



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA DA REDE
BIONORTE**



**MORFOLOGIA DE GIRINOS DE POÇAS TEMPORÁRIAS EM
ÁREAS DE TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA**

GILDEVAN NOLASCO LOPES

São Luís - MA

2019

GILDEVAN NOLASCO LOPES

**MORFOLOGIA DE GIRINOS DE POÇAS TEMPORÁRIAS
EM ÁREAS DE TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Conservação.

Orientadora: Profa. Dra. Gilda Vasconcellos de Andrade

Co-Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski

São Luís - MA

2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Nolasco Lopes, Gildevan.

Morfologia de Girinos de Poças Temporárias em Áreas de Transição Cerrado-Amazônia / Gildevan Nolasco Lopes. - 2019.

102 f.

Coorientador(a): Nivaldo Magalhães Piorski.

Orientador(a): Gilda Vasconcellos de Andrade.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Rede - Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

1. Anfíbios. 2. Ecomorfologia. 3. Girinos. 4. Larvas de anuros. 5. Variação geográfica. I. Magalhães Piorski, Nivaldo. II. Vasconcellos de Andrade, Gilda. III. Título.

GILDEVAN NOLASCO LOPES

**MORFOLOGIA DE GIRINOS DE POÇAS TEMPORÁRIAS EM ÁREAS
DE TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA**

Tese apresentado ao Curso de Doutorado do programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Maranhão, como requisito para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Conservação.

Orientadora: Profa. Dra. Gilda Vasconcellos de Andrade

Co-Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski (UFMA)
Co-Orientador - Presidente da Banca

Prof. Dr. Jorge Luiz Silva Nunes (UFMA)
Membro

Prof. Dr. Silvio Gomes Monteiro (UFMA/CEUMA)
Membro

Dr. Jucivaldo Dias Lima (IEPA)
Membro

Dra. Janaina Reis Ferreira Lima (IEPA)
Membro

SÃO LUÍS - MA

MAIO/2019

*Aos meus pais, Lucia e Claudio, pela vida
A minha esposa, Raquel, pelo amor e paciência
A Deus, por tudo*

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação Rede de Biodiversidade e Biotecnologia que ofereceu a oportunidade para eu realizar o Curso de Doutorado.

A Universidade Federal do Maranhão pela a infraestrutura e material necessário para minha pesquisa no Laboratório de Herpetologia e Ecologia Aplicada

Ao Instituto Federal de Ensino, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeira e Campus Bacabal, pelo suporte financeiro e liberação durante o doutorado.

Pelo auxílio financeiro para as coletas de parte dos girinos utilizados na realização nesta tese: Edital SISBIOTA: CNPq 563075/20104 e FAPESP 2010/523217; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; À Fundação de Amparo à Pesquisa a ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (processo FAPEMA/CBIOMA-03782/15). À Coleção de Herpetologia da Universidade Federal do Maranhão pelo acesso aos girinos,

Aos membros da banca de defesa e qualificação da tese que contribuíram com valiosas informações, Dr. Jorge Luiz Silva Nunes, Dr. Silvio Gomes Monteiro, Jucivaldo Dias Lima, Janaina Reis Ferreira Lima, Dra. Adriani Hass e Dr. Carlos Martinez Ruiz.

À equipe da Secretária Estadual da PPG Bionorte, em especial a Dra. Patrícia Maia Correia de Albuquerque e ao Dr. José Manuel Macário Rebêlo pela compreensão e diversas oportunidades concedidas ao longo do curso.

Aos Professores do PPG Bionorte, em especial ao Glecio Machado Siqueira, Livio Martins Costa Junior e Gilda Vasconcellos de Andrade pelos conhecimentos compartilhados em suas em disciplinas e apoio ao desenvolvimento da minha tese.

À minha orientadora Profa. Gilda Vasconcellos de Andrade que sempre acreditou em meu potencial e se disponibilizou a me orientar no doutorado. Ao meu Co-orientador Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski, que sempre me deu apoio nos momentos necessários.

Aos meus colegas de laboratório (Fernando, Tayllon, Susie, Katya, Karina, Radna, Carlos e Mallu), do Bionorte (Luana e Marcelo) e do trabalho (Carvalho e Débora) pela companhia, conversa e incentivo para a conclusão do doutorado.

A minha esposa Raquel, por toda a paciência, apoio e amor dado nos momentos de estresse e períodos de isolamento.

Ao Senhor Deus por operar maravilhas e dar soluções na minha vida.

A todos o meu muito obrigado!

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar a variação morfológica de girinos de anuros de áreas do estado do Maranhão, associando a morfologia do grupo de estudo com aspectos da ecologia de espécies, tanto na comunidade como na população. Para atingir este objetivo, esta tese foi dividida em 03 capítulos. Na primeira parte descrevemos aspectos da ecologia e morfologia das espécies estudadas. No segundo, testamos as hipóteses de diferenças no espaço morfológico entre comunidades e entre espécies. Também neste capítulo testamos a relação entre o espaço morfológico e aspectos da ecologia das espécies. Em relação à comparação do espaço morfológico entre comunidades observamos um agrupamento similar das espécies, apontando um padrão de organização redundante entre as poças no que se refere ao espaço morfológico. Quanto à comparação entre as espécies, observou-se que elas diferem entre si na morfologia externa. Dois aspectos da ecologia dos girinos estiveram associados ao espaço morfológicos das espécies: sua posição na coluna d'água e o tipo de guilda ecomorfológica a qual a espécie pertence. Na terceira parte, testamos a hipótese a nível de população, onde comparamos a morfologia de diferentes populações para duas espécies (*Dendropsophus nanus* e *D. minutus*) de girinos e associamos o espaço morfológico com características espaciais da poça. Como resultado dessa pesquisa encontramos diferenças morfométricas a nível de população para ambas as espécies estudadas, apontando a existência de variação geográfica. O espaço morfológico da espécie foi associado ao tipo de condição ambiental específica explorada pela espécie. Porque, em *D. nanus*, uma espécie de fundo, a morfologia correlacionou-se com o Substrato, enquanto que a morfologia em *D. minutus*, uma espécie de meia-água, foi associada à Vegetação Interna da Lagoa. Como conclusão geral foi observado variação morfológica para larvas de anuros a nível de espécie e população. Os resultados aqui encontrados também apontam que o uso do nicho espacial (e. g. posição na coluna d'água) é um aspecto da ecologia da espécie importante na existência de variação morfológica tanto a nível de comunidade quanto de população.

Palavras-chave: Larvas de anuros. Ecomorfologia. Variação geográfica. Anfíbios. Girinos.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the morphological variation of anuran tadpoles from Maranhão state areas and associate the external morphology of the study group with aspects of species ecology at both community and population levels. In order to meet this goal, this thesis was divided into 03 chapters. In the first part, we describe aspects of the ecology and morphology of the species studied. In the second, we tested the community-level hypotheses of differences in morphological space between communities and between species. Also in this chapter, we test the relationship between the morphological space and aspects of species ecology. Regarding the comparison of the morphological space between communities, we observed a similar grouping of the species, pointing to a redundant organization pattern between the ponds regarding the morphological space. Regarding the comparison between species, it was observed that they differ from each other in external morphology. Two aspects of tadpole ecology were associated with the morphological space of the species: their position in the water column and the type of ecomorphological guild to which the species belongs. In the third part, we tested the hypothesis at the population level, where we compared the morphology of different populations for two tadpole species (*Dendropsophus nanus* and *D. minutus*) and associate the morphological space with spatial characteristics of the pond. We found morphometric differences in population-level for both species studied indicating the existence of geographic variation. The morphological space of the species was associated with the type of the specific environmental condition explored by the species. Because, in *D. nanus*, a bottom species, the morphology correlated with the Substrate, while the morphology in *D. minutus*, a mid-water species, it was associated with Internal Pond Vegetation. As a general conclusion, morphological variation was observed for anuran larvae only at species and population level. The results found here also point out that the use of the space niche (e.g. position in the water column) is an important aspect of species ecology in the existence of morphological variation at both community and population levels.

Key-words: Anuran Larvae. Ecomorphology. Geographic variation. Amphibians. Tadpoles.

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 2

Tabela 1: Espécies de girinos identificadas na Amazônia Oriental Maranhense e sua classificação de acordo com a guilda a que pertencem..... 35

Tabela 2: Cargas das Variáveis e Variância Explicada (% VE) dos dois primeiros eixos da Análise do Componente Principal do espaço morfológico para cinco comunidades de girinos em São Luís, Maranhão..... 38

CAPITULO 3

Tabela 1: Locais amostrados, suas coordenadas geográficas (Latitude-Longitude) e o número de espécimes mensurados por local para *Dendropsophus nanus* e *D. minutus* para a análise morfométrica..... 44

Tabela 2: Estatística descritiva (média em mm \pm desvio padrão) das variáveis morfométricas dos espécimes de girinos de *Dendropsophus nanus* e *Dendropsophus minutus* do sul do Maranhão, Brasil..... 47

Tabela 3: Resultados obtidos da NPMANOVA *post hoc* na comparação entre as populações estudadas. A diagonal superior representa as comparações entre as populações de *Dendropsophus minutus* e a diagonal inferior representa as comparações para *Dendropsophus nanus*..... 48

Tabela 4: Carga das variáveis (L) dos primeiros eixos do CVA (dados morfométricos) e PCA (variáveis ambientais). 50

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

Figura 1 – <i>Rhinella marina</i>	20
Figura 2 – <i>Dendropsophus minutus</i>	21
Figura 3 – <i>Elachistocles bumbameuboi</i>	21
Figura 4 – <i>Boana raniceps</i>	23
Figura 5 – <i>Leptodactylus fuscus</i>	24
Figura 6 – <i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	24
Figura 7 – <i>Leptodactylus macrosternum</i>	25
Figura 8 – <i>Pithecopus hypochondrialis</i>	26
Figura 9 – <i>Physalaemus cuvieri</i>	27
Figura 10 – <i>Scinax nebulosus</i>	28
Figura 11 – <i>Scinax x-signatus</i>	28
Figura 12 – <i>Leptodactylus latrans</i>	29
Figura 13 – <i>Leptodactylus pustulatus</i>	29

CAPÍTULO 2

Figura 1 – A vista lateral de um girino, mostrando as sete medidas lineares utilizadas para a análise da variação morfológica no presente estudo.....	33
Figura 2 – Análise do espaço morfológico de espécies de girinos das diferentes comunidades estudadas.	35

CAPÍTULO 3

Figura 3 – A vista lateral de um girino, mostrando as sete medidas lineares utilizadas para a análise da variação morfológica no presente estudo.....	43
Figura 2 – A vista lateral de um girino, mostrando as sete medidas lineares utilizadas para a análise da variação morfológica no presente estudo.....	45
Figura 3 – Espaço morfométrico dos girinos de <i>Dendropsophus nanus</i> e <i>Dendropsophus minutus</i> do sul do Maranhão, Brasil, obtidos dos dois primeiros eixos da Análise de Variáveis Canônicas (CVA).	47
Figura 4 – Relação entre dados morfométricos (escores da primeira variável canônica) e variáveis ambientais (escores do primeiro componente principal) para espécimes de girinos de <i>Dendropsophus nanus</i> e <i>Dendropsophus minutus</i> do sul do Maranhão, Brasil.....	49

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
OBJETIVOS	15
GERAL	15
ESPECÍFICOS	15
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
CAPÍTULO I: CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	22
INTRODUÇÃO	22
DESENVOLVIMENTO	23
CAPÍTULO II: MORFOLOGIA EM COMUNIDADES DE GIRINOS	35
INTRODUÇÃO	35
MATERIAIS E MÉTODOS	36
RESULTADOS	38
DISCUSSÃO	41
CAPÍTULO III: MORFOLOGIA EM POPULAÇÕES DE GIRINOS	45
INTRODUÇÃO	45
MATERIAIS E MÉTODOS	46
RESULTADOS	50
DISCUSSÃO	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	58

INTRODUÇÃO GERAL

Na organização da diversidade biológica ocorrem descontinuidades que podem representar limites entre grupos de seres vivos (DOBZHANSKY, 1982). Uma forma de se estudar a variação é através da detecção de prováveis subunidades evolutivas independentes utilizando a análise quantitativa da variação morfológica, ou seja, a morfometria. Por exemplo, dentro de uma mesma espécie pode ser estudada a variação entre populações ao longo do espaço geográfico. Estudos desta natureza permitem o reconhecimento de subunidades evolutivas e conseqüentemente pode fornecer esclarecimentos para a compreensão da diversidade morfológica das diferentes espécies. Analisar a variação interespecíficas configura em outra possibilidade de estudo morfométrico, pois a comparação da morfologia entre espécies levaria a compreender em quais aspectos elas divergem, ou são similares, e conseqüentemente compreender o papel das estruturas morfológicas na discriminação das espécies.

Compreender os fatores causais da variação morfológica é o segundo objetivo geral nos estudos morfométricos. A investigação de existência de associação entre variáveis explicativas e a morfometria é uma variante deste tipo de estudo, pois havendo associação é provável que existência de algum tipo de causalidade (VOLPATO; BARRETO, 2014). A ecomorfologia compreende um tipo de estudo desta natureza, pois busca verificar a covariação entre a forma e aspectos da ecologia (BOOKSTEIN, 1991). Desta forma, estudos ecomorfológicos também podem esclarecer as fontes da diversidade biológica. Por exemplo, estudos populacionais podem verificar a associação de características estruturais do meio ambiente com da variação morfológica intraespecíficas. Estudos ecomorfológicos também ajudam a compreender o papel ecológico das espécies dentro da comunidade ao descrever a posição das espécies no espaço morfológico e ao associar este espaço à aspectos ecológicos das espécies.

Os girinos são excelentes para estudos morfológicos, pois são abundantes e encontram-se limitados aos corpos d'águas em vivem (e.g. poças temporárias), facilitando assim a delimitação de unidades de estudo (AMARANTE, 2011; PRADO, 2006). Eles ocorrem em diversos tipos de ambientes e apresentam uma grande diversidade morfológica, onde atributos da forma externa podem ser associadas às características do ambiente onde a espécie habita (ALTIG; McDIARMID, 1999 a, b). Para girinos os estudos sobre variação morfológica intraespecífica estão concentrados em analisar o efeito da predação sobre a plasticidade fenotípica das espécies, porém, os estudos que buscam compreendem a

associação entre a morfologia e os aspectos estruturais dos corpos d'água ainda são escassos. Por outro lado, estudos com girinos que buscam compreender a relação entre filtros abióticos com padrões da estruturação das comunidades são mais abundantes e comumente apresentam como base de dados variáveis de abundância e presença/ausência. Porém, estudos que buscam compreender o padrão de estruturação do espaço morfológico das comunidades de girinos são mais escassos.

