros só puderam ser identificados e corrigidos devido à experiência adquirida anteriormente em pesquisas na região, demonstrando que é necessário ter um bom conhecimento do táxon e da região em que este tipo de metodologia for aplicada. Uma alternativa é a realização de parcerias entre pesquisadores das localidades trabalhadas, especialistas no táxon e ecólogos que dominem esses métodos, de modo que os resultados passariam pelo crivo de diferentes especialistas, aumentando a chance de que o modelo gerado represente a realidade.

5. Conclusão

A região que abrange o norte do bioma da Mata Atlântica no Estado de Alagoas e a porção sul no Estado de Pernambuco é de extrema importância para manutenção da biodiversidade. As projeções climáticas futuras indicam que uma área ainda menor se manterá estável para a ocorrência das espécies estudadas, essa se restringe ainda mais ao norte de Alagoas e mais ao sul de Pernambuco. Assim sendo, visto sua história evolutiva, padrão de endemismo e estabilidade climática, essa região deve ser um alvo prioritário para novas pesquisas que visem a conservação da fauna de vertebrados.

A diferença encontrada entre o mapa de distribuição potencial atual e futuro mostra que o deslocamento e a mudança da adequabilidade ambiental devem ser levados em consideração na conservação das espécies e na determinação de . Está claro que, mesmo em nível local, as condições ambientais determinantes para a distribuição das espécies irão mudar. Por isso é importantíssimo o trabalho de verificar áreas que se manterão potencialmente estáveis para a ocorrência das espécies. A metodologia aplicada representa uma boa alternativa para levar em consideração as mudanças climáticas no direcionamento de novos estudos com espécies raras, antecipando esse fator diretamente nos levantamentos ao invés de esperar até a escolha das UC's. O método também pode ser aplicado para explorar aspectos individuais como os efeitos das mudanças climáticas nas espécies raras.

Agradecimentos

Ao professor Garbiel Skuk e ao professor Miguel Trefaut por ajudas no desenvolvimento do trabalho. Bruno Vilela agradece a CAPES e a FAPEAL pelo suporte financeiro.

Referências

Aitken, M., Roberts, D.W., Shultz, L.M., 2007. Modeling Distributions of Rare Plants in the Great Basin, Western North America. *Western North American Naturalist* 67, 26-38.

Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O.U., Swartz, B., Quental, T.B., Marshall, C., McGuire, J.L., Lindsey, E.L., Maguire, K.C., Mersey, B., Ferrer, E.A., 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471, 51-57.

Bässler, C., Müller, J., Hothorn, T., Kneib, T., Badeck, F., Dziöck, F., 2010. Estimation of the extinction risk for high-montane species as a consequence of global warming and assessment of their suitability as cross-taxon indicators. *Ecological Indicators* 10, 341-352.

Carnaval, A.C., Hickerson, M.J., Haddad, C.F.B., Rodrigues, M.T., Moritz, C., 2009. Stability Predicts Genetic Diversity in the Brazilian Atlantic Forest Hotspot. *Science* 323, 785-789.

Carpenter, K.E., Abrar, M., Aeby, G., Aronson, R.B., Banks, S., Bruckner, A., Chiriboga, A., Cortés, J., Delbeek, J.C., DeVantier, L., Edgar, G.J., Edwards, A.J., Fenner, D., Guzmán, H.M., Hoeksema, B.W., Hodgson, G., Johan, O., Licuanan, W.Y., Livingstone, S.R., Lovell, E.R., Moore, J.A., Obura, D.O., Ochavillo, D., Polidoro, B.A., Precht, W.F., Quibilan, M.C., Reboton, C., Richards, Z.T., Rogers, A.D., Sanciangco, J., Sheppard, A., Sheppard, C., Smith, J., Stuart, S., Turak, E., Veron, J.E.N., Wallace, C., Weil, E., Wood, E., 2008. One-Third of Reef-Building Corals Face Elevated Extinction Risk from Climate Change and Local Impacts. *Science* 321, 560-563.

Carvalho, S.B., Brito, J.C., Crespo, E.G., Watts, M.E., Possingham, H.P., 2011. Conservation planning under climate change: Toward accounting for uncertainty in predicted species distributions to increase confidence in conservation investments in space and time. *Biological Conservation* 144, 2020-2030.

Carvalho, S.B., Brito, J.C., Crespo, E.J., Possingham, H.P., 2010. From climate change predictions to actions - conserving vulnerable animal groups in hotspots at a regional scale. *Global Change Biology* 16, 3257-3270.

Cayuela, L., Golicher, D., Newton, A., Kolb, H., de Albuquerque, F., Arets, E., Alkemade, J., Pérez, A., 2009. Species distribution modeling in the tropics: problems, potentialities, and the role of biological data for effective species conservation. *Tropical Conservation Science* 2, 319–352.

Cheung, W.W.L., Lam, V.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R., Pauly, D., 2009. Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries* 10, 235-251.

Chu, C., Mandrak, N.E., Minns, C.K., 2005. Potential impacts of climate change on the distributions of several common and rare freshwater fishes in Canada. *Diversity and Distributions* 11, 299-310.

Collen, B., Ram, M., Zamin, T., McRae, L., 2008. The tropical biodiversity data gap: addressing disparity in global monitoring. *Tropical Conservation Science* 1, 75-88.

Costa, L.P., Leite, Y.L.R., da Fonseca, G.A.B., da Fonseca, M.T., 2000. Biogeography of South American forest mammals: Endemism and diversity in the Atlantic Forest. *Biotropica* 32, 872-881.

D'Amen, M., Bombi, P., 2009. Global warming and biodiversity: Evidence of climate-linked amphibian declines in Italy. *Biological Conservation* 142, 3060-3067.

D'Amen, M., Bombi, P., Pearman, P.B., Schmatz, D.R., Zimmermann, N.E., Bologna, M.A., 2011. Will climate change reduce the efficacy of protected areas for amphibian conservation in Italy? *Biological Conservation* 144, 989-997.

De Marco Jr., P., Siqueira, M.F., 2009. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? *Megadiversidade* 5, 66-76.

Ferrarezzi, H., Freire, E.M.X., 2001. New species of *Bothrops* Wagler, 1824 from the Atlantic forest of northeastern Brazil (Serpentes, Viperidae, Crotalinae). *Boletim do Museu Nacional, Nova Serie, Zoologia* 440, 1-10.

Foden, W., Mace, G., Vié, J.-C., Angulo, A., Butchart, S., DeVantier, L., Dublin, H., Gutsche, A., Stuart, S., Turak, E., 2008. Species susceptibility to climate change impacts. IUCN, Gland, Switzerland.

Freitas, M.A.d., Silva, T.F.S., Fonseca, P.M., Abreu, R.O.d., 2008. *Hylomantis granulosa*. Herpetological Review 39.

Gardner, T.A., Barlow, J., Araujo, I.S., Avila-Pires, T.C., Bonaldo, A.B., Costa, J.E., Esposito, M.C., Ferreira, L.V., Hawes, J., Hernandez, M.I.M., Hoogmoed, M.S., Leite, R.N., Lo-Man-Hung, N.F., Malcolm, J.R., Martins, M.B., Mestre, L.A.M., Miranda-Santos, R., Overal, W.L., Parry, L., Peters, S.L., Ribeiro-Junior, M.A., da Silva, M.N.F., Motta, C.d.S., Peres, C.A., 2008. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. Ecology Letters 11, 139-150.

Giovanelli, J.G.R., Araujo, C.O., Haddad, C.F.B., Alexandrino, J., 2008. Modelagem do nicho ecológico de *Phyllomedusa ayeaye* (Anura: Hylidae): previsão de novas áreas de ocorrência para uma espécie rara. Neotropical Biology 3, 59-65.

Giovanelli, J.G.R., de Siqueira, M.F., Haddad, C.F.B., Alexandrino, J., 2010. Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: How the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods. Ecological Modelling 221, 215-224.

Gogol-Prokurat, M., 2011. Predicting habitat suitability for rare plants at local spatial scales using a species distribution model. Ecological Applications 21, 33-47.

Govindasamy, B., Duffy, P.B., Coquard, J., 2003. High-resolution simulations of global climate, part 2: effects of increased greenhouse cases. Climate Dynamics 21, 391-404.

Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C., Peterson, A.T., 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. Trends in Ecology & Evolution 19, 497-503.

- 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* 20, 501-511.
- Hannah, L., Midgley, G., Andelman, S., Araujo, M., Hughes, G., Martinez-Meyer, E., Pearson, R., Williams, P., 2007. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5, 131-138.
- Heller, N.E., Zavaleta, E.S., 2009. Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation* 142, 14-32.
- Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master, L.L., Albert, D.L., 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29, 773-785.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965-1978.
- Hole, D.G., Willis, S.G., Pain, D.J., Fishpool, L.D., Butchart, S.H.M., Collingham, Y.C., Rahbek, C., Huntley, B., 2009. Projected impacts of climate change on a continent-wide protected area network. *Ecology Letters* 12, 420-431.
- Jiguet, F., Barbet-Massin, M., Henry, P.Y., 2010. Predicting potential distributions of two rare allopatric sister species, the globally threatened *Doliornis cotingas* in the Andes. *Journal of Field Ornithology* 81, 325-339.
- Johnson, C.N., 1998. Species extinction and the relationship between distribution and abundance. *Nature* 394, 272-274.
- Lamoreux, J.F., Morrison, J.C., Ricketts, T.H., Olson, D.M., Dinerstein, E., McKnight, M.W., Shugart, H.H., 2006. Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. *Nature* 440, 212-214.