Os anuros constituem uma grande parcela da biodiversidade do Brasil, onde são encontradas cerca de 1136 espécies (SEGALLA et al., 2019). O que coloca o país como o detentor da maior diversidade em anfíbios no mundo (FROST, 2015), devido à sua ampla extensão que abriga que constrói condições de mosaicos na sua heterogeneidade de habitat distribuídos nos inúmeros biomas. Inventários com anfíbios anuros têm sido realizados nos diferentes Biomas do Brasil para compreender essa diversidade, bem como na Amazônia e Cerrado. Porém, muitas regiões do Brasil ainda estão sub-amostradas demandando mais esforços de pesquisa para a compreensão de diferentes aspectos da biologia de anuros em suas diferentes fases. Por exemplo, no Maranhão destacam-se as pesquisas de Andrade (2019) com outros pesquisadores no esforço de compreender a biologia de anuros adultos e seus girinos nesta região. Porém o volume de produção científica ainda é baixa comparada a outras regiões do Brasil. Cabe destacar aqui alguns estudos com abordagem de ecomorfologia realizados no Maranhão por SOARES (2008) e MOREIRA (2014). Mas, mesmo considerando esse conjunto de pesquisas, estudos que analisam a associação de fatores ecológicos com a variação intra e interespecíficas com o espaço morfológico são ausentes.

O estado do Maranhão apresenta dois dos cinco grandes biomas do Brasil Amazônia e Cerrado, sendo considerado um grande ecótono. Marques et al. (2019) indicaram que estas regiões de transição deveriam ser consideradas como um bioma a parte, sendo denominada Transição Cerrado-Amazônia (CAT). Os autores apontam que regiões da CAT sofreram mais desmatamento do que a Amazônia e o Cerrado individualmente. Assim, estudos em regiões de Transição Cerrado-Amazônia, tais como o estado Maranhão, são essenciais para compreender o papel destes ecossistemas sobre os aspectos biológicos das espécies e servir de base para entender como processos de antropização afetam a biodiversidade.

Considerando a existência de variação morfológica dentro de níveis de organização biológica e que uma possível fonte desta variação seriam os aspectos ecológicos, nesta tese buscamos responder as seguintes perguntas:

- a) Existe diferenças morfológicas dentro dos diferentes níveis de organização biológica?

- b) A variação morfológica encontrada estaria associada à algum aspecto da ecologia (e.g. uso do espaço) das espécies estudadas?

A tese aqui apresentada encontra-se estruturada em 03 capítulos. Na primeira parte descrevemos aspectos da ecologia e da morfologia das espécies estudadas. Na segunda testamos as hipóteses a nível de comunidade de haver diferenças no espaço morfológico entre comunidades e entre as espécies. Ainda neste capítulo testamos a relação entre o espaço morfológico com aspectos da ecologia das espécies. Na terceira parte comparamos a morfologia de diferentes populações para duas espécies de girinos e associamos o espaço morfológico com características espaciais da poça. O primeiro produto desta tese foi livro “Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos” realizado em parceria com outros autores. Este material foi selecionado pela encontra-se pronto aguardando a liberação de recurso pela FAPEMA para sua impressão. Em relação aos objetivos específicos 02 foi elaborado um manuscrito para posterior submissão em revista científica. Por fim, o terceiro produto escrito foi um artigo que foi submetido e aceito pelo periódico científico “Anais da Academia Brasileira de Ciência”.

OBJETIVOS

GERAL

Investigar a nível de comunidade e populações a variação morfológica de girinos de anuros de áreas do estado do Maranhão, Brasil, associando a morfologia do grupo de estudo com aspectos da ecologia das espécies.

ESPECÍFICOS

- Apresentar informações da biologia e morfologia das espécies estudadas;
- Investigar os atributos morfológicos de comunidades de girinos de diferentes poças temporárias e relacionar o espaço morfológico com aspectos da ecologia das espécies;
- Analisar a variação da morfologia de populações de *D. nanus* e *D. minutus* e relacionar a morfologia com as características espaciais do ambiente em que foram coletados;

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

COMUNIDADES

Comunidades biológicas são associações de populações definidas pela natureza de suas interações ou pelo lugar em que vivem (RICKLEFS, 2003). Esforços têm sido feitos para desemaranhar e delinear as forças envolvidas no agrupamento de espécies nestas comunidades biológicas (BROOKS; McLENNAN, 1993), o que tem produzido muita informação, mas ao mesmo tempo, muita controvérsia sobre a interpretação das informações obtidas. Assim, a questão central da ecologia de comunidades é a explicação da origem e a manutenção das combinações de espécies que coexistem em determinadas situações ambientais (LEWINSOHN, 1990).

Para interpretar os padrões estruturais das comunidades têm sido utilizadas diferentes abordagens. Abordagens quantitativas são um mundo e envolvem processos locais e regionais. Atualmente tem sido muito abordado o uso da abundância específica como fonte de dados (RICKLEFS; TRAVIS, 1980). Essa abordagem gera resultados que permitem estruturar as comunidades em riqueza de espécies, diversidade e composição. Esses dados permitem o encontro de padrões de estruturas de comunidades, a comparação de diferentes assembleias e assim a busca de processos explicativos para a compreensão da ecologia das comunidades.

Os atributos morfológicos são um conjunto de dados que têm sido utilizados para analisar a estrutura das comunidades. Esta abordagem parte da premissa que as adaptações dos organismos refletem suas relações ecológicas (CODY; MOONEY, 1978). Desta forma, um ambiente particular restringe a morfologia e a ecologia de uma maneira paralela, assim, padrões em ecologia de agrupamentos de espécies podem ser deduzidos através de seus caracteres morfológicos (MULLANEY; GALE, 1996).

Estudos de estruturação de comunidade utilizando riqueza e abundância têm sido abundantes ao longo dos anos (BONJOUR et al, 2018; HERO, 1998; KNAUTH, 2018; LEÃO-PIRES et al., 2018; SKELLY; 1997). Quanto aos estudos de atributos morfológicos para estruturação de comunidade, são mais incipientes, destacando-se os estudos para comunidades de peixes (WATSON, BALON 1984; BARRELLA et al. 1994; BEAUMORD, PETRERE-JR. 1994; WINEMILLER et al. 1995; CLIFTON, MOTTA 1998; HUGUENY, POUILLY 1999; POUILLY et al., 2003).

Estudos que buscam identificar padrões da estruturação da comunidade no espaço morfométrico comumente recebem o nome de ecomorfologia. Esta abordagem parte da premissa que a morfologia dos organismos está relacionada a aspectos de sua ecologia (NORTON et al., 1995). Assim, as variações morfológicas das espécies refletiriam o uso diferenciado de recursos e conseqüentemente afetariam o espaço ecológico das espécies (RICKLEFS et al., 1981). Carvalho e Araújo (2007) estudando uma comunidade de lagartos de restinga identificou que o espaço morfológico está estruturado com base nos grupos ecológicos forrageadores ativos e senta-e-espera. Teixeira e Bennemann (2007) identificaram que a comunidade de peixes da área de estudos apresentava uma morfologia que separava as espécies quanto ao uso do habitat associado a uma ecologia trófica diferenciada, assim havia o grupo de peixes nectônicos e bentônico com padrões alimentares diferenciados.

Nos estudos de estruturação da comunidade com esta abordagem a principal fonte de dados são características morfométricas. Com auxílio de análises multivariadas os dados morfométricos são inseridos no espaço morfométrico, onde sua forma é representada (PERES-NETO, 1999). Assim, em uma comunidade as espécies podem ser representadas no espaço morfológico permitindo identificar agrupamentos de espécies como morfologia similares. Um exemplo clássico de agrupamento de espécies com base nos seus atributos morfológicos é aquele apresentado por Altig e Johnston (1989) que classifica os girinos de anuros em guildas ecomorfológicas, por exemplo, os autores dividem os girinos de corpo lênticos nas seguintes guildas: arbóreos, bentônicos, nectônicos, carnívoros, macrófagos, neustônicos, alimentadores de suspensão e respadores de suspensão.

É importante destacar que a descrição da estrutura morfométrica de uma comunidade não significa a representação dos demais espaços ecológicos da mesma (e.g. espaço trófico), mas sim a representação da ordenação dos dados morfométricos das espécies estudadas. Dentro da perspectiva dos estudos ecomorfológicos torna-se necessária a associação do espaço morfológico com aspectos da ecologia das espécies. Desta forma, o passo seguinte nos estudos ecomorfológicos é a correlação do espaço morfológico com os demais espaços ecológicos da comunidade. Oliveira et al. (2010) correlacionou o espaço morfológico com as guildas tróficas e espaciais. Nesta pesquisa foi observado que a morfologia externa de peixes estava mais associada à ecologia trófica das espécies e que uma abordagem ecomorfológica é eficiente para descrever o padrão de estruturação da comunidade.

A ecomorfologia é definida como a correlação entre a morfologia e a ecologia (WINKLER, 1988). Assim, estudos ecomorfológicos estariam mais próximos em estudos que buscam encontrar esta correlação do que aqueles que fazem apenas a descrição da

estruturação morfométrica da comunidade. A morfologia descritiva compreende a descrição da forma, incluindo o morfoespaço ocupado por espécies de uma comunidade (BOCKS, 1994). Porém, se no estudo for realizada uma correspondência com aspectos da ecologia, o mesmo estudo pode se enquadrar na descrição de ecomorfologia. Bocks (1994) apresenta definições e exemplos que ajudam a esclarecer este conflito. Por exemplo, Bocks, 1994, num estudo com Famílias de besouros, baseado na morfologia descritiva e comparativa o autor inferiu haver diferenças na performance do aparato bucal entre as espécies. Em outro exemplo, este autor apresenta um estudo onde realizou a associação entre o desempenho saltatório e a morfologia do tarso para besouros do gênero *Stenus*. Assim, mesmo com abordagens de análises diferentes, ambos estudos podem ser considerados estudo do tipo ecomorfológicos.

A ecomorfologia pode ser usada como ferramenta de morfologia evolutiva, onde as características morfológicas fomentam comparações que definem grupos sistemáticos e podem ajudar na descrição da história evolutiva das espécies (BOCKS, 1994). Costa-Paiva e Paiva (2007) analisando a morfologia de espécies de *Eunice* (Anelidae: Polychaeta) informaram que análises morfométricas podem ser utilizadas como uma importante ferramenta para a taxonomia, pois permitiram discriminar as espécies entre si.

Hulsein e Wainwright (2002) apontam que a análise morfológica pode contribuir para o melhor entendimento da estruturação da comunidade. Nogueira et al. (2005) analisando a morfologia de morcegos frutívoros verificaram que a diferenciação morfológica não é explicada unicamente pela guilda trófica estabelecida. Assim, a morfologia permitiu que fossem encontrados subgrupos dentro desta guilda trófica, apontando uma necessidade de refinamento na classificação dos tipos de guildas, ou seja, dentro da guilda frugívoras dos morcegos existe a possibilidade de mais divisões.

Segundo Hutchinson apud Begon et al. (2007) nicho seria um “espaço multidimensional” resultante de várias características que condicionam a existência de determinada espécie. Considerando o conceito da ecomorfologia, é esperado que as propriedades ecológicas de uma espécie se reflitam direta ou indiretamente à sua morfologia. A Hipótese de Variação de Nicho (VAN VALEN, 1965 apud CARRASCAL et al., 1995) prevê que animais que possuem hábitos alimentares mais variáveis poderão apresentar uma morfologia mais variável. Assim, propriedades do nicho ecológico, tais como largura e sobreposição, podem ser obtidas para a morfologia de forma a refletir a ecologia. Carrascal et al. (1995) apontam que a morfologia de uma espécie pode ser considerada um importante fator explicativo da sua largura de nicho. Rickfles et al. (2008) apontaram que o estudo da

amplitude e sobreposição de nicho morfológico apresentaram padrões semelhantes àqueles encontrados para os tipos de nicho (e.g. espacial, temporal e trófico).

POPULAÇÕES

Na organização da diversidade biológica ocorrem descontinuidades que podem representar limites entre grupos de seres vivos (DOBZHANSKY, 1982). Uma forma de se estudar a variação é através da detecção de prováveis subunidades evolutivas independentes. A análise quantitativa da variação morfológica é uma análise que permite discriminar essas unidades. A variação morfológica entre unidades geograficamente separadas é comum (MAYR, 1971), porém o diagnóstico desta variação e os fatores associados a elas ainda é incipiente em várias espécies

O estudo da morfologia compreende a descrição de estruturas anatômicas, a identificação de padrões e suas explicações funcionais (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006). A análise quantitativa da variação morfológica compõe estudos morfométricos (ROLF, 1990). Detectar e descrever variações nos caracteres quantitativo como meio de discriminação entre unidade biológicas é um dos principais objetivos da morfometria (DIAS; CRUZ, 1993). Sendo que estes processos de divergência podem ser de natureza genética ou devido pressões ambientais sofridas pelas espécies. Nesta perspectiva, Bookstein (1991) define os estudos morfométricos como a análise da covariância entre a morfologia e seus fatores casuais. Desta forma, os estudos morfométricos representam uma forma de compreender a diversidade biológica e seus processos explicativos.

Existem dois tipos básicos da variação que podem ser considerados do ponto de vista evolutivo (MAYR, 1971). Primeiro, a “Variação Individual”, que considera a diferença entre indivíduos numa única população, que pode ser: dimorfismo sexual, ontogenia e polimorfismo. Vieri et al. (2008) analisando a morfologia do crânio de *Proceratophrys cristiceps* identificou dois morfotipos de uma população deste anfíbio, sendo essa divisão corroborado pelo polimorfismo na coloração. O segundo tipo compreende a variação entre populações, a “Variação de Grupo”. O estudo das variações dos caracteres de populações ao longo do espaço geográfico fornece testes de hipóteses geográficas que são importantes para compreender a diversidade morfológica da espécie (MAYR, 1971).

A variação geográfica entre populações é uma consequência inevitável da variação geográfica do ambiente (MAYR, 1971). No estando, essa variação pode ser acompanhada de

unidades de unidades evolutivas independentes e aponta a existência de grupos taxonômicos diferenciados (REIS et al., 2002). Reis et al. (2002) identificaram dois grupos morfológicos distintos de *Thrichomys apereoides* (Rodentia: Echimyidae) que se caracterizam como unidades evolutivas independentes, cuja descontinuidade morfológica foi atribuída a processos históricos de diferenciação.

Além do reconhecimento das unidades evolutivas independentes, os estudos morfométricos buscam compreender as causas que levam a esta variação. Uma primeira causa da variação geográfica é a distância geográfica, onde populações mais próximas geograficamente apresentam maior similaridade entre si do que se comparado com amostras mais distantes (GOULD; JOHNSTON, 1972). Padhye et al. (2012) estudando um anuro, *Hylarana malabarica* (Tschudi 1838), não identificou correlação entre os dados de morfometria e genética e a distância geográfica entre as populações estudadas. Desta forma, eles concluíram que provavelmente *H. malabarica* compreende um complexo de espécies, sendo algumas ainda não categorizadas como tal.

Outra fonte importante de variação geográfica é aquela associada às leis ecogeográficas, como o caso da Regra de Bergmann. Neste caso, indivíduos localizados em locais com menores temperaturas apresentam maiores tamanhos comparados aos seus co-específicos localizados em regiões mais quentes. Baraquet et al. (2012) observou que o aumento de tamanho em populações Do anuro *Hypsiboas cordobae* (Barrio 1965) foi correlacionada a diferenças latitudinais entre as localidades, similar à Regra de Bergmann.

As variações descritas anteriormente representam a plasticidade fenotípica das espécies. Miner et al. (2005) discutem a importância deste fenômeno na estruturação da diversidade biológica. A plasticidade fenotípica pode estabilizar populações, uma vez que as respostas são dependentes da densidade. Por exemplo, caso um predador afete o fenótipo de uma espécie e conseqüentemente reduza o consumo de recursos pela presa, esta cascata permitirá a coexistência com outra espécie. Outro exemplo de como a plasticidade fenotípica pode afetar a diversidade é o caso apresentado em Schmitz (2003) no qual aranhas promovem o aumento da diversidade de plantas. Isso ocorre porque as aranhas induzem os herbívoros a buscarem refúgio e consumir as plantas mais abundantes. Isso permite que plantas competitivamente inferiores cresçam e conseqüentemente ocorre um aumento da diversidade local.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I: CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS¹

INTRODUÇÃO

A história natural descreve onde estão os organismos e o que fazem em seus respectivos ambientes, incluindo as interações entre eles. Estudos desta natureza são do tipo descritivo e representam peças fundamentais no estabelecimento de hipótese para estudos posteriores (GREENE, 1994). Assim, a história natural possibilita o reconhecimento de padrões e seus mecanismos causais, sendo a informação básica da ecologia (RICKLEFS, 1990) e de fundamental importância para outras áreas da biologia, como biologia evolutiva e conservação (GREENE; LOSSOS, 1988; HILLIS, 1995).

Atualmente o Brasil apresenta uma riqueza 1136 espécies de anuros (SEGALLA et al., 2019), o que coloca o país como o detentor da maior diversidade em anfíbios no mundo (FROST, 2015). Estudos vêm indicando um declínio populacional de anuros em todo o mundo (BLAUSTEIN; WAKE, 1990). Sendo que este processo é prejudicial para a biodiversidade como um todo, pois os anuros desempenham papel fundamental na natureza como predadores e presas de diferentes organismos. Considerando esse quadro de declínio de populações é provável que informações biológicas sobre muitas espécies de anuros sejam perdidas em decorrência de sua extinção. Quando se considera os girinos esse padrão é mais crítico, pois devido ao desconhecimento da biologia de diversas espécies torna-se difícil estabelecer padrões de mitigação de impactos para evitar esta crescente extinção de espécies de anuros (ANDRADE et al., 2007).

Desta forma, torna-se essencial a descrição de informações biológicas básicas para as espécies de anuros, pois podem ser utilizadas como instrumento de educação ambiental e conservação dos anfíbios. Neste capítulo apresentamos as informações referentes aos adultos e girinos de algumas espécies de anuros. Para alcançar este objetivo foi realizado o levantamento bibliográfico de publicações científicas em banco de dados (Web of Sciece,

¹ Os dados apresentados neste capítulo serão publicados no livro “Anfíbios e Répteis de Camaputua e seus entornos: Guia Prático da Herpetofauna Local”. Atualmente o livro encontra-se em estágio de revisão e editoração.

PUBLICAÇÃO: FRANÇA, Hidayane dos Santos; SÁ, Daniella Pereira de; GARCIA NETO, Patrício Getúlio; LOPES; Gildevan Nolasco; ANDRADE, Gilda Vasconcellos de. **Anfíbios e Répteis de Camaputua e seus entornos: Guia Prático da Herpetofauna Local**. [sn], 2019. 40p.

SciELO e Google Acadêmico) colocando os nomes das espécies e suas sinônimas como palavras-chaves. A partir deste levantamento foram selecionados aqueles artigos que apresentavam as informações biológicas que foram resumidas a seguir. As espécies aqui apresentadas representam anurofauna de uma comunidade quilombola no município de Cajari. Este conjunto de espécies engloba os girinos que são estudados nos demais capítulos desta tese. As informações sobre as espécies estão apresentadas no formato de livro (guia de campo).

DESENVOLVIMENTO

Rhinella marina (Linnaeus, 1758)

Apresenta distribuição desde a Amazônia no Brasil até o sul do Texas nos Estados Unidos. Possui grande porte (cerca de 20 cm). Sapo bem robusto, o dorso é coberto por tubérculos e atrás dos olhos estão as glândulas parótidas bem desenvolvidas. O dorso tem um fundo em diferentes tonalidades de marrom com manchas negras. O ventre é creme com pequenos pontos marrons, com ou sem manchas acinzentadas. Terrestre e noturno. Costumam cantar nas margens de poças grandes e permanentes, durante todo o ano. A reprodução ocorre principalmente durante a estação chuvosa. A desova (4 a 10 mil ovos) é feita na superfície d'água formando um cordão gelatinoso. Os girinos são pretos e formam aglomerados no fundo das poças.



Figura 1 – *Rhinella marina*

***Dendropsophus minutus* (Peters, 1872)**

Esta espécie pode ser encontrada em quase toda a América do Sul. Possui pequeno porte (cerca de 2 cm). São pererecas de corpo delgado e com discos adesivos em seus dedos que auxiliam em seu estilo de vida. Possuem uma coloração amarronzada no dorso, apresentando manchas de tonalidade mais escura que recobrem desde a cabeça até as pernas, mas apenas na porção dorsal. O ventre é mais esbranquiçado, não apresentando manchas. Geralmente encontrada em corpos lânticos, empoleirada em arbustos ou galhos próximo de poças (temporárias ou permanentes), áreas abertas e alagadas. Os ovos formam uma massa globular aderida plantas emergentes da poça. O girino é comprimido lateralmente. Os indivíduos ficam dispersos na coluna da água próximo a vegetação herbácea.



Figura 2 – *Dendropsophus minutus*

***Elachistocleis bumbameubi* (Caramaschi, 2010)**

Este microhilideo é endêmico do Maranhão. Apresenta médio porte (pode variar de 2 a 4 cm). Rã de corpo ovoide, cabeça pequena e triangular. Dorso levemente rugoso. Dorso predominante cinza escuro, sem qualquer mancha ou listra. Ventre acinzentado com pontos brancos diminutos. Possui hábito terrestre e noturno. Pode ser encontrada em meio à serapilheira. Coloca os ovos em espumas flutuantes sobre água. O girino apresenta o formato

globular e uma coloração amarronzada com manchas esbranquiçadas.



Figura 3 – *Elachistocles bumbameuboi*

***Boana multifasciata* (Gunther, 1859)**

Espécie bem abundante e distribuída, sendo encontrada em vários países da América do Sul, como Venezuela e Guiana Francesa. De médio porte (cerca de 5 cm). Esguia de pele lisa com presença de discos adesivos. Dorso amarronzado com listras horizontais escuras. Ventre esbranquiçado. Arborícola e noturno. Pode ser encontrado em vegetação marginal de lagoas permanentes. As fêmeas depositam seus ovos sobre a superfície da água em uma monocamada Os girinos apresentam corpo globular e se distribui de forma agregada no ambiente.



Figura 4 – *Boana multifasciata*

***Boana raniceps* (Gunther, 1859)**

Espécie tipicamente amazônica, podendo ser encontrada em diferentes países, como Colômbia e Guiana Francesa. De médio porte (cerca de 5 cm). Pele lisa exceto na região torácica. Presença de discos adesivos. Possui corpo esguio. Dorso marrom-escuro ou avermelhado com listras horizontais mais escuras. Banda marrom escuro que passa pelo olho e vai até a margem posterior do tímpano. Ventre esbranquiçado. Arborícola e noturno. Encontrada em vegetação próxima de lagoas e de rios. Esta espécie apresenta ovos em copo d'água lântico dos quais se desenvolvem girinos exotrófico Os girinos apresentam o corpo globular e com coloração amarronzada e pontos pretos.



Figura 5 – *Boana raniceps*

***Leptodactylus fuscus* (Schneider, 1799)**

Apresenta-se bem distribuída por boa parte da América do Sul chegando até países na América Central, como Panamá. De médio porte (cerca de 5 cm). Rã relativamente robusta de pele lisa. Dorso amarronzado recoberto por pequenas manchas pretas. Podem possuir uma listra longitudinal de aspecto mais claro que atravessa o centro do dorso. Terrestre e noturno. Pode ser encontrada em vários tipos de áreas abertas, como cerrado, áreas degradadas e ambientes urbanos. Os ovos estão envoltos em espumas e são depositados em cavidade subterrânea no solo lamoso próximo à borda da lagoa. As larvas eclodem na espuma e migram para a água. Os girinos apresentam o corpo globular deprimido com coloração marrom escura na região dorsal e castanha na região ventral.



Figura 6 – *Leptodactylus fuscus*

***Leptodactylus labyrinthicus* (Spix, 1824)**

Típica do Cerrado e Caatinga brasileira, também podendo ocorrer na região sul do país, chegando até o Paraguai. De grande porte (cerca de 15 cm). Rã robusta com pele relativamente rugosa que secreta um muco bactericida. Coloração dorsal é marrom escuro ou castanho claro com pequenos pontos pretos. Possui um padrão de manchas triangulares negras pelo maxilar superior. Coloração avermelhada na região da coxa. Ventre esbranquiçado com um padrão de manchas escuras. Terrícola e noturno. Os ovos são depositados em cavidade, onde apenas 6% são fertilizados e os demais são ingeridos pelas larvas eclodidas. O girino é globular-deprimido com coloração acinzentada com manchas e faixas claras.



Figura 7 – *Leptodactylus labyrinthicus*

***Leptodactylus macrosternum* (Miranda-Ribeiro, 1926)**

Amplamente distribuída pela América do Sul. De médio porte (cerca de 7 cm). Rã relativamente robusta de pele pouco rugosa. Dorso esverdeado ou castanho claro, com presença de manchas escuras de contorno claro. Presença de listra branca no lábio superior. Ventre esbranquiçado, sem manchas. Terrestre e noturno. Espécie que pode ser encontrado em brejos, açudes, próximo a poças temporárias ou permanentes de áreas abertas. Os ovos são depositados no ninho de espuma sobre a superfície da lagoa. Os girinos se distribuem cardumes de 25cm que ficam subindo e descendo na coluna d'água da gerando bolhas.



Figura 8 – *Leptodactylus macrosternum*

***Pithecopus hypochondrialis* (Daudin, 1800)**

De ampla distribuição pela América do Sul, desde a Guiana Francesa até Argentina. De médio porte (cerca de 4 cm). Perereca de corpo delgado e pele lisa. Possui discos adesivos nos dedos. Olhos avantajados. Dorso esverdeado. Laterais do corpo e das patas, tanto posteriores quanto anteriores, de coloração alaranjada intercalada por pequenas manchas negras. Ventre esbranquiçado. Arborícola e noturna. Pode ser encontrada em arbustos e outros tipos de vegetação herbácea em campos abertos inundáveis sazonalmente e também em florestas tropicais. Os ovos dessa espécie são colocados em uma massa gelatinosa dentro de folhas sobre as poças, quando é que os girinos eclodem caem na água. A larva possui um corpo ovóide e a nadadeira dorsal baixa quase da altura do corpo.



Figura 9 – *Pithecopus hypochondrialis*

***Physalaemus cuvieri* (Fitzinger, 1826)**

Possui ampla distribuição pelo Brasil, com ocorrência também no Paraguai e Bolívia. De pequeno porte (cerca de 3 cm). Possui a pele lisa bem lisa. Dorso amarronzado ou castanho claro com presença de manchas um pouco mais escuras irregulares de contorno claro. Ventre esbranquiçado com manchas acinzentadas irregulares. Manchas alaranjadas na parte interna das coxas. Mancha preta bem evidente que surge após a região ocular e segue pelas laterais do corpo. Terrícola e noturno. Ocorre em vários tipos de ambiente tais como campos abertos, cerrado e pastos. Os ovos são depositados no centro de espumas que os protege contra a ressecção. O girino apresenta o corpo deprimido com formato globular e tem uma coloração amarronzada levemente pigmentada.



Figura 30 – *Physalaemus cuvieri*

***Scinax nebulosus* (Spix, 1824)**

Espécie de ocorrência no norte da América do Sul. De pequeno porte (cerca de 2 cm). Presença marcante de várias glândulas na superfície dorsal, especialmente na região da cabeça. Presença de discos adesivos nos dedos. Corpo esguio. Dorso amarronzado escuro, enquanto o ventre é esbranquiçado com presença de manchas escuras próximas das laterais e na região da cabeça. Arborícola e noturna. Costuma ser encontrada nas bordas de poças temporárias em florestas tropicais durante o período chuvoso. Consegue sobreviver bem em cerrado úmido e em ambientes antropizados, como pastos.



Figura 41 – *Scinax nebulosus*

***Scinax x-signatus* (Spix, 1824)**

Ocorre em boa parte do território nacional, sendo amplamente distribuída. De pequeno porte (cerca de 2 cm). De corpo delgado e pele lisa. Possui discos adesivos nos dedos. Dorso castanho claro com a presença de uma mancha em forma de “x” nas costas castanho-escuro, que dá nome à espécie. Ventre claro, meio amarelado. Arborícola e noturno. É típica de florestas tropicais, cerrado e até mesmo em campos abertos, sendo encontrada próxima de poças temporárias durante temporada de chuva.