Laurance, W.F., Carolina Useche, D., Shoo, L.P., Herzog, S.K., Kessler, M., Escobar, F., Brehm, G., Axmacher, J.C., Chen, I.C., Gámez, L.A., Hietz, P., Fiedler, K., Pyrcz, T., Wolf, J., Merkord, C.L., Cardelus, C., Marshall, A.R., Ah-Peng, C., Aplet, G.H., del Coro Arizmendi, M., Baker, W.J., Barone, J., Brühl, C.A., Bussmann, R.W., Cicuzza, D., Eilu, G., Favila, M.E., Hemp, A., Hemp, C., Homeier, J., Hurtado, J., Jankowski, J., Kattán, G., Kluge, J., Krömer, T., Lees, D.C., Lehnert, M., Longino, J.T., Lovett, J., Martin, P.H., Patterson, B.D., Pearson, R.G., Peh, K.S.H., Richardson, B., Richardson, M., Samways, M.J., Senbeta, F., Smith, T.B., Utteridge, T.M.A., Watkins, J.E., Wilson, R., Williams, S.E., Thomas, C.D., 2011. Global warming, elevational ranges and the vulnerability of tropical biota. *Biological Conservation* 144, 548-557.

Lavergne, S., Molina, J., Debussche, M., 2006. Fingerprints of environmental change on the rare Mediterranean flora: a 115-year study. *Global Change Biology* 12, 1466-1478.

Lawler, J.J., Shafer, S.L., Blaustein, A.R., 2010. Projected Climate Impacts for the Amphibians of the Western Hemisphere. *Conservation Biology* 24, 38-50.

Lawler, J.J., White, D., Sifneos, J.C., Master, L.L., 2003. Rare species and the use of indicator groups for conservation planning. *Conservation Biology* 17, 875-882.

Lobo, J.M., Jimenez-Valverde, A., Real, R., 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17, 145-151.

Loyola, R.D., Kubota, U., Lewinsohn, T.M., 2007. Endemic vertebrates are the most effective surrogates for identifying conservation priorities among Brazilian ecoregions. *Diversity and Distributions* 13, 389-396.

Malcolm, J.R., Liu, C.R., Neilson, R.P., Hansen, L., Hannah, L., 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* 20, 538-548.

- Marini, M.A., Barbet-Massin, M., Lopes, L.E., Jiguet, F., 2009. Predicted Climate-Driven Bird Distribution Changes and Forecasted Conservation Conflicts in a Neotropical Savanna. *Conservation Biology* 23, 1558-1567.
- Marini, M.A., Barbet-Massin, M., Lopes, L.E., Jiguet, F., 2010. Predicting the occurrence of rare Brazilian birds with species distribution models. *Journal of Ornithology* 151, 857-866.
- Mawdsley, J.R., O'Malley, R., Ojima, D.S., 2009. A Review of Climate-Change Adaptation Strategies for Wildlife Management and Biodiversity Conservation. *Conservation Biology* 23, 1080-1089.
- Morueta-Holme, N., Flojgaard, C., Svenning, J.-C., 2010. Climate Change Risks and Conservation Implications for a Threatened Small-Range Mammal Species. *Plos One* 5, e10360.
- Muñoz, M.E.S., Giovanni, R., Siqueira, M.F., Sutton, T., Brewer, P., Pereira, R.S., Canhos, D.A.L., Canhos, V.P., 2009. OpenModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling. *Geoinformatica* 15, 111-135.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853-858.
- Navas, C.A., Otani, L., 2007. Physiology, environmental change, and anuran conservation. *Phyllomedusa* 6, 83-103.
- Nóbrega, C.C., De Marco Jr., P., 2011. Unprotecting the rare species: a niche-based gap analysis for odonates in a core Cerrado area. *Diversity and Distributions* 17, 491-505.
- Ohlemüller, R., Anderson, B.J., Araújo, M.B., Butchart, S.H.M., Kudrna, O., Ridgely, R.S., Thomas, C.D., 2008. The coincidence of climatic and species rarity: high risk to small-range species from climate change. *Biology Letters* 4, 568-572.

- Pawar, S., Koo, M.S., Kelley, C., Ahmed, M.F., Chaudhuri, S., Sarkay, S., 2007. Conservation assessment and prioritization of areas in Northeast India: Priorities for amphibians and reptiles. *Biological Conservation* 136, 346-361.
- Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M., Peterson, A.T., 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34, 102-117.
- Platts, P.J., Ahrends, A., Gereau, R.E., McClean, C.J., Lovett, J.C., Marshall, A.R., Pellikka, P.K.E., Mulligan, M., Fanning, E., Marchant, R., 2010. Can distribution models help refine inventory-based estimates of conservation priority? A case study in the Eastern Arc forests of Tanzania and Kenya. *Diversity and Distributions* 16, 628-642.
- Poiani, K., Goldman, R., Hobson, J., Hoekstra, J., Nelson, K., 2011. Redesigning biodiversity conservation projects for climate change: examples from the field. *Biodiversity and Conservation* 20, 185-201.
- Pontes, A.R.M., Malta, A., Asfora, P.H., 2006. A new species of capuchin monkey, genus *Cebus* Erxleben (Cebidae, Primates): found at the very brink of extinction in the Pernambuco Endemism Centre. *Zootaxa*, 1-12.
- Pounds, J.A., Bustamante, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P.L., Foster, P.N., La Marca, E., Masters, K.L., Merino-Viteri, A., Puschendorf, R., Ron, S.R., Sanchez-Azofeifa, G.A., Still, C.J., Young, B.E., 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439, 161-167.
- Raxworthy, C.J., Ingram, C.M., Rabibisoa, N., Pearson, R.G., 2007. Applications of Ecological Niche Modeling for Species Delimitation: A Review and Empirical Evaluation Using Day Geckos (*Phelsuma*) from Madagascar. *Systematic Biology* 56, 907-923.
- Reading, C.J., 2007. Linking global warming to amphibian declines through its effects on female body condition and survivorship. *Oecologia* 151, 125-131.

- Rebello, H., Jones, G., 2010. Ground validation of presence-only modelling with rare species: a case study on barbastelles *Barbastella barbastellus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Journal of Applied Ecology* 47, 410-420.
- Reinhardt, K., Kohler, G., Maas, S., Detzel, P., 2005. Low dispersal ability and habitat specificity promote extinctions in rare but not in widespread species: the Orthoptera of Germany. *Ecography* 28, 593-602.
- Ribeiro, M.C., Martensen, A.C., Metzger, J.P., Tabarelli, M., Scarano, F., Fortin, M.-J., 2011. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot, In *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas*. eds F.E. Zachos, J.C. Habel. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J., Hirota, M.M., 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142, 1141-1153.
- Roberts, C.M., McClean, C.J., Veron, J.E.N., Hawkins, J.P., Allen, G.R., McAllister, D.E., Mittermeier, C.G., Schueler, F.W., Spalding, M., Wells, F., Vynne, C., Werner, T.B., 2002. Marine Biodiversity Hotspots and Conservation Priorities for Tropical Reefs. *Science* 295, 1280-1284.
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C., Pounds, J.A., 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421, 57-60.
- Rosset, V., Oertli, B., 2011. Freshwater biodiversity under climate warming pressure: Identifying the winners and losers in temperate standing waterbodies. *Biological Conservation* 144, 2311-2319.
- Rull, V., Vegas-Vilarrúbia, T., 2006. Unexpected biodiversity loss under global warming in the neotropical Guayana Highlands: a preliminary appraisal. *Global Change Biology* 12, 1-9.

Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M.n., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H., 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287, 1770-1774.

Schwartz, M.W., Iverson, L.R., Prasad, A.M., Matthews, S.N., O'Connor, R.J., 2006. Predicting Extinctions as a Result of Climate Change. *Ecology* 87, 1611-1615.

Silva, J.M.C., Casteleti, C.H.M., 2003. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil, In *The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook*. eds C. Galindo-Leal, I.G. Câmara, pp. 43–59. Island Press, Washington, DC

Silva, J.M.C., de Sousa, M.C., Castelletti, C.H.M., 2004. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. *Global Ecology and Biogeography* 13, 85-92.

Siqueira, M.F., Durigan, G., de Marco Junior, P., Peterson, A.T., 2009. Something from nothing: Using landscape similarity and ecological niche modeling to find rare plant species. *Journal for Nature Conservation* 17, 25-32.

Soberon, J., 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters* 10, 1115-1123.

Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S.L., Fischman, D.L., Waller, R.W., 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306, 1783-1786.

Suzuki, N., Olson, D.H., Reilly, E.C., 2008. Developing landscape habitat models for rare amphibians with small geographic ranges: a case study of Siskiyou Mountains salamanders in the western USA. *Biodiversity and Conservation* 17, 2197-2218.

Téllez-Valdés, O., Dávila-Aranda, P., 2003. Protected Areas and Climate Change: a Case Study of the Cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México Areas

Protegidas y Cambio Climático: un Estudio de Caso de los Cactus en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. *Conservation Biology* 17, 846-853.

Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L., Williams, S.E., 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427, 145-148.

Thorn, J.S., Nijman, V., Smith, D., Nekaris, K.A.I., 2009. Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (Primates: *Nycticebus*). *Diversity and Distributions* 15, 289-298.

Urbina-Cardona, J.N., Flores-Villela, O., 2010. Ecological-Niche Modeling and Prioritization of Conservation-Area Networks for Mexican Herpetofauna. *Conservation Biology* 24, 1031-1041.

Wake, D.B., Vredenburg, V.T., 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105, 11466-11473.

Willis, K.J., Bhagwat, S.A., 2009. Biodiversity and Climate Change. *Science* 326, 806-807.

CAPÍTULO 2

Reprodução de *Agalychnis granulosa* (Cruz, 1989) (Anura: Hylidae)

Artigo no formato da revista: *Journal of Herpetology*

Reprodução de *Agalychnis granulosa* (Cruz, 1989) (Anura: Hylidae)

Bruno Vilela de Moraes e Silva^{1,2*}, Barnagleisson da Silva Lisboa¹ e Filipe Augusto Cavalcanti do Nascimento^{1,2}

¹ Universidade Federal de Alagoas, Museu de História Natural, Setor de Zoologia. Av. Aristeu de Andrade, 452, Farol. CEP 57051-090. Maceió, AL, Brasil.

² Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos. Praça Afrânio Jorge, Prado. CEP 57010-020. Maceió, AL, Brasil.