Figura 52 – *Scinax x-signatus*

***Leptodactylus latrans* (Steffen, 1815)**

Espécie de ampla distribuição pela América do Sul, sendo encontrada em quase todo o território nacional. De grande porte (cerca de 10 cm). Rãs robustas de pele lisa. Possuem pregas longitudinais proeminentes no dorso. Dorso castanho-escuro com manchas mais enegrecidas de contorno claro. Ventre esbranquiçado. Terrícola, diurno e noturno. Habita áreas de campo aberto, podendo ser encontrada próxima de poças, lagos pequenos e campos inundáveis. Essa espécie deposita seus ovos em ninhos de espuma que flutuam sobre a água. Os girinos apresentam o comportamento de cardume e há cuidado parental após a eclosão, onde os girinos ficam próximo da mãe.



Figura 6 – *Leptodactylus latrans*

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II: MORFOLOGIA EM COMUNIDADES DE GIRINOS²

INTRODUÇÃO

Estudos de comunidade tem como foco central entender a organização das espécies e determinar quais fatores são importantes nessa estruturação (BEGON et al., 2006). No geral, nestas pesquisas utiliza-se abundância das espécies como banco de dados, porém dados morfométricos também podem ser utilizados para descrever e comparar as comunidades. Estudos com aves (HESPENHEIDE, 1973; CODY, MOONEY 1978; RICKLEFS, TRAVIS, 1980), com lagartos (IRSCHICK et al., 1997; RICKLEFS et al., 1981) e com peixes (GATZ, 1979) apontam como as comunidades podem ser representadas no espaço morfológico. Desta forma, estudos morfológicos representam uma forma de compreender as comunidades.

Estudos morfológicos ajudam a entender a estruturação de espécies em uma comunidade e, conseqüentemente, sua coexistência. As restrições ambientais impostas à adaptação dos organismos são expressas simultaneamente em sua morfologia e ecologia (KARR; JAMES, 1975). Ecomorfologia é o estudo da covariação entre a forma da espécie e sua ecologia (WINKLER, 1988) e compreende uma maneira de analisar essa simultaneidade. Nesta abordagem, a existência de uma relação entre o espaço morfológico e a ecologia das espécies torna a morfologia um bom indicador das relações ecológicas (BETZ, 2006). Oliveira et al. (2010) discutiram que era possível encontrar preferências ecológicas das espécies por meio da morfologia, sendo uma ferramenta importante para entender a estrutura da comunidade.

Vários fatores afetam a organização das espécies em comunidades de girinos neotropicais, mas o grau de influência de cada fator ainda não está claro (RODRIGUES, 2006). Borges-Júnior e Rocha (2013) apontaram algumas tendências, como o hidroperíodo e a heterogeneidade do habitat serem fatores modeladores de comunidade de girinos em corpos lânticos. Por exemplo, o hidroperíodo pode levar à distribuição espacial diferenciada entre espécies pertencentes a guilda ecomorfológica diferentes (BOTH et al., 2011a), indicando a importância da morfologia na compreensão dos padrões comunitários. Altig e Johnston

² Os dados apresentados neste capítulo serão organizado na forma de artigo e submetidos posteriormente na revista “Herpetology Note”.

(1989) ao organizar as espécies de girinos em guildas ecomorfológicas sinalizaram que a morfologia das espécies está relacionada a sua ecologia. A existência de uma relação entre ecologia e morfologia em girinos foi apontada por estudos que encontraram correlação do espaço morfológico com aspectos ecológicos como o comportamento de forrageamento na coluna d'água (DIAS, 2008; PEZZUTI, 2011).

Considerando a morfometria como uma ferramenta útil para o entendimento dos processos ecológicos responsáveis pela organização das comunidades, este estudo teve como objetivos: (1) descrever o espaço morfológico de comunidades de girinos na ilha do Maranhão, Amazônia Oriental. (2) relacionar o espaço morfológico com características ecológicas das espécies (guilda ecomorfológica, posição na coluna d'água e alimentação). Esperava-se encontrar diferenças morfológicas entre as espécies, mas que as mesmas se agrupassem em morfotipos similares e que o espaço morfológico apresentasse relação com pelo menos um aspecto da ecologia da espécie.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os girinos analisados estavam depositados na Coleção de Herpetologia da Universidade Federal do Maranhão (HUFMA). Os girinos são provenientes de 05 poças temporárias isoladas localizadas em três comunidades agrícolas da Ilha do Maranhão (02°38'S 44°13'O; 02°35'S 44°09'O; 02°28'S 44°09'O), norte do Maranhão, Brasil. A região está inserida no Bioma Amazônico com influência costeira, porém a vegetação nas poças é do tipo secundária em área aberta. O clima da região é do tipo Aw segundo Köppen, com temperatura média anual de 27°C, precipitação média anual de 2200 mm e uma estação chuvosa de janeiro a junho (INMET, 2018). Os conjuntos de espécies de cada poça foram considerados diferentes comunidades. Apenas girinos entre os estágios de desenvolvimento 35-39 (Gosner, 1960) foram selecionados com o objetivo de padronizar a fase de desenvolvimento e evitar efeitos de alometria.

Cada indivíduo foi fotografado em vista lateral utilizando um estereomicroscópio com câmera acoplada. Posteriormente, as mensurações foram das fotografias através do software Axion Vision 4.8. As seguintes medidas foram coletadas (Figura 01): distância do olho ao focinho (DOL), comprimento do corpo (CCO), comprimento da nadadeira (CNA), altura do olho (AOL), altura do corpo (ACO), altura da musculatura caudal (AMU) e altura máxima da nadadeira (ANA). As espécies foram classificadas ecologicamente da seguinte

forma: (i) posição na água (fundo e meia-água); (ii) guilda ecomorfológica (nectônicos, bentônicos, forrageadores de suspensão; raspadores de suspensão; carnívoros e macrófagos).

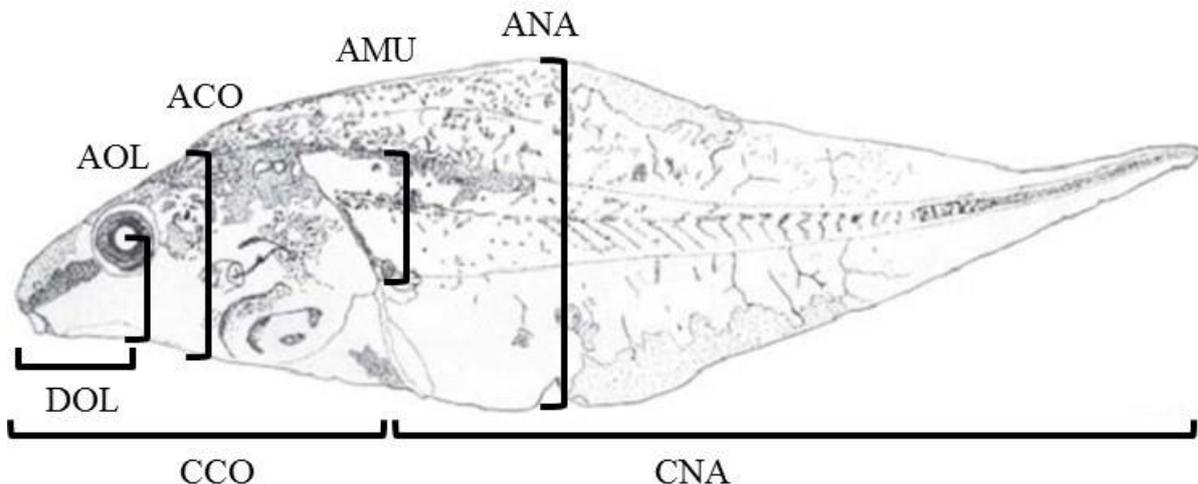


Figura 4 – A vista lateral de um girino, mostrando as sete medidas lineares utilizadas para a análise da variação morfológica no presente estudo distância do olho ao focinho (DOL), comprimento do corpo (CCO), comprimento da nadadeira (CNA), altura do olho (AOL), altura do corpo (ACO), altura da musculatura caudal (AMU) e altura máxima da nadadeira (ANA).

Inicialmente, as medidas morfométricas foram transformados usando Log_{10} e o método Burnaby foi usado para eliminar o efeito de tamanho. A estrutura de cada comunidade foi avaliada separadamente por meio de Análise de Componentes Principais nos dados transformados. Posteriormente, uma Análise de Cluster (UPGMA) foi aplicada usando os escores médios (centróides) dos dois primeiros componentes principais para cada comunidade, a fim de visualizar a organização do espaço morfológico.

As matrizes de distâncias das espécies foram obtidas usando a distância euclidiana para os diferentes conjuntos de dados (morfometria, guildas ecomorfológicas, posição na água e comportamento alimentar). Em seguida, o teste de Mantel foi aplicado para testar as correlações entre o espaço morfológico e as matrizes ecológicas. Por fim, aplicou-se uma Análise de Variância Não-Paramétrica Multivariada (NPMANOVA), tendo como preditor o fator ecológico relevante para o espaço morfológico indicado no Teste de Mantel. Este conjunto segundo conjunto de análise foi realizado para os dados agrupados de todas as poças, pois, a variação morfológica intraespecífica entre as poças estudadas não deve alterar a posição da espécie dentro do espaço ecomorfológico. A segunda razão para não realizar os testes separadamente para cada poça é porque violaria suas premissas. Os testes foram realizados utilizando o software Past 3.2 (HAMMER et al., 2018).

RESULTADOS

Um total de 12 espécies foram identificadas. Elas foram classificadas em seis tipos de guildas ecomorfológicas seguindo Altig e Johnston (1989) e duas tipos de guilda espacial (Tabela 1). As comunidades foram compostas em média por cinco espécies (42% do total de espécies) e de três guildas ecomorfológicas (33% do total). A Comunidade 4 apresentou maior riqueza de espécies (8 espécies), mas a quantidade de guildas ecomorfológicas foi similar às demais. A seguir são apresentadas as análises do espaço morfológico de cada comunidade (Figura 2).

Tabela 3: Espécies de girinos identificadas na Amazônia Oriental Maranhense e sua classificação de acordo com a guilda a que pertencem. Legenda: Nct, nectônicos; Sfd, alimentadores de suspensão; Bnt, bentônicos; Srp, raspador de suspensão; Crn, carnívoros; Mcr, macrófagos. Wcl, Meia-água; Wbt, Fundo.

Espécies	Ecomor- fologia ¹	Posição na Água	C01	C02	C03	C04	C05
<i>Scinax nebulosus</i> (Spix, 1824)	Nct	Wcl	X	X		X	
<i>Scinax x-signatus</i> (Spix, 1824)	Nct	Wcl	X		X	X	X
<i>Elachistocleis bumbameuboi</i> (Caramaschi, 2010)	Sfd	Wcl				X	
<i>Boana raniceps</i> (Cope, 1862)	Bnt	Wbt				X	
<i>Leptodactylus macrosternum</i> (Miranda-Ribeiro, 1926)	Bnt	Wbt				X	
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen, 1815)	Bnt	Wbt	X	X	X		X
<i>Rhinella marina</i> (Linnaeus, 1758)	Bnt	Wcl/ Wbt				X	X
<i>Physalaemus cuvieri</i> (Fitzinger, 1826)	Bnt	Wbt	X	X	X	X	X
<i>Pithecopus hypochondrialis</i> (Daudin, 1800)	Srp	Wcl	X	X	X		
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix, 1824)	Crn	Wbt		X			
<i>Leptodactylus vastus</i> (Lutz, 1930)	Crn	Wbt			X		X
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1889)	Mcr	Wbt				X	
Total de Espécies			05	05	05	08	05

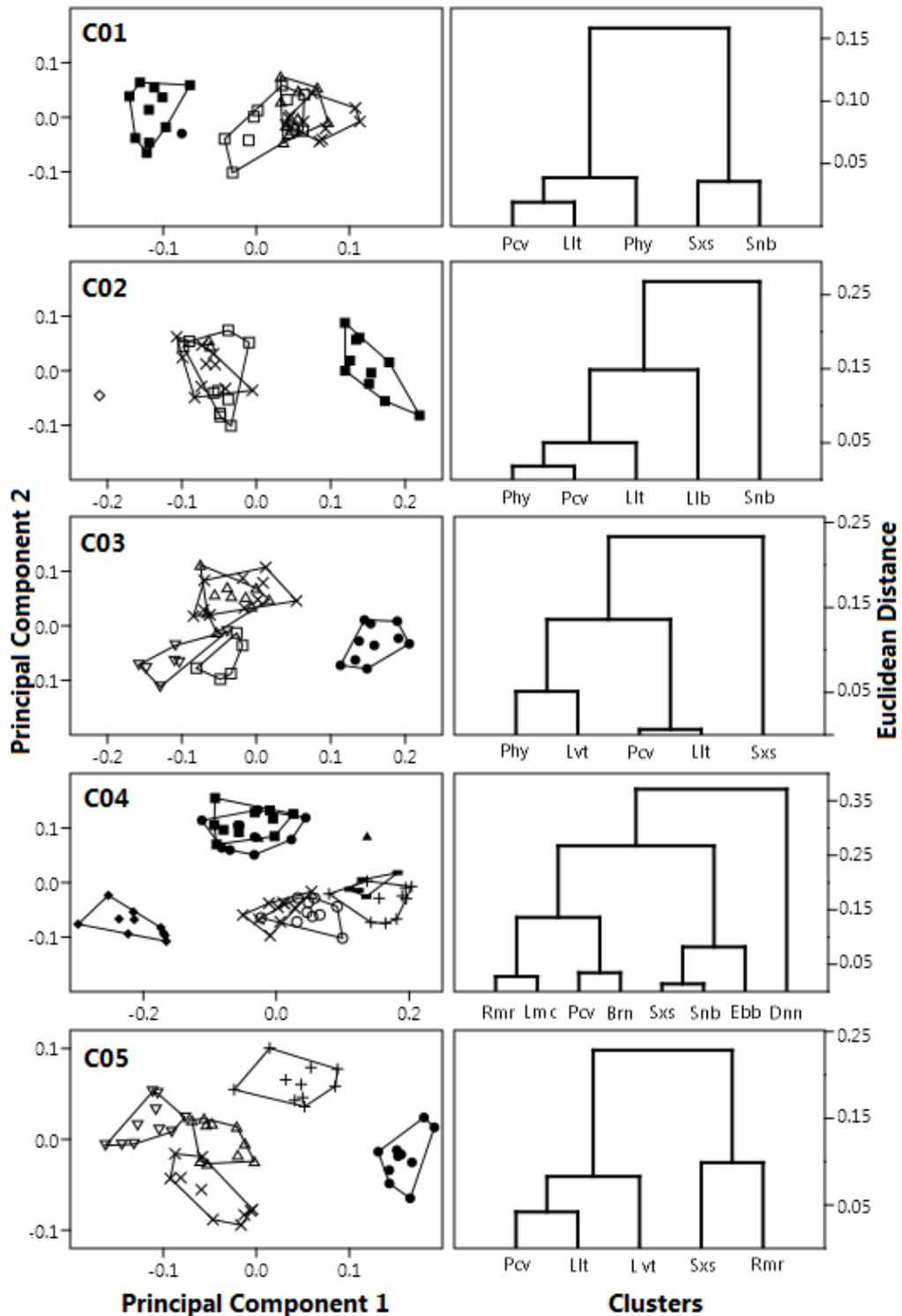


Figura 5 – Análise do espaço morfológico de espécies de girinos das diferentes comunidades estudadas. *Dendropsophus nanus* (◆, Dnn); *Elachistocleis bumbameuboi* (▲, Ebb); *Boana raniceps* (○, Brn); *Leptodactylus labyrinthicus* (◇, Llb); *Leptodactylus macrosternum* (Lmc, —); *Leptodactylus latrans* (△, Llt); *Leptodactylus vastus* (▼, Lvt); *Physalaemus cuvieri* (×, Pcv); *Pithecopus hypochondrialis* (□, Phy); *Rhinella marina* (+, Rmr); *Scinax nebulosus* (■, Snb); *Scinax x-signatus* (●, Sxs).