* e-mail: brunovilelasilva@hotmail.com

Resumo

Agalychnis granulosa se reproduz em poças e em remansos de riachos no interior de ambientes florestais de Mata Atlântica. A reprodução ocorre durante o período noturno, nos primeiros quatro meses da temporada chuvosa. Os indivíduos foram encontrados vocalizando em troncos, galhos, folhas e bromélias em um raio de 5 m ao redor da poça e em até 5 m de altura. O canto de anúncio é composto por uma única nota, contendo entre 3 e 7 pulsos com frequência dominante variando entre 1490 e 2101 Hz. Foram utilizados troncos, folhas e raízes de epífitas como substratos de oviposição. Desovas foram encontradas desde o solo até 3 m de altura, ao redor da poça. Estas eram compostas por cerca de 45 ovos envoltos individualmente por cápsulas gelatinosas. Foi verificada a presença de cápsulas vazias em 36% das desovas. Três modos reprodutivos distintos foram observados (modos 18, 24 e 25), reflexo da plasticidade no uso de sítios reprodutivos e locais de desova utilizados pela espécie.

Palavras-chaves: Phyllomedusinae; Reprodução; Vocalização; Mata Atlântica.

1. Introdução

O clado dos Phyllomedusinae, considerado uma subfamília dos Hylidae (Faivovich et al., 2010; Pyron and Wiens, 2011), possui distribuição conhecida desde o norte da região neotropical até a Argentina (Frost, 2011). Faivovich et al. (2010) forneceram uma revisão detalhada do grupo utilizando dados moleculares, e visando resolver o parafiletismo encontrado em alguns gêneros, sinonimizou *Hylomantis* e *Pachymedusa* a *Agalychnis*. O gênero *Agalychnis* Cope, 1864 atualmente reúne 14 espécies, divididos em três grupos, que habitam florestas tropicais na América Central, na região Amazônica e no leste da América do Sul (Frost, 2011). Dentre estas, três estão em alguma categoria de ameaça e três na categoria de Dados Insuficientes (DD) na lista vermelha da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN).

O grupo de *Agalychnis aspera* (*sensu* Faivovich et al., 2005) reúne as duas únicas espécies habitantes do bioma Mata Atlântica, um dos *hotspots* mundiais da biodiversidade (Myers et al., 2000): *A. aspera* (Peters, 1873), que se distribui do sul ao centro do Estado da Bahia (Pimenta et al., 2007); e *A. granulosa* (Cruz, 1989), que possui registros de ocorrência nos Estados de Pernambuco, Alagoas e um registro na região central da Bahia (Carnaval et al., 2003; Nascimento and Skuk, 2007; Freitas et al., 2008); ambos no nordeste do Brasil. Apesar de aparecer na lista da IUCN na categoria Pouco Preocupante (LC), *A. granulosa* está na lista brasileira de espécies ameaçadas de extinção na categoria Criticamente em Perigo (CR), diferença que reflete a escassez de dados acerca dessa espécie. Atualmente, os únicos dados disponíveis são a descrição original (Cruz, 1989) e a morfologia externa do girino (Nascimento and Skuk, 2007), além de informações pontuais da sua distribuição (Carnaval et al., 2003; Freitas et al., 2008).

Os anfíbios possuem a maior diversidade de modos reprodutivos dentre os vertebrados tetrápodes, e até 2005 eram conhecidos 27 modos reprodutivos distintos apenas no bioma Mata Atlântica (Haddad and Prado, 2005). Informações sobre a

reprodução das espécies são essenciais para planos de manejo e conservação, devido à necessidade de se levar em conta as peculiaridades de cada espécie para garantir sua viabilidade. Além disso, dados reprodutivos podem fornecer caracteres importantes para a filogenia, visto sua ampla heterogeneidade entre os táxons (Miller and Wenzel, 1995). Assim, no presente trabalho são apresentadas informações sobre a reprodução de *A. granulosa* no Estado de Alagoas, Brasil, incluindo detalhes sobre o uso de habitat reprodutivos, vocalização, oviposição e desovas.

2. Material e Métodos

2.1 Área e período do estudo

Foram realizadas coletas de dados de janeiro de 2010 até dezembro de 2011. A maior parte do esforço de campo foi realizada em um fragmento florestal localizado na região periurbana do município de Maceió, Estado de Alagoas, Brasil, conhecido como Mata do Catolé (9°35'00" S, 35°49'00" O, DATUM WGS84, 140 m elev.). Este fragmento de floresta ombrófila aberta possui cerca de 492 ha e está inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) do Catolé e Fernão Velho. É possível identificar duas estações climáticas anuais distintas na região: o período seco (outubro a março), caracterizado por temperaturas mais elevadas (21,2 – 29,5°C) e menor volume de chuvas ($\bar{x} = 413 \pm 34$ mm); e o período chuvoso (abril a setembro), com temperaturas um pouco mais baixas (19,8 – 28,4°C) e maior volume de chuvas ($\bar{x} = 1388 \pm 73$ mm) (Worldclim v. 1.4; Hijmans et al., 2005).

Secundariamente, também foram utilizados dados coletados em outros dois renascentes de Mata Atlântica no Estado de Alagoas, Brasil: Serra da Saudinha (09°22'00" S, 35°45'00" O, DATUM WGS84, 150 m elev.), também no município de Maceió e Estação Ecológica de Murici (09°12'00" S, 35°52'00" O, DATUM WGS84, 500 m elev.), localizada no município de Murici.

2.2 Período reprodutivo

Para determinar o período reprodutivo da espécie, foi realizado um acompanhamento quinzenal entre os meses de abril e dezembro de 2011, em três poças temporárias no interior da Mata do Catolé. As excursões de campo tiveram duração de um dia, com início ao final da tarde, por volta das 15:00h, estendendo-se ao período noturno por volta das 24:00h, tendo chegado em uma ocasião isolada até as 04:00h. Durante as coletas foi verificada e registrada a presença de indivíduos adultos, em atividade de vocalização, girinos e desovas. De modo que esses resultados foram sobrepostos a dados diários de temperatura e pluviometria coletados no mesmo período pela Estação Meteorológica da Universidade Federal de Alagoas (09°33'05" S, 35°46'14" O, DATUM WGS84), localizada no município de Maceió.

2.3 Caracterização do habitat, oviposição, desova e comportamento reprodutivo

Para determinar o habitat reprodutivo de *A. granulosa*, foram feitas buscas por indivíduos em todos os locais próximos a ambientes aquáticos encontrados no interior da mata. Para verificar se algum fator biótico ou abiótico influenciou o uso do sítio reprodutivo, todas as poças ou remansos, independente da presença dos indivíduos, tiveram seu comprimento, largura, profundidade e distância da borda da mata registrados, além do pH, condutividade, salinidade e oxigênio dissolvido na água, medidos por meio de um multiparâmetros Hanna modelo HI 929828 – 1.1. A área da poça foi calculada como uma elipse. Também foram registradas a presença de indivíduos adultos e girinos de outras espécies de anfíbios anuros. Para indicar a distribuição espacial dos indivíduos dentro dos ambientes reprodutivos, foram registrados o tipo de substrato, altura do empoleiramento e distância do corpo de água mais próximo onde os indivíduos foram encontrados.

Para caracterizar o sítio de oviposição, registrou-se o tipo de substrato, altura e distância do corpo de água do local onde foram encontradas as desovas. Também foram medidos o número de ovos, o diâmetro e a circunferência média das desovas.

Para evitar a destruição das desovas, por se tratar de uma espécie ameaçada, foram tiradas fotografias com uma escala milimétrica na mesma altura das desovas, em seguida as medições e contagens foram feitas no programa Image tool (v. 3.0). Assim, o número de ovos se refere apenas ao número visível. Também foram verificadas a presença e a frequência de cápsulas vazias nas desovas. O tempo aproximado de desenvolvimento dos ovos até a fase de girino foi estimado baseado na diferença entre o tempo de encontro de uma desova recém depositada até a última vez em que esta foi encontrada. O tempo de desenvolvimento aproximado dos girinos foi estimado a partir do último registro de desovas e o último registro de presença de girinos na poça.

Casais em amplexo foram acompanhados e a proporção entre o comprimento rostro-cloacal (CRC) dos machos e das fêmeas foi verificado. Comportamentos ligados a reprodução como a presença de disputas territoriais, do comportamento de enchimento de bexiga (*bladder filling behavior*) pela fêmea em amplexo, presença de machos satélites, entre outras características também foram verificadas ao longo do trabalho. Uma lanterna com filtro vermelho foi utilizada para realizar o acompanhamento dos indivíduos, de modo a diminuir perturbação do comportamento pela luminosidade.

2.4 Descrição do canto de anúncio

Em abril e junho de 2011, o canto de anúncio de dois machos (dos quais um foi coletado; MUFAL 8798, licença de coleta fornecida pelo IBAMA/RAN, nº 24791-1) foi gravado na mata do Catolé. A temperatura média do ar durante a gravação foi de 25,9°C ($\pm 7,1^\circ\text{C}$; amplitude = 20,9 – 30,9°C) e a umidade relativa do ar foi de 91% ($\pm 4,2\%$; amplitude = 88 – 94%). As gravações foram realizadas com gravador digital modelo Sony PCM-D50® e microfone direcional externo Sennheiser ME66® com frequência de amostragem de 44 kHz e 16 bits de resolução. Os arquivos foram salvos em formato wav. Um total de 30 cantos (sendo 20 do indivíduo não coletado e 10 do indivíduo coletado) foi analisado com os programas Avisof T-SASLab lite for Windows (v. 5.1.16) utilizando os seguintes parâmetros: Fast Fourier Transformation (256

pontos), frame (100%), window (Flat Top) e overlap (75%). A frequência dominante foi obtida através do programa Cool Edit Pro (v. 2.1) utilizando Fast Fourier Transformation 1024. A terminologia segue Duellman e Trueb (1994). O espécime testemunho foi depositado na Coleção Herpetológica do Museu de História Natural, Universidade Federal de Alagoas.