Na comunidade 01 os dois primeiros eixos da PCA acumularam 74.5% da variância total. O primeiro eixo da PCA permitiu a separação das espécies *S. nebulosus* e *S. x-signatus* das demais espécies no espaço morfométrico. A análise de cluster agrupou dois conjuntos de espécies constituídas por espécies de meia-água (Water Colum = Wc) e espécies de fundo (Water bottom = Wb): *S. nebulosus* + *S. x-signatus* (Wc); *P. hypochondrialis* + *P. cuvieri* + *L. latrans* (Wb).

Na comunidade 02 foi observado um padrão similar à comunidade anterior, onde o primeiro eixo (67.5% da variância total) separou *S. nebulosus* das demais espécies. A análise de cluster separou dois conjuntos de espécies: *S. nebulosus* (Wc); B) *L. labyrinthicus* + *P. hypochondrialis* + *P. cuvieri* + *L. latrans* (Wb). A espécie *L. labyrinthicus* se destacou das demais espécies do Grupo Wb ocupando a posição no extremo esquerdo do gráfico.

Na comunidade 03 a PC1 (59.9% da variação total) e análise de cluster permitiu novamente a separação das espécies de espécies de meia-água (*S. x-signatus*) das demais espécies que são de fundo (*L. vastus* + *P. hypochondrialis* + *P. cuvieri* + *S. x-signatus*). O segundo eixo da CPA (22.4% da variação total) separou as espécies *L. vastus* e *P. hypochondrialis* das espécies *P. cuvieri* e *L. latrans*.

Na comunidade 04, a divisão das espécies de meia-água e das de fundo encontrada nas outras comunidades foi evidenciada no segundo eixo da CPA (22.1% da variação total). Pois, o primeiro eixo (56.5% da variação total) permitiu a separação de *D. nanus* das demais espécies. A análise de agrupamento formou 03 grupos de espécies: *S. nebulosus* + *S. x-signatus* + *E. bumbameuboi* (espécies de meia-água); B) *B. raniceps* + *P. cuvieri* + *L. macrosternum* + *R. marina* (espécies de fundo); C) *D. nanus*.

Na comunidade 05 o primeiro eixo da PCA (65.6% da variação total) apresentou a espécie *S. x-signatus* no extremo direito do espaço morfométrico. O segundo eixo discriminou *R. marina* na parte superior do gráfico (14.7% da variação total). A análise de cluster agrupou dois conjuntos de espécies, uma que explora a coluna d'água e o substrato (*R. marina*), e o grupo de espécies de fundo (*P. cuvieri* + *L. latrans* + *L. vastus*). Neste último grupo, *L. vastus* se destacou das demais espécies.

A análise do espaço morfológico aponta para um padrão similar de organização do espaço morfológico entre as comunidades (Figura 03). Em geral, PC1 permitiu a separação de dois grupos de espécies de coluna d'água (*S. nebulosus*, *S. x-signatus* e *E. bumbameuboi*) daquelas que exploram o fundo d'água (outras espécies), exceto na comunidade 12, onde esta separação foi evidenciada pela CP2. A análise das cargas de CPA de cada comunidade (Tabela 02) revela que o grupo de coluna d'água é constituído por espécies com corpo e

nadadeira alto e olhos laterais. As espécies de fundo d'água (Wb) apresentam nadadeira alongada, corpo deprimido e longo com olhos dorsais. A análise de cluster, em geral, permitiu evidenciar *D. nanus*, *L. vastus* e *L. labyrinthicus* das demais espécies que compõem o Grupo Wb. Essas espécies, comparadas às demais espécies, possuem cauda mais alongada, com musculatura mais desenvolvida, corpo mais baixo e olhos laterais comparadas as demais espécies de fundo d'água (Tabela 2).

Tabela 4: Cargas das Variáveis e Variância Explicada (% VE) dos dois primeiros eixos da Análise do Componente Principal do espaço morfológico para cinco comunidades de girinos em São Luís, Maranhão. As duas variáveis mais importantes para a formação de cada componente principal estão em negrito. distância do focinho do olho (DOL), comprimento do corpo (CCO), comprimento da cauda (CNA), altura do olho (AOL), altura do corpo (ACO), cauda altura muscular (AMU) e altura máxima da cauda (ANA).

	C01		C02		C03		C04		C05	
	PC 1	PC 2	PC 1	PC 2	PC 1	PC 2	PC 1	PC 2	PC 1	PC 2
DOL	-0.52	0.39	0.29	0.34	0.85	-0.05	0.20	-0.23	0.58	0.75
CCO	0.87	-0.24	-0.91	-0.02	-0.56	0.65	0.83	-0.43	-0.78	0.54
CNA	-0.01	0.50	-0.82	-0.08	-0.87	-0.45	-0.90	-0.36	-0.90	-0.14
AOL	0.60	0.62	0.30	0.91	0.38	0.61	0.82	0.10	0.41	0.21
CCO	0.55	-0.26	0.44	0.37	0.62	0.67	0.91	0.26	0.55	-0.25
ANA	0.38	-0.81	-0.36	-0.68	-0.46	0.02	-0.32	0.11	-0.08	-0.70
AMU	-0.98	-0.03	0.99	-0.16	0.89	-0.43	-0.34	0.92	0.98	-0.04
VE%	57.05	17.48	67.52	15.95	59.99	22.37	56.55	22.14	65.60	14.66
Total	74.53		83.47		82.36		78.69		80.26	

Os resultados do teste de Mantel revelaram correlação significativa da matriz morfológica com a matriz das guildas ecomorfológicas ($r = 0.54$; $p = 0.0002$). Também encontramos relação significativa da matriz morfológica com a posição na coluna d'água ($r = 0.24$; $p = 0.05$). A NPMANOVA aplicada sobre os escores da CPA encontrou diferenças significativas no espaço morfológico ($F = 166.8$; $p = 0.0001$) ao utilizar as guildas ecomorfológicas como variável explicativa.

DISCUSSÃO

Foram encontrados dois agrupamentos morfológicos principais, com diferenças na altura da nadadeira e comprimento do corpo. Both et al. (2011b) identificaram dois morfotipos em uma comunidade de girinos, sendo um deles composto de girinos deprimidos (bentônicos) e outro por girinos comprimidos (nectônicos). A divisão bentônico e nectônico pode ir além do uso diferenciado de micro-habitat e estar relacionada à diferenças no comportamento locomotor, pois girinos de guildas diferentes podem utilizar os mesmos micro-habitats (DIAS, 2008). Peixes nectônicos apresentam corpo curto e comprimido e tem maior capacidade de fazer giros verticais, já peixes bentônicos com corpo alongado e deprimido teriam mais estabilidade sobre o substrato e conseguiriam realizar deslocamentos horizontais de forma mais eficaz (GATZ, 1979; OLIVEIRA et al., 2010). Para nosso estudo os girinos nectônicos com corpo curto e nadadeira alta poderiam apresentar maior capacidade de deslocamentos verticais, já os girinos bentônicos possuiriam maior capacidade de deslocamento sobre o substrato. Desta forma, os padrões morfológicos encontrados aqui estariam associados a diferenças comportamentais no uso do espaço pelos girinos.

Os resultados obtidos apontam uma subdivisão dentro do grupo dos bentônicos, que poderia indicar diferenças no comportamento de alimentação. Candiotti (2006) classificou espécies de girinos em macrófagos, micrófagos e generalistas com base na morfologia oral. A espécie *Dendropsophus nanus* está dentro do primeiro grupo. Já espécies como *L. labyrinthicus* e *L. vastus*, apesar de serem bentônicos também são classificados como carnívoros (SHEPARD; CALDWELL, 2005, VIERA et. al., 2007). A combinação uso do espaço e comportamento alimentar representa um papel importante na coexistência de espécies. Em Inger et al. (1986), apontou-se que o comportamento alimentar e o tipo de alimento ingerido pelas espécies estaria entrelaçado com a partição do nicho espacial. Em Rossa-Feres et al. (2004) o uso diferencial do recurso trófico não estaria associado apenas à ocupação de diferentes micro-habitats, mas também ao comportamento alimentar dos girinos. Desta forma, uma possível explicação para existência dos subgrupos dentro dos bentônicos poderia ser diferenças morfológicas associadas ao comportamento alimentar das espécies.

Foi encontrada correlação entre o espaço morfológico e as guildas ecomorfológicas, porém em relação ao hábito alimentar e à posição na coluna d'água, a correlação foi marginalmente significativa. Dias (2008) apontou que a posição ocupada na coluna d'água é refletida na morfologia e a altura da nadadeira destaca-se como variável importante. Em Pezzuti (2011), mesmo retirando-se o efeito da filogenia ainda houve correlação da morfologia e as guildas. Em Marques e Nomura (2012), apesar da importância dos papéis históricos, a morfologia ainda foi importante na escolha de micro-habitat. A presença de

relação do espaço morfológico com as guildas estabelecidas por Altig e Johnston (1989) apontam a importância do uso do recurso espacial e trófico sobre o espaço morfológico, pois as guildas propostas por eles representam aspectos destas duas dimensões do nicho ecológico. No nosso estudo, a organização do espaço morfológico indica que ele está relacionado a posição da espécie na coluna d'água, porém o tipo de forrageio do realizado pela espécie girino desempenham um papel importante na divisão do espaço morfológico.

Os resultados aqui apresentados revelaram um padrão similar de agrupamentos morfológicos das espécies para as diferentes poças. A detecção de convergência em comunidades sinaliza quais processos são importantes na determinação da estrutura atual da comunidade (PERES-NETO, 1999). Em Losos (1997), comunidades de *Anolis sp* apresentaram padrões similares de ecomorfotipo, indicando processos de convergência evolutiva entre espécies que ocupam o mesmo nicho morfológico. Já similaridades morfológicas entre comunidades apontam para uma redundância funcional. Strauß et al. (2010) identificou redundância funcional nas comunidades de girinos estudadas, inferindo que a competição não é um fator relevante importante na estruturação de comunidades. Estes autores apontaram que são os filtros ambientais, tais como as características do corpo d'água, que selecionam traços específicos dos girinos e conseqüentemente as espécies da comunidade (STRAUß et al., 2010). Dentro deste contexto, os resultados aqui apontados revelam uma redundância funcional entre as poças que apresentaram padrões de agrupamento de morfotipos similares, mesmo com diferenças na composição de espécies. Em seguida o fato dos agrupamentos morfológicos está associado à posição na coluna d'água aponta que diferenças na morfologia associadas ao uso do espaço favoreceriam a coexistência de espécies de girinos dentro de cada comunidade.

Observamos padrões similares de que o espaço de organização do espaço morfológico entre poças diferentes, sendo que o espaço morfológico estava relacionado à aspectos da ecologia da espécies, tais como sua posição na coluna d'água ou ao tipo de guilda ecomorfológica que a espécie pertence. Esses resultados apontam a importância dos estudos ecomorfológicos e o uso das guildas como abordagem para a melhor compreensão dos padrões estruturais de comunidades.

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III: MORFOLOGIA EM POPULAÇÕES DE GIRINOS³

INTRODUÇÃO

Dendropsophus nanus (Boulenger 1889) e *Dendropsophus minutus* (Peters 1872) são anuros da família Hylidae. Ambas as espécies são amplamente distribuídas na América do Sul (FROST, 2015) e cada um é considerada um complexo de espécies devido à considerável variação genética e morfológica encontrada entre as populações (GEHARA et al. 2014; MEDEIROS et al., 2003). Uma maneira de estudar essa variação é através da detecção de subunidades evolutivas potencialmente independentes, que podem feita através da análise quantitativa da variação morfológica (REIS et al., 1990). Várias espécies de *Dendropsophus* foram descritas recentemente (DIAS et al. 2017; MOTTA et al. 2012; RIVERA; ORRICO, 2013; ORRICO et al. 2014) e o número de espécies reconhecidas no gênero ainda não se estabilizou (MOTTA et al., 2012). Diante disso, o desenvolvimento de estudos que identifiquem padrões de variação morfológica será um primeiro passo essencial para a compreensão da diversidade desse grupo.

A variação geográfica entre as populações de uma determinada espécie é um resultado inevitável da variação espacial no ambiente, impulsionada pela divergência genética e / ou plasticidade fenotípica (MAYR, 1971). Uma das suposições básicas nos estudos morfométricos é que a morfologia de um organismo se correlacionará com seu modo de vida, de modo que os fenótipos são determinados pela variação nos fatores ambientais (NORTON et al., 1995). Diante disso, um segundo passo na pesquisa morfológica é correlacionar a variação morfométrica com seus possíveis fatores causais. A análise quantitativa da covariância entre as características corporais e seus fatores determinantes potenciais pode fornecer informações importantes sobre os padrões de variação morfológica (BOOKSTEIN, 1991). A variação fenotípica sistemática foi observada em vários estudos de girinos

³ Os dados apresentados neste capítulo foram submetidos nos Anais da Academia Brasileira de Ciência e estão no prelo.