2.5 Análises e apresentação dos dados estatísticos

Foram realizados testes de correlação entre as variáveis de altura e distância do corpo de água entre os indivíduos adultos, e entre a circunferência dos ovos e número de ovos das desovas. Todas as análises foram feitas no programa PAST (v. 2.12). Os dados de amplitude são apresentados diretamente no texto, visto a importância dos extremos abióticos na persistência das espécies, entre parênteses é apresentada a média (\bar{x}) e o desvio padrão (\pm), algumas vezes seguida pelo número de unidades amostrais (n): mínimo-máximo (média \pm desvio padrão; n=x). Em casos em que os dados não apresentaram distribuição Gaussiana foi apresentada a mediana (md) no lugar da média e desvio padrão.

3. Resultados

Período e sítios de reprodução. Foram encontrados indivíduos de *A. granulosa* se reproduzindo ao redor de ambientes de poças temporárias, e de remansos de riachos, todos no interior da mata. Os seguintes parâmetros abióticos foram encontrados nos ambientes aquáticos (n=6): pH 4,56 – 6,48 ($\bar{x} = 5,73 \pm 0,78$); condutividade: 0 – 66 $\mu\text{S/cm}$ ($\bar{x} = 39,28 \pm 12,81 \mu\text{S/cm}$); salinidade: 0 – 0,03 ($\bar{x} = 0,02 \pm 0,01$); oxigênio dissolvido: 2,9 – 7,6% ($\bar{x} = 5,08 \pm 1,25\%$). Visto que os indivíduos foram registrados em todos os ambientes aquáticos encontrados no interior da mata, não foi possível verificar a influência dos fatores abióticos ou bióticos na ocorrência da espécie. O único fator limitante foi o tamanho mínimo das poças (6 m² de área e 5 cm de profundidade), sendo que em ambientes menores que esse não foi possível verificar

os parâmetros abióticos. Mesmo quando alguns remansos de riachos passaram a ter uma forte correnteza, com a chuva intensa, ainda eram encontrados girinos e os machos continuavam vocalizando. A distância dos ambientes reprodutivos para a borda da mata foi relativamente ampla, com a espécie ocorrendo em ambientes muito próximos da borda (≈ 25 m), a ambientes no centro da mata (≈ 480 m).

Em todos esses ambientes foram registrados machos vocalizando e girinos de *A. granulosa*. Os indivíduos adultos foram encontrados em atividade de vocalização junto às espécies *Dendropsophus haddadi*, *Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas albomarginatus*, *Ischnochnema gr. ramagii*, *Leptodactylus mystaceus*, *Leptodactylus natalensis*, *Leptodactylus vastus*, *Physalaemus cuvieri*, *Scinax skuki* e *Scinax x-signatus*. Os girinos foram encontrados co-ocorrendo com espécies de *Chiasmocleis alagoanus*, *D. haddadi*, *D. minutus*, *H. albomarginatus*, *I. gr. ramagii*, *L. mystaceus*, *L. natalensis*, *L. vastus*, *Macrogenioglotus alipioi*, *P. cuvieri*, *S. skuki* e *S. x-signatus*. Peixes, larvas de Odonata e outros insetos predadores de girinos, também foram encontrados nos mesmos locais.

Foram encontrados indivíduos vocalizando e desovas de *A. granulosa* desde o mês de abril até julho, os 2/3 iniciais do período chuvoso. Os girinos foram encontrados desde abril até o início de outubro, quando foram encontrados os últimos indivíduos na fase final da metamorfose. Portanto, é possível deduzir, baseado no último registro de desova, que os girinos levam cerca de dois meses para completar o desenvolvimento (com um erro de 15 dias). O período de vocalização diário tinha início às 17:30h (pôr-do-sol) , sendo que o pico de atividade se dava entre às 19:00h e 21:00h. Foram encontrados indivíduos vocalizando até as 04:00h. Em dias de chuva muito intensa (>50 mm) não foram registrados machos vocalizando.

Os machos foram encontrados vocalizando em um raio de 500 cm de distância da borda do corpo de água (md= 100; n= 23). A altura dos indivíduos em relação ao corpo de água variou entre 15 – 500 cm (md= 160 cm; n= 23). O tipo de substrato onde

os indivíduos se encontravam foram galhos finos e troncos, folhas verdes e secas, e interior de bromélias (Fig. 1). Mais da metade dos indivíduos foram encontrados em galhos (57%). Não houve correlação significativa entre distância e altura ($p > 0,05$), porém os indivíduos que se encontravam em maiores alturas estavam mais próximos a borda.

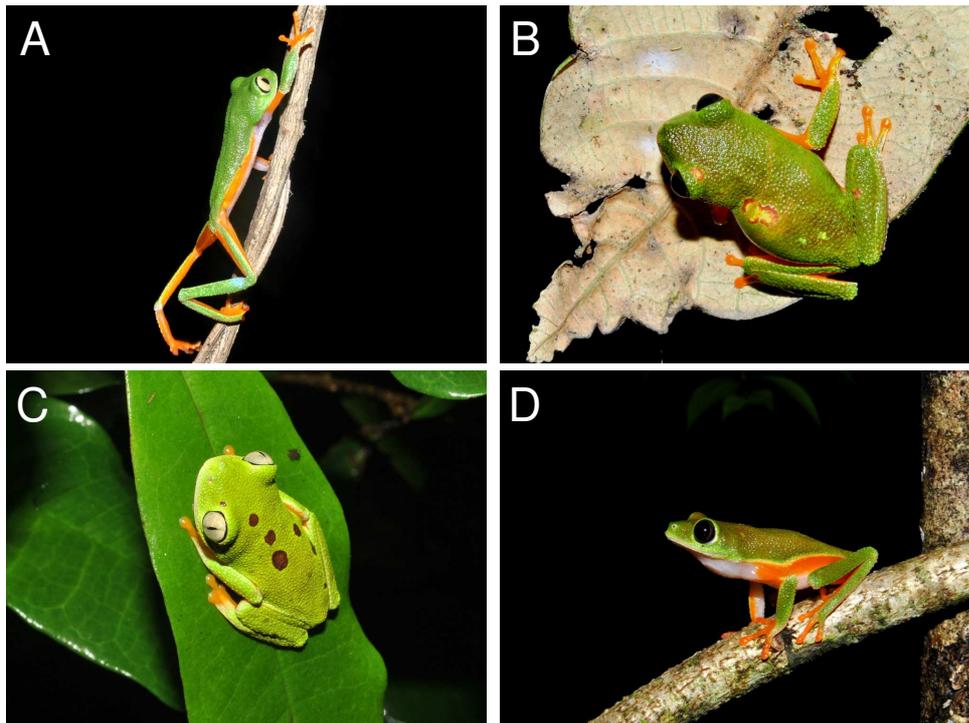


Fig. 1 - Diversidade de substratos utilizados pelos machos de *Agalychnis granulosa* na Mata do Catolé (9°35'00" S, 35°49'00" O, DATUM WGS84, 140 m elev.), município de Maceió, Estado de Alagoas, Brasil. (A e D) Galhos (B e C) Folhas verdes e secas. Fotos: Bruno Vilela.

Desova e oviposição. As desovas foram encontradas tanto em locais logo acima da água até uma distância máxima de 102 cm da borda do corpo de água ($\bar{x} = 29 \pm 33$ cm; n=16). As desovas foram encontradas diretamente no solo até cerca de 300 cm de altura ($\bar{x} = 73 \pm 91$ cm; n=16). Foram registradas desovas em troncos, folhas verdes, raízes de bromélia, folhas de bromélia e folhas secas no solo (Fig. 2). Alguns sítios de oviposição foram utilizados repetidas vezes ao longo do ano. As

desovas eram compostas por ovos de coloração branca, envoltos individualmente em cápsulas gelatinosas transparentes. Uma única desova apresentou as cápsulas com uma coloração esverdeada. A circunferência das desovas teve uma amplitude de 76 – 159 mm ($\bar{x} = 116 \pm 33$ mm; n=12), o diâmetro dos ovos com as cápsulas variou entre 2,76 e 8,18 mm ($\bar{x} = 4,98 \pm 1,13$ mm; n= 48) e o número de ovos visíveis por desova variou entre 22 e 64 ($\bar{x} = 42 \pm 14$; n=12). Nenhuma correlação significativa foi verificada entre a circunferência do ovo e o número de ovos ($p > 0,05$). Foram encontradas cápsulas de ovos vazias em 36% das desovas (Fig. 3), dentre essas, foram encontrados no máximo 7 cápsulas vazias por desova ($\bar{x} = 5,0 \pm 1,0$). As desovas levaram entre 8 e 10 dias, aproximadamente, para eclodir. Nem todas as desovas vieram a eclodir, sendo que três desovas foram encontradas ressecadas distando cerca de 100 cm da poça, enquanto que duas desovas, que foram acompanhadas, submergiram com a variação no volume da poça.



Fig. 2 - Diversidade de substratos utilizados para a oviposição utilizados por *Agalychnis granulosa* na Mata do Catolé (9°35'00" S, 35°49'00" O, DATUM WGS84, 140 m elev.), município de Maceió, Estado de Alagoas, Brasil. (A) Folha de Bromélia; (B) Folha seca a 3m de altura (seta amarela); (C e D) Raiz de bromélia; (E e F) Troncos. Fotos: Bruno Vilela.

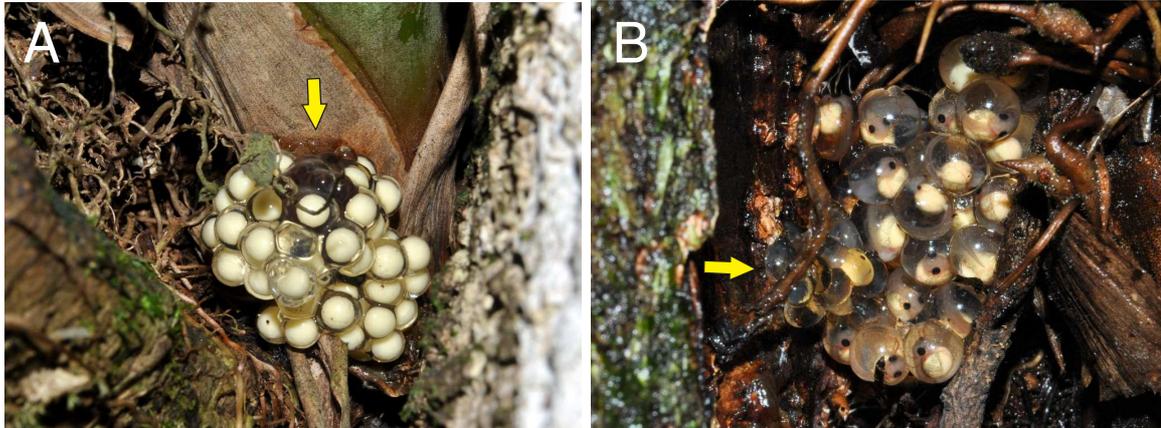


Fig. 3 - Cápsulas vazias de *Agalychnis granulosa* na Mata do Catolé (9°35'00" S, 35°49'00" O, DATUM WGS84, 140 m elev.), município de Maceió, Estado de Alagoas, Brasil. Estágio inicial (A) e avançado (B) de desenvolvimento. Fotos: Bruno Vilela.

Apenas quatro casais em amplexo foram registrados (Fig. 4), sendo todos os machos menores que as fêmeas em cerca de 20%. Todos foram encontrados no momento em que procuravam possíveis locais de desova logo no início da noite, entre 19:00h e 21:30h. Os casais se moviam lentamente e foram encontrados em troncos (n=2), galho (n=1) e em folha de bromélia (n=1). Entre o avistamento do casal e o início da oviposição, passaram-se no mínimo 1h, chegando até cerca de 2h em um dos casos. Durante este tempo a fêmea procurava o local adequado para a desova, e, ao encontrá-lo, tinha início a oviposição. Esses locais variavam desde buracos em troncos (Fig. 4B) até folhas e raízes de bromélia (Fig. 4D), todos no máximo a 20 cm da borda da água. Cada ovo era posto em aproximadamente 4 e 6 minutos. Assim, baseado no número médio de ovos, estimamos que o processo de oviposição dure de 2 a 4 horas. Devido às condições logísticas, não foi possível acompanhar os casais até o fim. Dois casais foram observados indo até a borda da água antes da oviposição, e é possível que a fêmea estivesse enchendo a bexiga antes de desovar de modo a hidratar as cápsulas dos ovos (*bladder filling behavior*), porém, exames mais detalhados são necessários para determinar a presença desse comportamento.

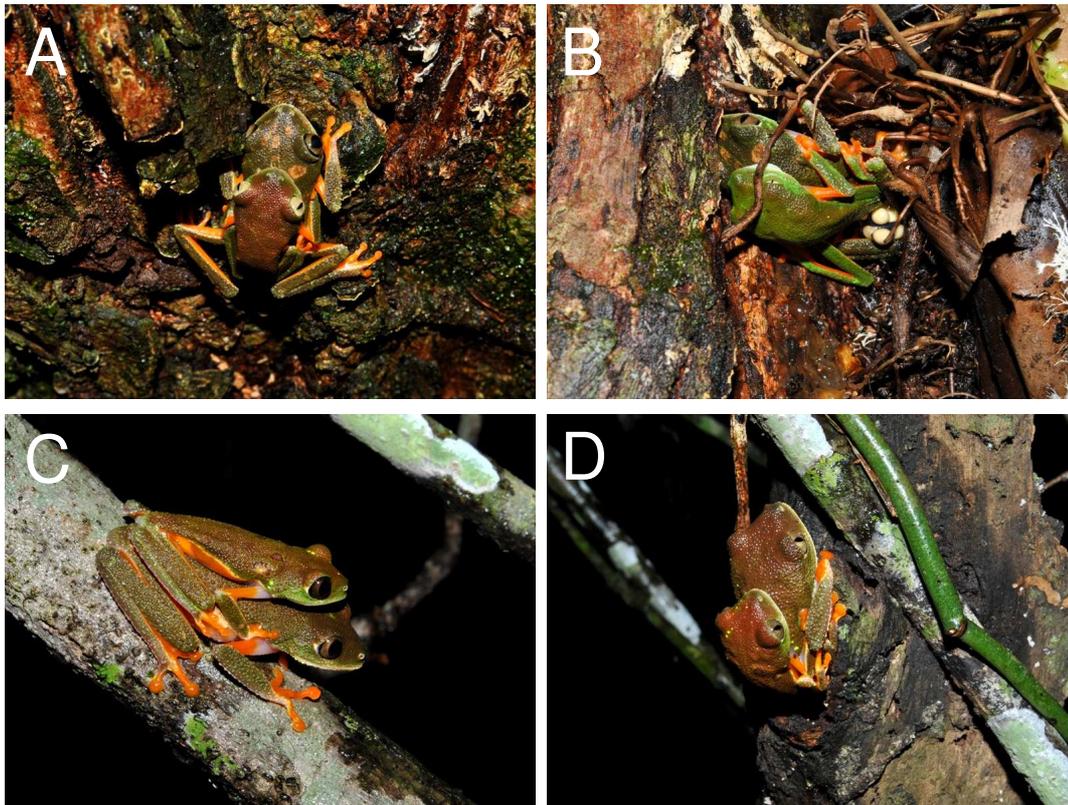


Fig. 4 - Casais em amplexo de *Agalychnis granulosa* na Mata do Catolé (9°35'00" S, 35°49'00" O, DATUM WGS84, 140 m elev.), município de Maceió, Estado de Alagoas, Brasil. (A e C) momento em que os casais foram encontrados; (B e D) oviposição. Fotos: Bruno Vilela.

Comportamento. Foram observados em duas ocasiões dois embates entre machos. Em um dos casos aparentemente se tratava de uma disputa territorial, onde foi encontrado um macho tentando derrubar o outro de um galho, este segundo acabou fugindo. No segundo caso um dos machos segurava o outro e tentava ficar por cima deste, que tentava fugir, o outro continuava a persegui-lo, mas por fim o macho agredido acabou fugindo. Também foram verificados machos que não estavam vocalizando, próximo a machos vocalizando.

Canto de anúncio. Os machos gravados foram encontrados vocalizando na vegetação marginal de uma poça temporária de cerca de 37 m² e 40 cm de profundidade, localizado no interior da mata. Um dos machos estava a 2,5 m enquanto

o outro estava a 1,5 m de altura, na borda da poça. O canto de anúncio de *A. granulosa* ($n = 30$ cantos; Fig. 5) é composto por uma única nota formada por três a sete pulsos ($\bar{x} = 5,67 \pm 1,13$) com duração de 0,019 a 0,049 s ($\bar{x} = 0,031 \pm 0,007$ s) e com modulação ascendente de amplitude. A taxa de emissão de canto foi de 7,62 (indivíduo não coletado) e 1,07 (MUFAL 8798) cantos por minuto. O intervalo entre os cantos variou entre 1,74 e 139,3 s ($\bar{x} = 27,09 \pm 38,35$ s, $n = 25$). Cada pulso durou entre 0,00077 e 0,020 s ($\bar{x} = 0,004 \pm 0,00096$ s), geralmente com os três ou quatro primeiros pulsos com intensidade bem mais baixas que os demais e espaçados entre si (Fig. 5D); a taxa de pulso variou entre 151,21 e 364,09 pulsos por segundo ($\bar{x} = 261,35 \pm 53,62$ p/s). A frequência dominante variou entre 1490 e 2101 Hz ($\bar{x} = 1848 \pm 140$ Hz) com uma discreta modulação ascendente ao longo da nota.

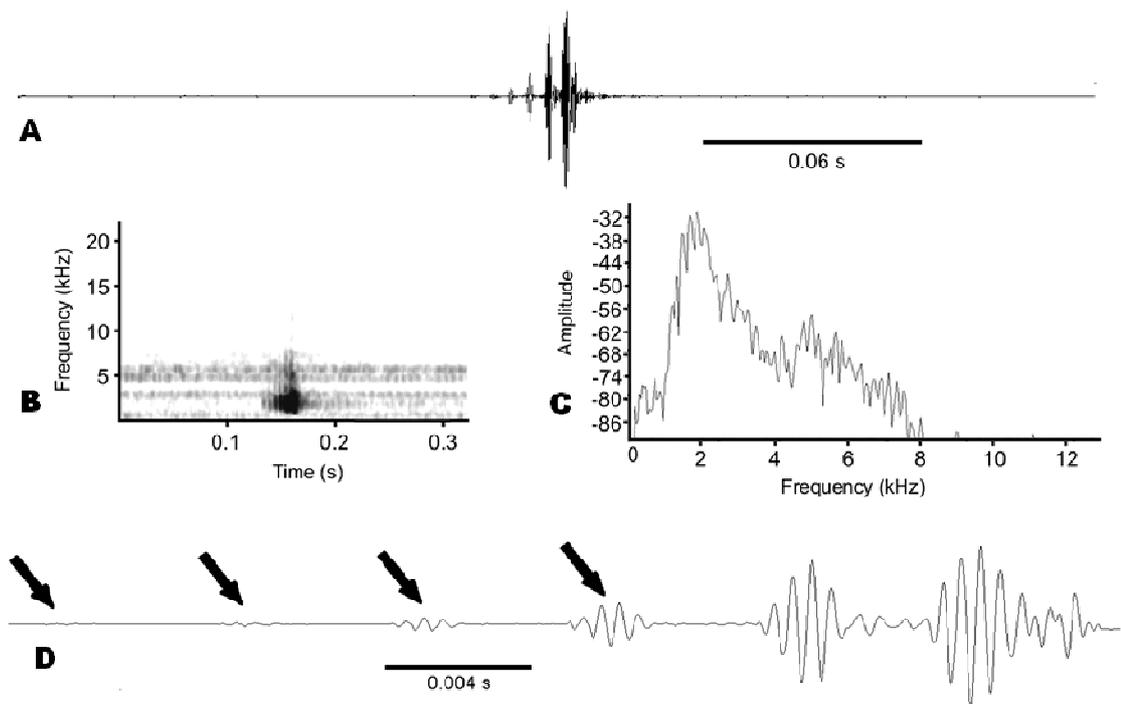


Fig. 5 - Canto de anúncio de *Agalychnis granulosa* (MUFAL 8798). Temperatura do ar: 20,9°C; umidade relativa do ar: 94%. (A) Oscilograma; (B) Sonograma; (C) Espectro de frequência; (D) Detalhe do canto de anúncio evidenciando os quatro primeiros pulsos de baixa intensidade e espaçados entre si. Gráficos gerados no programa Avisof T-SASLab lite for Windows (v. 5.1.16) utilizando os seguintes parâmetros: Fast Fourier Transformation (256 pontos), frame (100%), window (Flat Top) e overlap (75%).