PUBLICAÇÃO: LOPES; Gildevan Nolasco; SERRA, Raymony Tayllon Alves; PIORSKI, Nivaldo Magalhães; ANDRADE, Gilda Vasconcellos de. **Pond characteristics influence the intraspecific variation in the morphometry of the tadpoles of two species of *Dendropsophus* (Anura: Hylidae) from the Cerrado savanna of northeastern Brazil.** [sn], Anais da Academia Brasileira de Ciência, 2019. No prelo.

(MCCOLLUM; VAN BUSKIRK, 1996; NEWMAN 1992; SKELLY; WERNER, 1990; SMITH; VAN BUSKIRK 1995; STOLER; RELYEA, 2013).

As larvas de anfíbios apresentam considerável plasticidade em resposta a fatores ambientais (VAN BUSKIRK; RELYEA, 1998) e fornecem excelentes modelos para o estudo da variação fenotípica (MINER et al., 2005). Van Buskirk (2009) concluiu que a variação morfológica encontrada nas populações de girinos é, em parte, um produto da variação nos filtros abióticos apresentados pelo ambiente. Em um estudo experimental (TOUCHON; WARKENTIN, 2011), por exemplo, os girinos de *Dendropsophus ebraccatus* (Cope 1874) apresentaram variação morfológica resultante de uma combinação de filtros bióticos (predação) e abióticos (temperatura da água), indicando que mesmo pequenas variações nas condições abióticas podem influenciar expressão de diferentes fenótipos. No entanto, a maioria dos estudos de morfologia de girinos tem sido experimental, e tendem a se concentrar na plasticidade fenotípica intra-população, refletindo uma lacuna de conhecimento em termos de dados de campo (VAN BUSKIRK, 2009) e comparações interpopulacionais.

Ambos *D. nanus* e *D. minutus* estão amplamente distribuídos no Brasil, e são encontrados em áreas de savana do Cerrado, incluindo aquelas no sul do Maranhão, um estado no nordeste do Brasil (REICHLE et al., 2004). O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro (KLINK; MACHADO, 2005), que abrange um extenso mosaico de tipos de vegetação e uma alta diversidade de organismos (CAVALCANTI, 1999; SILVA; BATES, 2002). Para contribuir na compreensão dos fatores responsáveis pela variação morfológica em girinos tropicais, o presente estudo objetivou (1) descrever a variação morfométrica de diferentes populações de girinos de *D. nanus* e *D. minutus* no Cerrado do sul do Maranhão. (2) relacionar a variação observada na morfologia às características do lago (tamanho, substrato e vegetação da lagoa). Dada a complexidade ambiental do Cerrado e a premissa da correlação entre fatores ambientais e morfologia dos girinos, testamos as hipóteses de que os girinos de diferentes populações das duas espécies são morfologicamente distintos um do outro, e que essa variação intra-específica pode ser sistematicamente relacionada características específicas das lagoas que habitam.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os girinos foram coletados de 11 poças no sul do Maranhão na estação chuvosa, ou seja, nos meses de janeiro e fevereiro de 2012 e maio de 2013 (Tabela 1; Figura 1). As poças foram classificadas como corpos d'água temporários do tipo lântico, e variaram em tamanho (Tabela 1). A área de estudo está localizada no bioma Cerrado dentro da Transição Cerrado-Amazônia, e o clima desta região é do tipo Aw no sistema de classificação de Köppen, com temperatura média anual de 27 ° C, precipitação média anual de 1800 mm e estação seca que normalmente dura de maio a setembro (INMET, 2018). A área de estudo é caracterizada por heterogeneidade ambiental, mas condições climáticas homogêneas.

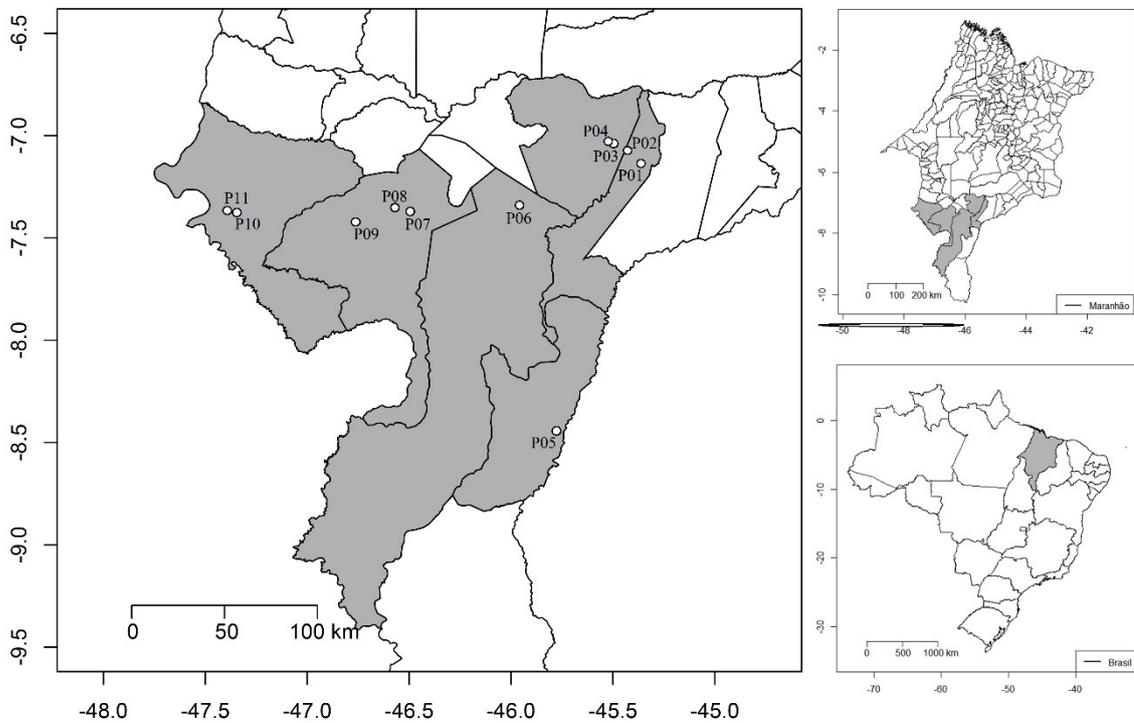


Figura 1 – Mapa mostrando as localizações das populações de *Dendropsophus nanus* e *Dendropsophus minutus* amostrados no sul do Maranhão, Brasil.

Tabela 1: Locais amostrados, suas coordenadas geográficas (Latitude-Longitude) e o número de espécimes mensurados por local para *Dendropsophus nanus* e *D. minutus* para a análise morfométrica. Os números dos locais correspondem aos pontos plotados na Figura 1.

Locais	Latitude-Longitude	Tamanho Amostral		Distância do P01 (Km)
		<i>D. minutus</i>	<i>D. nanus</i>	
P01	7° 08'S - 45°21'W	-	10	0

P02	7° 04'S - 45°25'W	-	05	10
P03	7° 02'S - 45°30'W	-	10	19
P04	7° 01'S - 45°30'W	08	-	20
P05	8°26'S - 45°46'W	10	08	152
P06	7°20'S - 45°57'W	10	05	69
P07	7°22'S - 46°29'W	10	-	128
P08	7°21'S - 46°34'W	10	10	135
P09	7°25'S - 46°45'W	04	-	158
P10	7°22'S - 47°20'W	10	07	220
P11	7°21'S - 47°23'W	10	05	225

Os girinos foram amostrados varrendo a coluna de água e o substrato adjacente com uma rede de mergulho (35 cm de diâmetro, 2 mm de malha) durante uma hora em cada poça. Os espécimes de girinos coletados em cada poça foram fixados em formaldeído a 10% e posteriormente depositados na coleção de herpetologia da Universidade Federal do Maranhão. A triagem inicial selecionou espécimes nos estágios de desenvolvimento 35-39 segundo Gosner (1960), o que indicou um grau de padronização do estágio de desenvolvimento para as análises. Após essa triagem, 5 a 10 girinos de cada espécie foram medidos em cada lago (Tabela 1).

Um conjunto padrão de dados ambientais foi registrado em cada lago, fornecendo as seguintes variáveis preditivas: (i) tamanho do lago (comprimento, largura e profundidade), (ii) porcentagem de cada tipo de substrato (cascalho, areia, argila, lama e folhiço), e (iii) porcentagem de vegetação da lagoa (vegetação flutuante, herbácea, arbustiva e arbórea, e solo nu). As duas últimas variáveis foram categorizadas visualmente em classes para análises: 0% = 0; 1% a 20% = 0,1; 21% a 40% = 0,3; 41% -60% = 0,5; 61% -80% = 0,7; 81% a 100% = 0,9. Uma Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada individualmente a cada variável preditora (tamanho da lagoa, substrato e cobertura vegetal) para minimizar sua dimensionalidade e gerar a matriz de dados ambientais.

O primeiro passo na análise morfológica foi a observação dos espécimes sob um microscópio estereoscópico, com as medidas sendo feitas usando o software Axion Vision 4.8. Todas as medidas foram obtidas pelo mesmo pesquisador. As seguintes medidas foram obtidas de cada amostra na vista lateral (Figura 2): distância do olho ao focinho (DOL), comprimento do corpo (CCO), comprimento da nadadeira (CNA), altura do olho (AOL), altura do corpo (ACO), altura da musculatura caudal (AMU) e altura máxima da nadadeira (ANA). Esses dados morfométricos foram primeiramente transformados pelo método de Log10 e Burnaby (HAMMER et al., 2001) para eliminar os efeitos de tamanho, uma Análise Variável Canônica (CVA) foi então aplicada para reduzir a dimensionalidade e gerar a matriz morfométrica.

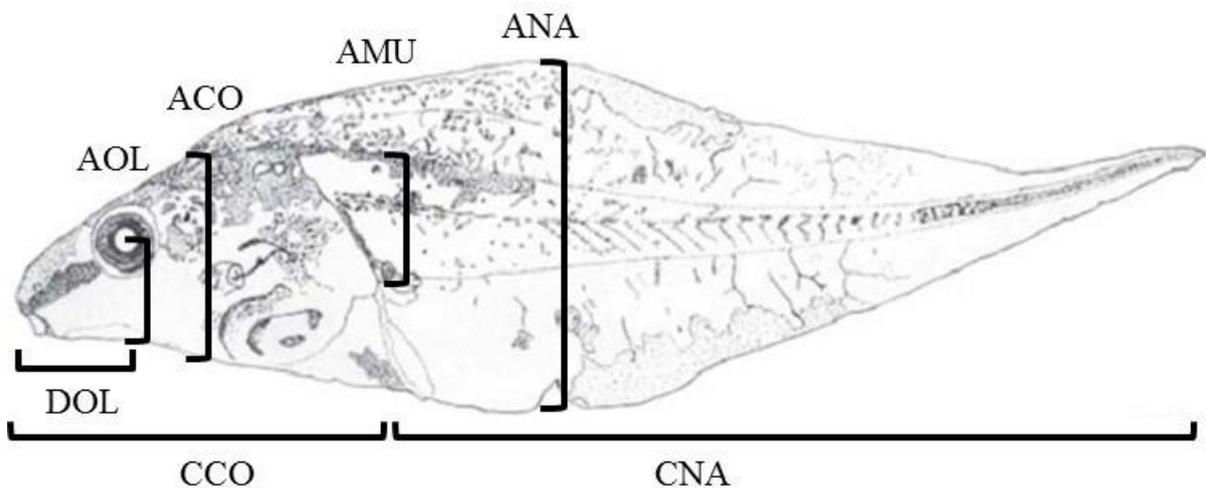


Figura 6 – A vista lateral de um girino, mostrando as sete medidas lineares utilizadas para a análise da variação morfológica no presente estudo. distância do olho ao focinho (DOL), comprimento do corpo (CCO), comprimento da nadadeira (CNA), altura do olho (AOL), altura do corpo (ACO), altura da musculatura caudal (AMU) e altura máxima da nadadeira (ANA).

A variação morfométrica entre as populações foi verificada por meio da análise multivariada não paramétrica de variância (NPMANOVA) dos escores de AVC, com análise *post-hoc* (Comparações Pareadas PERMANOVA) entre os pares localidades. Uma regressão múltipla foi aplicada para determinar a relação entre a morfologia dos girinos e as variáveis do lago, usando os centróides dos primeiros eixos da CPA e AVC (para dados ambientais e morfométricos, respectivamente), com base no método stepwise, para analisar todas as variáveis juntas (DRAPER; SMITH, 1981). Os primeiros eixos dessas ordenações foram usados porque eles acumulam a maior parte da variação do conjunto de dados. A

autocorrelação espacial foi verificada usando o índice de Moran (LEGENDRE; LEGENDRE, 2012). Todas as análises foram realizadas no software PAST (HAMMER et al., 2001), com nível de significância $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os dados morfométricos dos girinos de *Dendropsophus minutus* e *D. nanus* são apresentados na Tabela 4. Em *D. minutus*, os dois primeiros eixos canônicos (CV1 e CV2) explicaram 83,1% da variação (54,3% e 28,8%, respectivamente) na forma do corpo entre as populações (Figura 3), enquanto em *D. nanus*, os dois primeiros Eixos canônicos explicaram 81,2% (51,6% e 29,6%, respectivamente) da variação entre as populações (Figura 3).

Tabela 2: Estatística descritiva (média em mm \pm desvio padrão) das variáveis morfométricas dos espécimes de girinos de *Dendropsophus nanus* e *Dendropsophus minutus* do sul do Maranhão, Brasil. distância do focinho do olho (DOL), comprimento do corpo (CCO), comprimento da cauda (CNA), altura do olho (AOL), altura do corpo (ACO), cauda altura muscular (AMU) e altura máxima da cauda (ANA).