4. Discussão

É provável que os Phyllomedusinae tenham surgido de um ancestral que se reproduzia depositando ovos sobre folhas que se desenvolviam em girinos exotróficos que caíam sobre ambientes aquáticos lênticos (Faivovich et al., 2010), o que caracteriza o modo reprodutivo 24 (*sensu* Haddad and Prado, 2005). Posteriormente a radiação adaptativa levou a diversificação dessas plesiomorfias, atuando sobre o sítio de oviposição, características da desova, tempo de desenvolvimento, comportamento, entre outros (Faivovich et al., 2010).

Agalychnis granulosa apresenta esse modo reprodutivo ancestral, todavia com uma maior plasticidade no uso de substratos para oviposição. Ao todo três tipos de substratos podem ser reconhecidos, sendo essa plasticidade a maior entre os Phyllomedusinae, a qual também é encontrada em *Cruziohyla calcarifer* (Marquis et al., 1986; Caldwell, 1994) e *Agalychnis saltator* (Roberts, 1994; Faivovich et al., 2010). Nas duas outras espécies citadas acima foi indicada a predação das desovas, e, apesar de não ter sido verificado em nenhum momento predação dos ovos de *A. granulosa*, é conhecido que espécies de serpente do gênero *Leptodeira* podem preda ovos de *Agalychnis* (Gomez-Mestre et al., 2008) e a presença da espécie *Leptodeira annulata* é registrada na região. Assim, uma possível causa da origem dessa plasticidade seria a pressão exercida pela predação das desovas. Por exemplo, foi observado que um mesmo casal de *Agalychnis callidryas* pode depositar ovos em diferentes locais na mesma noite (Machado and Roper, 2007), foi sugerido que isso provavelmente ocorreu como um modo de evitar a predação de toda a desova, visto a presença de predadores próximos aos locais onde foram encontradas, aumentando as chances de sobrevivência de que ao menos uma desova do casal chegasse a eclodir. Não é provável que *A. granulosa* deposite mais de uma desova por noite, baseado no tempo gasto pelos casais em amplexo para realizar todo o processo de oviposição e pelo número de ovos encontrados em cada desova. Todavia, de modo análogo a *A. callidryas*, a diversidade de substratos utilizados por *A. granulosa* deve atuar no aumento de sobrevivência das

desovas, já que cada tipo de substrato pode estar sujeito a um tipo de predador específico, e para eliminar a totalidade de desovas em um ambiente seria necessário uma grande diversidade de predadores ou de hábitos de predação. Porém, a variação no substrato de desova deve atuar na sobrevivência dos ovos de toda a assembléia, e não individualmente como ocorre em *A. calydrias*.

Aparentemente os Phyllomedusinae tem se adaptado de diversas maneiras a predação. Gomez-Mestre et al. (2008) demonstraram que girinos que passam mais tempo na fase de ovo possuem uma menor taxa de predação na água, por outro lado quanto mais tempo a desova passa em ambiente terrestre maior a chance dela ser predada ou de submergir com a variação no volume de água. Esse é o típico ambiente evolutivo para o surgimento da plasticidade fenotípica, que pode ser refletida tanto no local, na composição e/ou no substrato da desova. Por exemplo, diversas espécies de *Agalychnis* apresentaram plasticidade no tempo de desenvolvimento de seus ovos quando estes foram submetidos a estímulos externos, como a presença de predadores ou alagamento (Gomez-Mestre and Warkentin, 2007), fatores de ameaça também observados nos sítios de oviposição de *A. granulosa*. As desovas acompanhadas de *A. granulosa* apresentaram um tempo relativamente alto de desenvolvimento (aproximadamente entre 8 e 10 dias), isto provavelmente dá uma certa vantagem aos girinos e reflete a competição e predação encontrada nos ambientes aquáticos onde a espécie se reproduz. É possível que *A. granulosa* possua uma plasticidade no tempo de desenvolvimento da desova devido a estímulos externos, como verificado em outras espécies, porém testes são necessários para comprovar essa hipótese.

Além do modo reprodutivo 24, *A. granulosa* também mostrou se reproduzir em remansos de riachos, o que caracteriza o modo reprodutivo 25. Apesar de não ser o mais comum entre os Phyllomedusinae, esse tipo de reprodução é encontrado em todos os gêneros desse grupo, exceto por *Cruziophyla*. Dentre os *Agalychnis*, apenas *A. granulosa* e *A. lemur* (Jungfer and Weygoldt, 1994) se reproduzem tanto em poças quanto em riachos, todas as outras espécies do gênero foram registradas se

reproduzindo apenas em poças. Todavia, essa característica parece ter surgido independentemente em *A. granulosa* e *A. lemur*.

A altura e distância em que as desovas foram encontradas também merecem atenção. É característico entre os *Agalychnis* depositar ovos acima do nível da água. Todavia, *A. granulosa* desovou em ambientes distando até 1m do corpo de água e, além disso, foram encontrados desovas em folhas no solo. É provável que as desovas tenham sido depositadas diretamente no solo, visto que estas estavam intactas e foram encontradas tanto em folhas verdes quanto secas. Além disso, não foi verificada a perda de nenhuma dessas desovas. Isso leva a crer que os girinos de *A. granulosa* possam ter se movido até a água após a eclosão. Esse tipo reprodutivo caracteriza o modo 18, também encontrado em espécies de Phyllomedusinae do gênero *Phrynomedusa* (Lutz and Lutz, 1939; Weygoldt, 1991). Portanto, os resultados sugerem que *A. granulosa* pode apresentar ao menos três modos reprodutivos diferentes, fato este já encontrado em outros anfíbios como *Physalaemus spiniger* (Haddad and Pombal Jr, 1998). Esses modos podem ter surgido devido a predação aquática e terrestre, competição e variação no volume do corpo de água.

O período de reprodução da espécie está diretamente relacionado à estação chuvosa (Fig. 6), iniciando sua reprodução com o início das chuvas (abril) e término cerca de dois meses antes do final das chuvas (julho). Isso ocorre provavelmente devido ao tempo necessário para os girinos completarem seu desenvolvimento, de outro modo a poça poderia secar antes dos girinos metamorfosearem. As causas ainda não estão claras do por quê a espécie não se reproduz em dias de chuva muito intensa, mas pode estar relacionado a alguma interferência que possa ser causada por duas espécies que se reproduziram apenas nesses dias de chuva intensa no local: *C. alagoanus* e *M. alipioi*.

Os machos foram encontrados em diversas alturas ao redor e em cima do corpo de água, uma única fêmea foi encontrada no solo, provavelmente se deslocando.

Essa amplitude espacial na altura dos machos é importante principalmente porque a espécie aparenta ser territorialista, comportamento típico de espécies com reprodução prolongada (Wells, 1977), isso permite a ocupação de um maior número de sítios de vocalização em um mesmo local. Esse comportamento territorialista é confirmado pelas observações de disputas entre os machos.

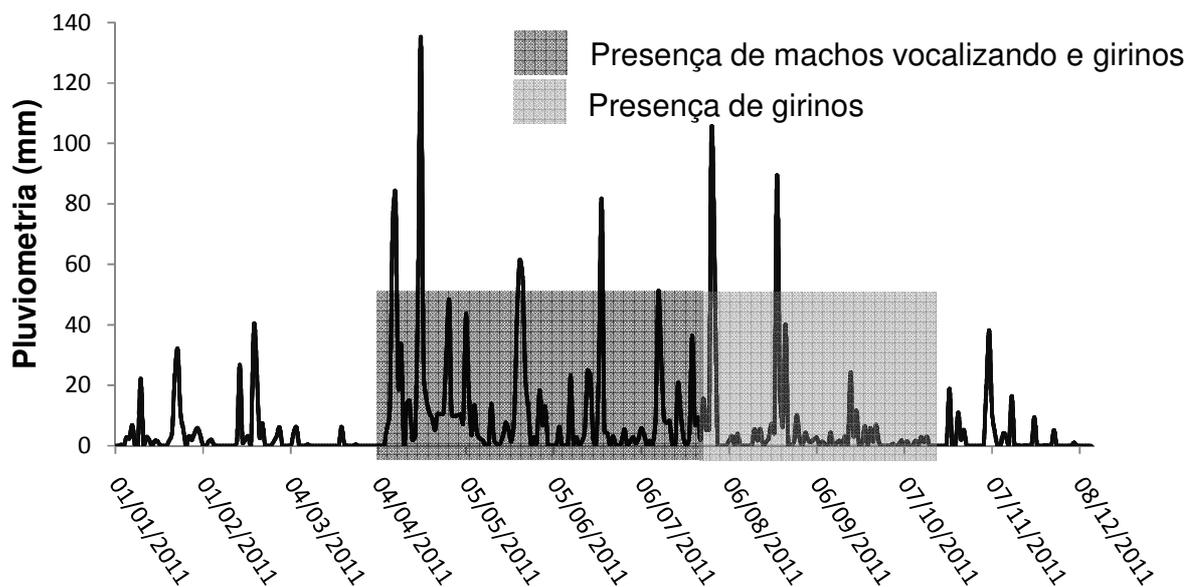


Fig. 6 - Período da reprodução de *Agalychnis granulosa* relacionado a dados de pluviosidade diária fornecidos pela estação meteorológica da UFAL. Em cinza escuro o período de atividade de vocalização dos machos e a presença de girinos na poça, limitado verticalmente e horizontalmente pela pluviosidade. Em cinza claro o período em que foram encontrados somente os girinos na poça.