Locations	DOL	CCO	CNA	AOL	ACO	AMU	ANA
<i>Dendropsophus nanus</i>							
P01	03.31 \pm 0.24	08.00 \pm 0.64	18.44 \pm 1.53	02.33 \pm 0.21	04.40 \pm 0.33	02.70 \pm 0.23	05.75 \pm 0.59
P02	03.04 \pm 0.44	06.80 \pm 0.55	17.27 \pm 2.14	01.99 \pm 0.32	03.62 \pm 0.31	02.36 \pm 0.21	04.79 \pm 0.38
P03	03.12 \pm 0.19	06.97 \pm 0.42	16.90 \pm 1.92	02.04 \pm 0.19	03.69 \pm 0.24	02.21 \pm 0.17	04.67 \pm 0.44
P05	03.61 \pm 0.45	07.67 \pm 1.09	17.26 \pm 3.43	02.44 \pm 0.39	04.03 \pm 0.50	02.37 \pm 0.35	04.69 \pm 0.82
P06	03.34 \pm 0.30	07.21 \pm 0.98	15.56 \pm 1.95	02.21 \pm 0.25	03.70 \pm 0.52	02.36 \pm 0.19	04.02 \pm 0.34
P08	03.32 \pm 0.18	06.86 \pm 0.86	16.51 \pm 2.47	02.02 \pm 0.20	03.79 \pm 0.25	02.28 \pm 0.23	03.99 \pm 0.09
P10	03.38 \pm 0.19	06.87 \pm 0.41	15.35 \pm 2.17	02.26 \pm 0.12	03.64 \pm 0.17	02.30 \pm 0.15	04.07 \pm 0.35
P11	03.61 \pm 0.24	07.57 \pm 0.65	16.45 \pm 2.43	02.42 \pm 0.20	04.07 \pm 0.37	02.42 \pm 0.21	04.62 \pm 0.74
<i>Dendropsophus minutus</i>							
P04	02.98 \pm 0.37	08.14 \pm 1.27	16.28 \pm 2.51	02.17 \pm 0.40	04.32 \pm 0.86	02.91 \pm 0.63	06.31 \pm 1.01
P05	03.06 \pm 0.37	08.52 \pm 0.99	16.38 \pm 3.27	02.50 \pm 0.27	05.20 \pm 0.55	02.73 \pm 0.40	07.75 \pm 1.82
P06	03.59 \pm 0.29	09.67 \pm 0.69	17.40 \pm 1.46	02.68 \pm 0.37	05.14 \pm 0.53	03.45 \pm 0.22	06.80 \pm 0.28
P07	03.23 \pm 0.17	08.27 \pm 0.75	14.33 \pm 1.52	02.66 \pm 0.27	05.08 \pm 0.49	02.59 \pm 0.27	06.55 \pm 0.85
P08	03.59 \pm 0.25	10.76 \pm 0.37	19.57 \pm 2.27	02.81 \pm 0.35	05.69 \pm 0.28	03.62 \pm 0.25	09.93 \pm 0.72

P09	03.38±0.40	09.61±1.10	16.55±1.47	02.76±0.06	05.21±0.30	03.22±0.21	06.56±0.54
P10	03.15±0.27	09.09±0.75	16.41±1.78	02.58±0.38	05.29±0.48	02.70±0.24	08.66±0.63
P11	02.75±0.36	07.84±0.73	14.22±2.44	02.40±0.05	04.74±0.74	02.80±0.32	06.28±1.00

A variação morfológica entre as populações de *D. minutus* foi analisada através da visualização do gráfico de CVA (Figura 3). Os resultados da NPMANOVA indicaram variação morfométrica significativa entre as populações de *D. minutus* ($F = 18,45$; 10.000 permutações; $p < 0,01$). O teste *post hoc* revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a maioria dos pares de populações, exceto P08 vs. P11 e P09 vs. P06 (Tabela 3). Em *D. nanus*, o gráfico do espaço morfológico também indicaram haver variação morfológica entre as populações (Figura 3), com diferenças significativas entre a maioria dos pares de população na maioria dos casos (NPMANOVA, $F = 10,39$; 10.000 permutações; $p < 0,01$; Tabela 3). O índice de Moran não indicou nenhuma autocorrelação espacial em nenhuma das espécies (*D. minutus*: -0,0021 a 0,0017; *D. nanus*: -0,0018 a 0,0024; $p < 0,05$ em ambos os casos).

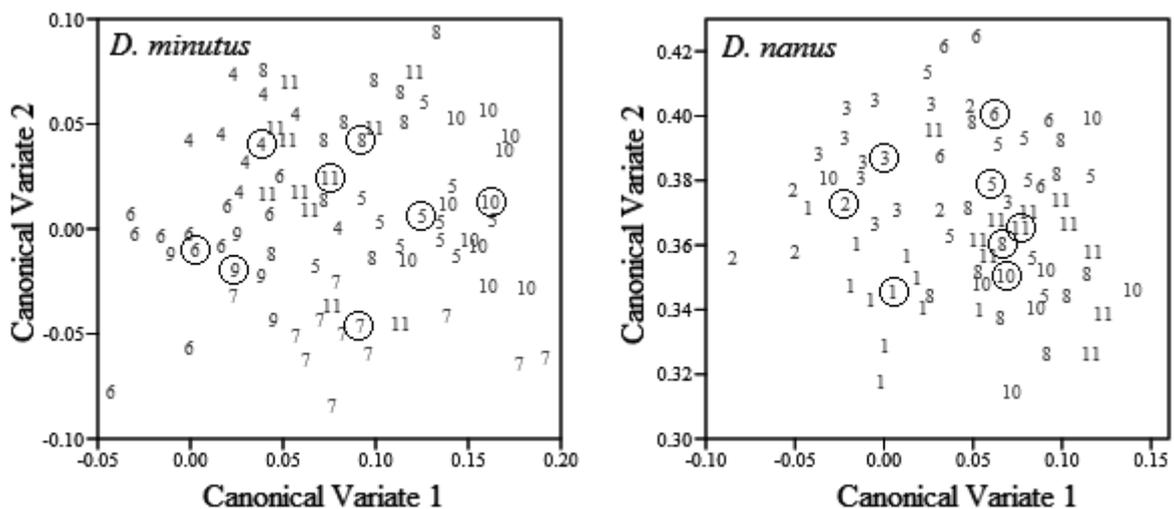


Figura 3 – Espaço morfométrico dos girinos de *Dendropsophus nanus* e *Dendropsophus minutus* do sul do Maranhão, Brasil, obtidos dos dois primeiros eixos da Análise de Variáveis Canônicas (CVA). Círculos abertos = centróides.

Tabela 3: Resultados obtidos da NPMANOVA *post hoc* na comparação entre as populações estudadas. A diagonal superior representa as comparações entre as populações de *Dendropsophus minutus* e a diagonal inferior representa as comparações para *Dendropsophus nanus*. Abreviaturas: ** ($p < 0,01$); * ($p < 0,05$); ns (não significativo); - (sem comparação feita, pois a espécie não estava presente).

	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11
P01		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P02	ns		-	-	-	-	-	-	-	-	-
P03	**	ns		-	-	-	-	-	-	-	-
P04	-	-	-		**	**	**	**	**	**	*
P05	**	**	**	-		**	**	**	**	*	**
P06	**	*	**	-	ns		**	**	ns	**	**
P07	-	-	-	-	-	-		**	*	**	**
P08	**	**	**	-	ns	*	-		**	**	ns
P09	-	-	-	-	-	-	-	-		**	**
P10	**	*	**	-	ns	ns	-	ns	-		**
P11	**	**	**	-	ns	*	-	ns	-	ns	

Os resultados do CVA e PCA para os dados morfométricos e ambientais, respectivamente, estão resumidos na Tabela 4. Em *D. minutus*, as variáveis morfométricas que mais contribuíram para o eixo CV1 foram a altura máxima da cauda e a altura do músculo da cauda (Tabela 4). Em *D. nanus*, as variáveis morfométricas que mais contribuíram para o eixo CV1 foram a distância olho-nariz e a altura máxima da cauda (Tabela 4). Em *D. minutus*, a análise de regressão múltipla direta indicou que a “Vegetação da Poça” foi a variável que melhor explicou a variação morfológica nas populações de girinos ($R^2 = 0,71$; $p < 0,009$). Analisando os autovalores de CPA e CVA (Tabela 4) e sua relação (Figura 4), observou-se que lagoas com vegetação mais herbácea e menos solo descoberto apresentaram girinos de *D. minutus* com cauda mais baixas. Em *D. nanus*, a regressão múltipla indicou que o “Substrato” foi a variável que melhor explicou a variação morfológica nos girinos ($R^2 = 0,50$; $p = 0,048$). Analisando os autovalores de CPA e AVC (Tabela 4) e sua relação (Figura 4), observou-se que substrato de lagoa com mais lama/folha e menos areia/cascalho mostrou girinos de *D. nanus* com cauda mais profunda.

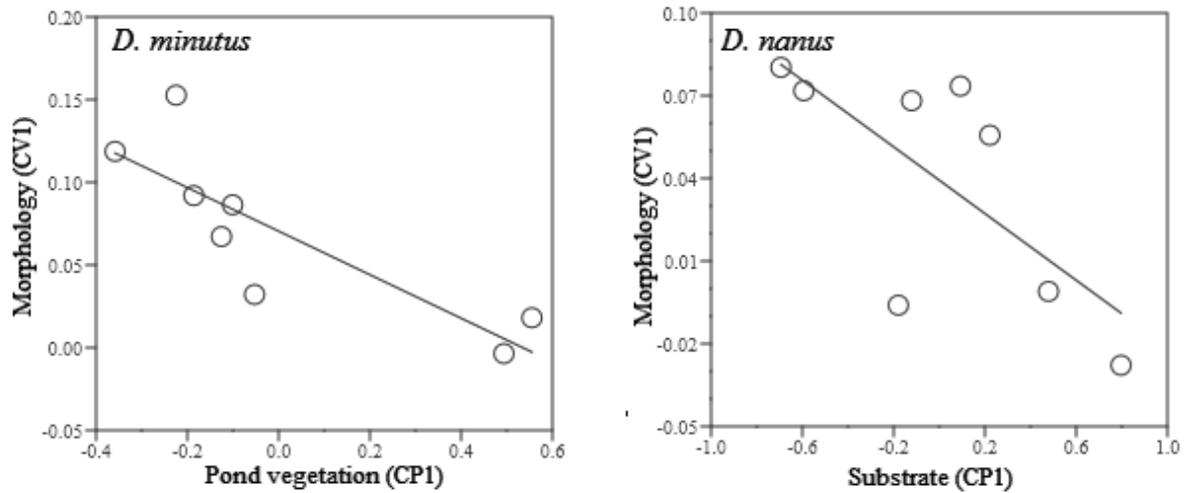


Figura 4 – Relação entre dados morfométricos (escores da primeira variável canônica) e variáveis ambientais (escores do primeiro componente principal) para espécimes de girinos de *Dendropsophus nanus* e *Dendropsophus minutus* do sul do Maranhão, Brasil

Tabela 4: Carga das variáveis (L) dos primeiros eixos do CVA (dados morfométricos) e PCA (variáveis ambientais). distância do focinho do olho (DOL), comprimento do corpo (CCO), comprimento da cauda (CNA), altura do olho (AOL), altura do corpo (ACO), cauda altura muscular (AMU) e altura máxima da cauda (ANA).

	<i>D. minutus</i>		<i>D. nanus</i>	
	Axis 1	Axis 2	Axis 1	Axis 2
Medidas Morfométricas				
DOL	-0.18	-0.59	0.60	0.47
CCO	0.05	0.18	-0.08	-0.05
CNA	-0.11	0.17	-0.20	0.57
AOL	0.02	-0.20	0.29	-0.17
ACO	0.34	-0.32	0.19	0.29
AMU	-0.60	0.49	0.16	-0.57
ANA	0.69	0.45	-0.67	0.13
% Variância	54.30	28.78	51.61	29.65
Tamanho da Poça				
Comprimento	0.95	-0.30	1.00	0.05
Largura	0.81	0.58	0.78	-0.62
Profundidade	0.31	0.05	-0.03	0.34
% Variância	81.37	18.61	96.36	3.64

Substrate				
Cascalho	-0.58	-0.64	-0.55	-0.68
Areia	-0.82	-0.47	-0.82	-0.48
Argila	-0.44	0.68	-0.49	0.66
Lama	0.93	0.11	0.93	-0.14
Folhiço	0.74	-0.53	0.87	-0.23
% Variância	60.63	21.91	68.35	15.61
Vegetação Interna				
Flutuante	-0.53	0.04	0.43	0.17
Herbácea	0.63	-0.77	0.49	-0.85
Arbustiva	0.15	0.46	-0.35	0.81
Arbórea	0.23	-0.34	0.28	-0.42
Solo Nu	-0.92	-0.39	-0.97	-0.25
% Variância	57.07	29.74	62.33	29.26

DISCUSSÃO

O presente estudo identificou diferenças morfométricas claras na forma dos girinos entre as populações em cada espécie de estudo. Embora uma possível explicação para esse achado possa ser autocorrelação espacial nos dados morfométricos, o índice de Moran não indicou nenhum padrão significativo em nenhuma das espécies. Da mesma forma, embora diferenças de tamanho corporal possam influenciar a variação entre populações, isso também é improvável no presente estudo, uma vez que todos os girinos coletados estavam em estágios de desenvolvimento 35-39 de Gosner (1960), o que minimizaria quaisquer efeitos alométricos. A aplicação da correção de Burnaby também eliminou qualquer influência potencial da variação no tamanho corporal (WINBERGER, 1992).

Variações fenotípicas em populações naturais resultam de uma combinação de divergência genética, seleção natural e plasticidade fenotípica (LOSOS et al., 2000; SCHLUTER, 2009). Muitos estudos de girinos focam na divergência morfológica resultante da plasticidade fenotípica dentro das populações (MCCOLLUM; VAN BUSKIRK, 1996; NEWMAN, 1992; SKELLY; WERNER 1990; SMITH; VAN BUSKIRK, 1995; STOLER; RELYEA, 2013), enquanto o presente estudo comparou a variação entre diferentes e

identificaram padrões significativos em ambas as espécies de estudo. Entretanto, é impossível confirmar se esta variação morfológica está relacionada à plasticidade fenotípica ou à divergência genética, embora alguns estudos sugeriram que a plasticidade fenotípica desempenhe um papel mais importante que a divergência genética na variação morfológica entre populações de girinos (VAN BUSKIRK, 2009; VAN BUSKIRK; ARIOLI, 2005)

No presente estudo, correlações significativas foram encontradas entre morfometria e variáveis ambientais específicas. Em *D. nanus*, a morfometria e o substrato foram correlacionados e como os girinos de *D. nanus* são encontrados no fundo da lagoa, no substrato (BOKERMANN, 1963) essa correlação pode refletir algum efeito direto das características do substrato sobre a morfologia dos girinos. Em *D. minutus*, houve uma correlação significativa entre a morfologia dos girinos e a vegetação da poça, como os girinos de *D. minutus* são encontrados na coluna d'água, a presença de vegetação na água pode influenciar a sua morfologia. Alguns autores já apontaram a importância desta característica da poça na sobrevivência de *D. minutus* (BOKERMANN, 1963; KOPP; ETEROVICK, 2006; ROSSA-FERES; NOMURA, 2006). Marques et al. (2018) encontraram uma relação entre variáveis morfométricas e ambientais em três espécies de girinos (*Physalaemus cuvieri*, *Scinax fuscomarginatus* e *Scinax similis*) e concluíram que fatores ambientais locais desempenham um papel importante nos desvios morfológicos e adaptações locais. A variação morfológica pode refletir o uso diferenciado das condições ambientais, portanto a correlação encontrada no presente estudo pode refletir mudanças morfológicas decorrentes da variação no uso de condições ambientais pelos girinos.