A espécie apresentou características bem peculiares dentre os *Agalychnis* quanto às características da desova. *A. granulosa* é a única espécie do gênero que possui cápsulas vazias em suas desovas. Essas cápsulas são uma sinapomorfia dos Phyllomedusinae, tendo sido perdida posteriormente em *Agalychnis* (Faivovich et al., 2010). Elas têm a função de evitar o ressecamento prematuro das desovas, diminuir a concentração de substâncias tóxicas resultantes de processos metabólicos e prender as folhas dobradas utilizadas por espécies dos gêneros *Phyllomedusa* e *Phasmahyla*

(Pyburn, 1980). É possível que *A. granulosa* tenha retido em parte esse caráter (em uma frequência e quantidade de cápsulas menor), visto sua plasticidade de substratos e distância da borda do corpo de água onde ocorre a oviposição, para diminuir a taxa de ressecamento prematuro. Porém, não podemos descartar a hipótese de que esse caráter pode ser apenas vestigial e não ter função alguma. As outras características da desova como o número de ovos, circunferência dos ovos e características físicas em geral são bem parecidas com o que foi encontrado para uma única desova analisada de *A. aspera*, espécie irmã de *A. granulosa* (Pimenta et al., 2007).

Das 14 espécies atualmente pertencentes ao gênero, nove possuem a vocalização descrita: *A. annae* (Duellman, 1970), *A. aspera* (Pimenta et al., 2007), *A. dacnicolor* (Duellman, 1970), *A. lemur* (Cannatella, 1980; Jungfer and Weygoldt, 1994), *A. medinae* (Hertz and Lotzkat, 2010), *A. moreletii* (Briggs, 2010), *A. psilopygion* (Cannatella, 1980), *A. saltator* (Duellman, 1970) e *A. spurrelli* (Duellman, 1970). Os cantos de anúncio do gênero *Agalychnis* se caracterizam principalmente por ser composto por uma única nota (exceção seria *A. saltator* que pode apresentar duas notas) e possuir frequência dominante por volta de 1500 Hz. *Agalychnis granulosa* apresentou a maior taxa de pulso por segundo (média de 261,35 p/s contra 42 em *A. annae*, 159 em *A. dacnicolor*, 39 – 41 em *A. lemur*, 108 em *A. saltator* e 75 em *A. spurrelli*; não informado nas demais espécies), porém esses dados devem ser vistos com cautela, uma vez que podem ser influenciados por fatores ambientais (Duellman and Trueb, 1994; Lüddecke and Sánchez, 2002).

Agalychnis granulosa e *A. aspera* possuem parâmetros temporais e espectrais semelhantes, incluindo a menor duração do canto entre as espécies do gênero (média de 0,03 s contra 0,28 s nas demais espécies; a exceção seria *A. psilopygion*, com 0,04 – 0,05 s) e modulação ascendente de amplitude. Apesar disso, o número médio de pulsos em *A. granulosa* foi um pouco maior (5,56 contra 3 ou 4 em *A. aspera*). A maioria das descrições disponíveis carece de detalhes importantes, como número de pulsos, duração dos pulsos e taxa de pulso por segundo, além de terem sido realizadas

com uma amostra muito reduzida de cantos (em geral de dois a quatro), dificultando a realização de uma análise comparativa mais segura.

Agradecimentos

Ao professor Gabriel Skuk e ao professor Miguel Trefaut pela ajuda no desenvolvimento do trabalho. A José Araújo Vieira Neto, Jéssica Yara Galdino, Ingrid Caroline Soares Tiburcio e Lihara Vieira Jatobá Tenório pela ajuda em campo. Bruno Vilela agradece a CAPES e a FAPEAL pelo suporte financeiro.

Referências

- Briggs, V. S. 2010. Call Trait Variation in Morelett's Tree Frog, *Agalychnis Moreletii*, of Belize. *Herpetologica*. 66:241-249.
- Caldwell, J. P. 1994. Natural history and survival of eggs and early larval stages of *Agalychnis calcarifer* (Anura: Hylidae). *Herpetological Natural History*. 2:57-66.
- Cannatella, D. C. 1980. A review of the *Phyllomedusa buckleyi* group (Anura: Hylidae). *Occasional Papers of the Museum of Natural History*. 87:1-40.
- Carnaval, A. C., O. L. Peixoto, and E. M. Santos. 2003. *Hylomantis granulosa*. *Herpetological Review*. 34.
- Cruz, C. A. G. 1989. Sobre *Phyllomedusa aspera* e a descrição de uma espécie nova desse gênero (Amphibia, Anura, Hylidae). *Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*. 11:39 - 44.
- Duellman, W. E. 1970. The hylid frogs of Middle America. *Monographs of the Museum of Natural History*.
- Duellman, W. E., and L. Trueb. 1994. *Biology of Amphibians*. The Johns Hopkins University Press. London.
- Faivovich, J., C. F. B. Haddad, D. Baeta, K. H. Jungfer, G. F. R. Alvares, R. A. Brandao, C. Sheil, L. S. Barrientos, C. L. Barrio-Amoros, C. A. G. Cruz, and W. C. Wheeler. 2010. The phylogenetic relationships of the charismatic poster frogs, Phyllomedusinae (Anura, Hylidae). *Cladistics*. 26:227-261.
- Faivovich, J., C. F. B. Haddad, P. C. A. Garcia, D. R. Frost, J. A. Campbell, and W. C. Wheeler. 2005. Systematic review of the frog family hylidae, with special

- reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History*:6-228.
- Freitas, M. A. d., T. F. S. Silva, P. M. Fonseca, and R. O. d. Abreu. 2008. *Hylomantis granulosa*. *Herpetological Review*. 39.
- Frost, D. R. 2011. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 5.5 (31 January, 2011). American Museum of Natural History, New York, USA.
- Gomez-Mestre, I., and K. M. Warkentin. 2007. To Hatch and Hatch Not: Similar Selective Trade-Offs but Different Responses to Egg Predators in Two Closely Related, Syntopic Treefrogs. *Oecologia*. 153:197-206.
- Gomez-Mestre, I., J. J. Wiens, and K. M. Warkentin. 2008. Evolution of Adaptive Plasticity: Risk-Sensitive Hatching in Neotropical Leaf-Breeding Treefrogs. *Ecological Monographs*. 78:205-224.
- Haddad, C. F. B., and J. P. Pombal Jr. 1998. Redescription of *Physalaemus spiniger* (Anura: Leptodactylidae) and description of two new reproductive modes. *Journal of Herpetology*:557-565.
- Haddad, C. F. B., and C. P. A. Prado. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic forest of Brazil. *Bioscience*. 55:207-217.
- Hertz, A., and S. Lotzkat. 2010. Notes on vocalisation and natural history of *Hylomantis medinae* (Funkhouser, 1962) (Anura, Hylidae) from northern Venezuela. *Salamandra*. 46:121-124.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25:1965-1978.
- Jungfer, K.-H., and P. Weygoldt. 1994. The reproductive biology of the leaf frog *Phyllomedusa lemur* Boulenger, 1882, and a comparison with other members of the Phyllomedusinae (Anura: Hylidae). *Revue Française d'Aquariologie, Herpetologie*. 21:57-64.
- Lüddecke, H., and O. R. Sánchez. 2002. Are Tropical Highland Frog Calls Cold-adapted? The Case of the Andean Frog *Hyla labialis*. *Biotropica*. 34:281-288.
- Lutz, A., and B. Lutz. 1939. Notes on the genus *Phyllomedusa* Wagler: observations on small *Phyllomedusae* without vomerine teeth or conspicuous parotids found in the region of Rio de Janeiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*. 11:219-263.

- Machado, R. A., and J. J. Roper. 2007. *Agalychnis callydrias*: Reproduction. *Herpetological Review*. 38:177.
- Marquis, R. J., M. A. Donnelly, and C. Guyer. 1986. Aggregations of Calling Males of *Agalychnis calcarifer* Boulenger (Anura: Hylidae) in a Costa Rican Lowland Wet Forest. *Biotropica*. 18:173-175.
- Miller, J. S., and J. W. Wenzel. 1995. Ecological Characters and Phylogeny. *Annual Review of Entomology*. 40:389-415.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:853-858.
- Nascimento, F. A. C. d., and G. O. Skuk. 2007. Description of the tadpole of *Hylomantis granulosa* (Anura : Hylidae). *Zootaxa*:59-65.
- Pimenta, B. V. S., I. Nunes, and C. A. G. Cruz. 2007. Notes On The Poorly Known Phyllomedusine Frog *Hylomantis Aspera* Peters, 1872 (Anura, Hylidae). *South American Journal of Herpetology*. 2:206-214.
- Pyburn, W. F. 1980. The function of eggless capsules and leaf in nests of the frog *Phyllomedusa hypochondrialis* (Anura: Hylidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 93:153-167.
- Pyron, R. A., and J. J. Wiens. 2011. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 61:543-583.
- Roberts, W. E. 1994. Explosive Breeding Aggregations and Parachuting in a Neotropical Frog, *Agalychnis saltator* (Hylidae). *Journal of Herpetology*. 28:193-199.
- Wells, K. D. 1977. The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour*. 25:666-693.
- Weygoldt, P. 1991. Zur Biologie und zum Verhalten von *Phyllomedusa marginata* Izecksohn & Da Cruz, 1976 im Terrarium. *Salamandra*. 27:83-96.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O primeiro capítulo mostra a importância de reunir, organizar e analisar dados já existentes usando as novas ferramentas da ecologia. Porém, para tanto, é necessário que dados de coleções zoológicas e literatura estejam disponíveis. Assim, ressaltamos a importância da publicação de notas de distribuição geográfica e inventários biológicos, muitas vezes negligenciados e considerados pouco importantes para a ciência. Do mesmo modo, a disponibilização de dados de coleções (espécie, localidade, coordenadas, entre outros) por meio da internet pode acrescentar muito aos trabalhos de modelagem de distribuição potencial.

A tomada de decisões sobre conservação necessita do máximo de dados técnicos possível. Assim, associar as informações geradas pelos modelos de distribuição potencial aos dados sobre a biologia reprodutiva, pôde gerar uma quantidade e qualidade de dados suficientes para embasar um plano de conservação. Especificamente, no caso de *Agalychnis granulosa* foi possível utilizar diferentes abordagens para verificar quais fatores são importantes para a sua distribuição, de modo que, agora, é possível indicar o que deve e poderá vir a ser protegido em diferentes escalas espaciais. Por exemplo, sabemos que essa espécie necessita de ambientes florestais, e que se reproduz em poças e remansos de riacho, assim temos que proteger esses ambientes por meio de unidades de conservação (UC) e o plano de manejo dessas UC's deve incluir a proteção dos habitats reprodutivos. Adicionalmente a busca pela espécie em locais que se manterão climaticamente adequados no futuro para a ocorrência da espécie também é importante.

Ainda há muito trabalho a ser realizado no âmbito de coletar informações sobre as outras espécies endêmicas da região, estudadas no capítulo 1. Novas pesquisas deveriam ter como foco essas espécies, que podem estar sofrendo grande risco de extinção, mas ainda estão classificadas na categoria de dados insuficientes. A escassez de informação ainda é um fator limitante para poder classificar corretamente essas

espécies. Por exemplo, *Phyllodytes edelmoi* é a única das espécies estudadas que possui a vocalização descrita (De Lima et al., 2008). Algumas pesquisas direcionadas a essas espécies já estão em andamento, como é o caso de *Chiasmocleis alagoanus*, cuja biologia reprodutiva está sendo descrita.

As duas espécies que apresentaram o maior número de registros de ocorrência, *P. edelmoi* e *A. granulosa*, haviam sido descritas no ano de 2003 e 1989 respectivamente e eram conhecidas apenas para poucas localidades ou para sua localidade-tipo, porém vêm gradualmente aumentando sua distribuição e o número de pontos de ocorrência conhecidos. Apesar de *C. alagoanus* possuir a distribuição mais ampla dentre as espécies estudadas, apenas quatro pontos de ocorrência são conhecidos para essa espécie. A espécie que apresenta o dado mais preocupante é *Crossodactylus dantei*, que já é conhecida desde 1993, porém nunca foi registrada em outra localidade além da localidade-tipo.

Outro aspecto importante a ser comentado é a distribuição de *A. granulosa*. Essa espécie deixou de ser considerada endêmica da SBR Pernambuco, já que foi publicado um registro para a Bahia (Freitas et al., 2008). Todavia, aparentemente se trata de uma classificação equivocada, sendo os indivíduos pertencentes a espécie *Agalychnis aspera*, que possui registros de ocorrência do sul ao centro da Bahia. Até mesmo, o ambiente (plantação de cacau) e substrato (solo) onde os indivíduos foram encontrados não condizem com os dados disponibilizados no capítulo 2. Assim, *A. granulosa* voltaria a ter uma distribuição restrita à SBR Pernambuco. Em nenhum dos artigos discutimos isso mais profundamente, já que, o trabalho sobre a diminuição na distribuição conhecida dessa espécie ainda está em fase de confirmação da espécie.

Por fim, faz-se necessário destacar a importância de se abordar a questão conservacionista aplicando o conhecimento de diferentes áreas da ecologia. A parceria entre pesquisadores com distintas especialidades, como já citado no capítulo 1, é essencial, principalmente porque a biologia da conservação foi criada como uma ciência multidisciplinar (Soulé, 1985), e é assim que devem ser suas ações.

Referências bibliográficas

De Lima, M. G., R. Lingnau, and G. O. Skuk. 2008. The Advertisement Call of *Phyllodytes edelmoi* (Anura, Hylidae). South American Journal of Herpetology. 3:118-121.

Freitas, M. A. d., T. F. S. Silva, P. M. Fonseca, and R. O. d. Abreu. 2008. *Hylomantis granulosa*. Herpetological Review. 39.

Soulé, M. E. 1985. What is conservation biology? Bioscience. 35:727-734.

APÊNDICE 1

Tabela 1. Lista com os pontos de ocorrência registrados das espécies endêmicas de anfíbios anuros da Mata Atlântica Setentrional, após correção e revisão, utilizadas no modelos do capítulo 1 (exceto os registros de Brejo Madre de Deus, PE, e Amargosa, BA). Coordenadas em WGS 84.

Espécie	Latitude	Longitude	Município	Estado
<i>Agalychnis granulosa</i>	-8.0000	-34.9500	Recife	Pernambuco
<i>Agalychnis granulosa</i>	-9.2000	-35.8667	Murici	Alagoas
<i>Agalychnis granulosa</i>	-9.5574	-35.8034	Maceió	Alagoas
<i>Agalychnis granulosa</i>	-9.3863	-35.7214	Maceió	Alagoas
<i>Agalychnis granulosa</i>	-7.6001	-35.3642	Timbaúba	Pernambuco
<i>Agalychnis granulosa</i>	-8.7162	-35.8391	Jaqueira	Pernambuco
<i>Agalychnis granulosa</i>	-8.2000	-36.4000	Brejo da Madre de Deus	Pernambuco
<i>Agalychnis granulosa</i>	-8.0127	-34.9849	Camaragibe	Pernambuco
<i>Agalychnis granulosa</i>	-7.8333	-35.0000	Igarassu	Pernambuco
<i>Agalychnis granulosa</i>	-8.0145	-35.0877	São Lourenço da Mata	Pernambuco
<i>Agalychnis granulosa*</i>	-13.0838	-39.6876	Amargosa	Bahia
<i>Chiasmocleis alagoanus</i>	-9.5574	-35.8034	Maceió	Alagoas
<i>Chiasmocleis alagoanus</i>	-9.5218	-35.9119	Rio Largo	Alagoas
<i>Chiasmocleis alagoanus</i>	-7.1450	-34.8650	João Pessoa	Paraíba
<i>Chiasmocleis alagoanus</i>	-8.7369	-35.1667	Tamandaré	Pernambuco
<i>Chiasmocleis alagoanus</i>	-8.0145	-35.0877	São Lourenço da Mata	Pernambuco
<i>Crossodactylus dantei</i>	-9.2000	-35.8667	Murici	Alagoas
<i>Dendropsophus stuederae</i>	-9.2400	-36.4200	Quebrangulo	Alagoas
<i>Hypsiboas freicanecae</i>	-8.7162	-35.8391	Jaqueira	Pernambuco
<i>Hypsiboas freicanecae</i>	-9.2000	-35.8667	Murici	Alagoas
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.5574	-35.8034	Maceió	Alagoas
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.5188	-35.8314	Rio Largo	Alagoas
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.2000	-35.8667	Murici	Alagoas
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.2467	-35.7795	Flexeiras	Alagoas
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.2070	-35.4623	Passo de Camaragibe	Alagoas
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.3863	-35.7214	Maceió	Alagoas
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.1126	-35.5726	Matriz de Camaragibe	Alagoas
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-9.2798	-35.5707	São Luís do Quitunde	Alagoas
<i>Phyllodytes edelmoi</i>	-8.7162	-35.8391	Jaqueira	Pernambuco
<i>Phyllodytes gyrinaethes</i>	-9.2000	-35.8667	Murici	Alagoas
<i>Phyllodytes gyrinaethes</i>	-8.7162	-35.8391	Jaqueira	Pernambuco

<i>Physalaemus caete</i>	-9.2070	-35.4623	Passo de Camaragibe	Alagoas
<i>Physalaemus caete</i>	-9.2000	-35.8667	Murici	Alagoas
<i>Scinax muriciensis</i>	-9.2000	-35.8667	Murici	Alagoas
<i>Scinax skuki</i>	-9.5574	-35.8034	Maceió	Alagoas

* Espécimes com classificação taxonômica duvidosa

APÊNDICE 2

Tabela 2. Lista com as localidades de ocorrência de espécies endêmicas de anfíbios anuros da Mata Atlântica Setentrional. Coordenadas em WGS 84.

Localidade	Município	Estado	Latitude	Longitude	Quadrante no mapa (capítulo 1, fig.1)	Nº de espécies
Sítio Burití	Brejo da Madre de Deus	Pernambuco	-8.2000	-36.4000	6	1
Complexo Aldeia	Camaragibe	Pernambuco	-8.0127	-34.9849	5	1
Fazenda Areado	Flexeiras	Alagoas	-9.2467	-35.7795	12	1
Usina São José	Igarassu	Pernambuco	-7.8333	-35.0000	3	1
RPPN Frei Caneca	Jaqueira	Pernambuco	-8.7162	-35.8391	7	4
Mata do Buraquinho	João Pessoa	Paraíba	-7.1450	-34.8650	1	1
Serra da Saudinha	Maceió	Alagoas	-9.3863	-35.7214	15	2
Mata do Catolé	Maceió	Alagoas	-9.5574	-35.8034	16	4
RBMA Serra d'água	Matriz de Camaragibe	Alagoas	-9.1126	-35.5726	9	1
Estação Ecológica de Murici	Murici	Alagoas	-9.2000	-35.8667	11	7
Fazenda Santa Justina	Passo de Camaragibe	Alagoas	-9.2070	-35.4623	13	2
Reserva Biológica de Pedra Talhada	Quebrangulo	Alagoas	-9.2400	-36.4200	10	1
Horto Zoobotânico dois irmãos	Recife	Pernambuco	-8.0000	-34.9500	5	1
Mata do Cedro	Rio Largo	Alagoas	-9.5218	-35.9119	16	1

Mata da Salva	Rio Largo	Alagoas	-9.5188	-35.8314	17	1
Estação ecológica do Tapacurá	São Lourenço da Mata	Pernambuco	-8.0145	-35.0877	4	2
Reserva Garabu	São Luís do Quitunde	Alagoas	-9.2798	-35.5707	14	1
Reserva Biológica de Saltinho	Tamandaré	Pernambuco	-8.7369	-35.1667	8	1
Usina Cruangi	Timbaúba	Pernambuco	-7.6001	-35.3642	2	1