Além dos recursos espaciais utilizados pelas duas espécies, a predação é um importante fator determinante na plasticidade fenotípica nos girinos. Embora a abundância de predadores não tenha sido quantificada no presente estudo, predadores estavam presentes em todas as lagoas, e parece razoável sugerir que a predação não representa uma fonte significativa de variação intraespecífica para nosso estudo. Relyea (2012) concluiu que a variação fenotípica nos girinos pode ser uma resposta às condições ambientais locais, e que a predação pode ser um mecanismo subjacente. Outros estudos de girinos indicaram um efeito sinérgico entre pressão de predação e variáveis ambientais (RELYEA, 2012; RELYEA; WERNER, 2000; VAN BUSKIRK et al., 1997; VAN BUSKIRK; ARIOLI, 2005), sugerindo que filtros ambientais abióticos podem ter uma influência indireta ou indireta na variação fenotípica, dependendo dos níveis de predação. Assim, mesmo que a predação possa ser um fator importante no nosso estudo, ele não exclui a relação entre variáveis ambientais e a morfologia de girinos encontrado no nosso estudo. Oyamaguchi et al. (2006) identificaram

uma correlação entre variáveis ambientais e a morfologia do adulto *D. minutus* no Cerrado brasileiro, e enfatizaram o papel da seleção natural na divergência genética desta espécie neste bioma.

O presente estudo mostrou que a variação morfológica dos girinos estava relacionada às características ambientais que utilizadas pelas espécies dentro das poças. Van Buskirk (2009) e Marques e Nomura (2018) concluíram que as características ambientais internas da lagoa podem influenciar a morfologia dos girinos, fornecendo refúgio de predadores ou competidores. No presente estudo, a cauda mais alta de *D. minutus* foi associada com menos vegetação herbácea na água, enquanto em *D. nanus*, a altura da cauda foi associada com substratos menos enlameados e serapilheira. Dada a potencial predação em todas as lagoas, as condições ambientais observadas representam maior exposição à predação, o que explicaria o aumento da altura da cauda. Existem duas explicações aqui, uma é que uma cauda mais alta ajudaria a evitar ataques aos órgãos vitais, enquanto a outra se refere à maior capacidade de natação do girino, permitindo que ele escape mais eficientemente (VAN BUSKIRK; RELYEA, 1998; VAN BUSKIRK et al., 2003). Entretanto, como o papel locomotor das nadadeiras de girinos ainda é pouco compreendido, qualquer conclusão sobre sua contribuição para os padrões ecológicos observados a partir presente deste estudo permanece especulativa.

Os resultados do presente estudo fornecem informações importantes sobre os padrões de variação morfológica encontrados em girinos das espécies estudadas, em particular a variação no nível de população nos ambientes naturais da região Neotropical, e a relação entre características ambientais específicas e as características da morfologia dos girinos, enfatizando a perspectiva da guilda ecológica. As relações encontradas entre a morfologia dos girinos e a vegetação da lagoa, em *D. minutus*, e o substrato, em *D. nanus*, podem refletir padrões de locomoção na coluna de água e / ou uma resposta de esquiva de predadores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese teve a intenção de responder as seguintes perguntas: i) existe diferenças morfológicas dentro dos diferentes níveis de organização biológica considerando girinos como grupo de estudo? ii) a variação morfológica encontrada estaria associada à algum aspecto da ecologia das espécies estudadas? Para responder esta pergunta foi considerado dois níveis de organização biológica: comunidade e populações.

Em relação às comunidades observou-se uma similaridade na organização do espaço morfológico entre diferentes poças. Porém, as espécies diferiram quanto a dentro do espaço morfológico que esteve associado à posição na coluna d'água ou à guilda ecomorfológica a qual a espécie pertence. Estes resultados aponta que uma possível redundância funcional para as comunidades de girinos e a ausência de competição em razão do uso diferenciados do espaço físico explorado por estas espécies.

A nível de população, foi observada diferenças entre os girinos das diferentes poças amostradas, apontando variação geográfica para ambas as espécies estudadas. Ao verificar a relação da variação morfológica com as características das poças foi observado que o espaço as duas espécies apresentaram correlações significativas com aspectos diferentes da poça. Por exemplo, *D. nanus*, que é uma espécie de fundo d'água apresentou correlação com o Substrato do corpo d'água, enquanto *D. minutus*, que é uma espécie de meia-água, apresentou correlação com a Vegetação Interna da Poça. Considerando, que os recursos apontados são utilizados pelas espécies, pode-se inferir que a variação na condição ambiental específica explorada pelos girinos afeta sua morfometria.

Analisando conjuntamente os resultados aqui encontrados e o objetivo geral desta tese temos como conclusão geral que a variação morfológica ocorre em larvas de anuros, porém a existência de descontinuidades e de unidades morfológicas distintas ocorreu apenas a nível de espécie e população. Considerando estes dois níveis de organização os resultados aqui encontrados evidenciam que o nicho espacial (e.g. posição na coluna d'água) é um aspecto da ecologia da espécie importante na existência de variação morfológica tanto a nível de comunidade quanto de população.

REFERÊNCIAS

ALTIG R, MCDIARMID R.W. **Body plan: development and morphology**. In: MCDIARMID R.W, ALTIG R, editors. Tadpole: the biology of anuran larvae. University of Chicago Press; Chicago: pp. 24–51. 1999a.

ALTIG, R.; McDIARMID, R. W. **Diversity: familial and generic characterizations**. In: McDIARMID, R. W.; ALTIG, R. (Eds.) Tadpole, the biology of anuran larvae. The University of Chicago Press, Chicago, 295-337p., 1999b.

ALTIG, Ronald; JOHNSTON, Gail F. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. **Herpetological monographs**, p. 81-109, 1989.

ALTIG, Ronald; JOHNSTON, Gail F. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. **Herpetological monographs**, p. 81-109, 1989.

AMARANTE, Débora Delevati do et al. Distribuição Espaço-Temporal de Comunidades de Girinos (Amphibia: Anura) no Cerrado Sul-Mato-Grossense. 2011.

ANDRADE, G. V. et al. Estudos sobre girinos no Brasil: histórico, conhecimento atual e perspectivas. **Herpetologia no Brasil II. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte**, v. 127145, 2007.

ANDRADE, Gilda Vasconcellos. **Currículo do sistema currículo Lattes**. [Brasília], 07 fev. 2019. Disponível em: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4787826D7>
<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4787826D7>

BARAQUET, Mariana et al. Variación morfométrica y geográfica entre poblaciones de *Hypsiboas cordobae* (Anura: Hylidae) en Argentina. **UNED Research Journal**, v. 4, n. 2, p. 147-155, 2012.

BARRELLA, Walter; BEAUMORD, Antonio Carlos; PETRERE-JR, M. Comparison between the fish communities of Manso river (MT) and Jacaré Pepira river (SP), Brazil. **Acta Biologica Venezuelica**, v. 12, n. 2, p. 11-20, 1994.

BEAUMORD, A. C.; PETRERE JR, M. Fish communities of Manso River, Chapada dos Guimarães, MT, Brazil. **Acta Biologica Venezuelica**, v. 15, n. 2, p. 21-35, 1994.

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 2006.

BETZ, Oliver. Ecomorphology: Integration of form, function, and ecology in the analysis of morphological structures. **Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie**, v. 15, p. 409-416, 2006.

BLAUSTEIN, A.R.; WAKE, D.B. Declining Amphibia populations: A global phenomenon? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 5, n. 7, p. 203-204. 1990.

BOCK, Walter J. Concepts and methods in ecomorphology. **Journal of Biosciences**, v. 19, n. 4, p. 403-413, 1994.

BOKERMANN, W. C. A. Girinos de anfíbios brasileiros 2 (Amphibia, Salientia). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 23, n. 4, p. 349-353, 1963.

BONJOUR, Sophia M. et al. Fish Community Structure and Diet Responses to Newbury Weirs in a Low-Gradient River. **Environmental management**, p. 1-11, 2018.

BOOKSTEIN, Fred L. **Morphometric tools for landmark data: geometry and biology**. Cambridge University Press, 1997.

BORGES-JÚNIOR, Vitor; ROCHA, Carlos Frederico. Tropical tadpole assemblages: which factors affect their structure and distribution?. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, p. 217-228, 2013.

BOTH, Camila et al. Tadpole co-occurrence in ponds: when do guilds and time matter?. *Acta Oecologica*, v. 37, n. 2, p. 140-145, 2011a.

BOTH, Camila et al. What controls tadpole richness and guild composition in ponds in subtropical grasslands?. **Austral ecology**, v. 36, n. 5, p. 530-536, 2011b.

BROOKS, Daniel R.; MCLENNAN, Deborah A.; MCLENNAN, Deborah A. **Phylogeny, ecology, and behavior: a research program in comparative biology**. University of Chicago press, 1991.

BUSKIRK, Josh; RELYEA, Rick A. Selection for phenotypic plasticity in *Rana sylvatica* tadpoles. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 65, n. 3, p. 301-328, 1998.

CANDIOTI, M. Ecomorphological guilds in anuran larvae: an application of geometric morphometric methods. **The Herpetological Journal**, v. 16, n. 2, p. 149-162, 2006.

CARDOSO DA SILVA, José Maria; BATES, John M. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot: The Cerrado, which includes both forest and savanna habitats, is the second largest South American biome, and among the most threatened on the continent. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225-234, 2002.

CAVALCANTI, Roberto B. Bird species richness and conservation in the cerrado region of central Brazil. **Studies in Avian Biology**, v. 19, p. 244-249, 1999.

CLIFTON, Kari B.; MOTTA, Philip J. Feeding morphology, diet, and ecomorphological relationships among five Caribbean labrids (Teleostei, Labridae). **Copeia**, p. 953-966, 1998.

CODY, M.L.; H.A. MOONEY. 1978. Convergence versus Nonconvergence in Mediterranean-climate Ecosystem. *Annual Review of Ecology and Systematics* 9: 265-321.

COSTA-PAIVA, Elisa M.; PAIVA, Paulo C. A morphometric analysis of Eunice Cuvier (Annelida, Polychaeta) species. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, p. 353-358, 2007.

CARVALHO, André LG; DE ARAÚJO, Alexandre FB. Ecomorphometric structure of Restinga da Marambaia lizard community, Rio de Janeiro, southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 3, p. 786-792, 2007.

DIAS, Iuri Ribeiro et al. The 100th: an appealing new species of *Dendropsophus* (Amphibia: Anura: Hylidae) from northeastern Brazil. **PloS one**, v. 12, n. 3, p. e0171678, 2017.

DIAS, Natacha Yuri Nagatani. Estrutura de taxocenoses de girinos de Mata Atlântica. 2008.

DOBZHANSKY, Theodosius. **Genetics and the Origin of Species**. Columbia university press, 1982.

DOS REIS, Sérgio F. et al. Application of size-free canonical discriminant analysis to studies of geographic differentiation. **Revista Brasileira de Genética**, 1990.

DOS REIS, Sérgio F. et al. Geographic variation in cranial morphology in *Thrichomys apereoides* (Rodentia: Echimyidae). II. Geographic units, morphological discontinuities, and sampling gaps. **Journal of Mammalogy**, v. 83, n. 2, p. 345-353, 2002.

DRAPER, Norman R.; SMITH, Harry. **Applied regression analysis**. John Wiley & Sons, 2014.

FROST, Darrel R. Amphibian species of the world: an online reference, version 5.4. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia>, 2015.

GATZ JR, A. John. Community organization in fishes as indicated by morphological features. **Ecology**, v. 60, n. 4, p. 711-718, 1979.

GEHARA, Marcelo et al. High levels of diversity uncovered in a widespread nominal taxon: continental phylogeography of the neotropical tree frog *Dendropsophus minutus*. **PloS one**, v. 9, n. 9, p. e103958, 2014.

GOSNER, Kenneth L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. **Herpetologica**, v. 16, n. 3, p. 183-190, 1960.

GOULD, Stephen Jay; JOHNSTON, Richard F. Geographic variation. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 3, n. 1, p. 457-498, 1972.

GREENE, Harry W. Systematics and natural history, foundations for understanding and conserving biodiversity. **American Zoologist**, v. 34, n. 1, p. 48-56, 1994.

GREENE, Harry W.; LOSOS, Jonathan B. Systematics, natural history, and conservation: Field biologists must fight a public-image problem. **BioScience**, v. 38, n. 7, p. 458-462, 1988.

HAMMER, Oyvind; HARPER, David AT; RYAN, Paul D. Palaeontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 2001.

HERO, JEAN-MARC; GASCON, CLAUDE; MAGNUSSON, WILLIAM E. Direct and indirect effects of predation on tadpole community structure in the Amazon rainforest. **Australian Journal of Ecology**, v. 23, n. 5, p. 474-482, 1998.

HESPENHEIDE, Henry A. Ecological inferences from morphological data. **Annual review of ecology and systematics**, v. 4, n. 1, p. 213-229, 1973.

HILDEBRAND, Milton; GOSLOW JR, George E. **Análise da estrutura dos vertebrados**. Atheneu, 2006.

HILLIS, David M. American molecular naturalist. **Ecology**, v. 76, n. 3, p. 1017-1018, 1995.

HUGUENY, Bernard; POUILLY, Marc. Morphological correlates of diet in an assemblage of West African freshwater fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 54, n. 6, p. 1310-1325, 1999.

INGER, Robert F.; VORIS, Harold K.; FROGNER, Karl J. Organization of a community of tadpoles in rain forest streams in Borneo. **Journal of tropical ecology**, v. 2, n. 3, p. 193-205, 1986.

INMET. 2018. Instituto Nacional de Meteorologia. Available from: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Accessed 30 July 2018.

IRSCHICK, Duncan J. et al. A comparison of evolutionary radiations in mainland and Caribbean Anolis lizards. **Ecology**, v. 78, n. 7, p. 2191-2203, 1997.

Karr, JR, James, FC (1975): Ecomorphological Configuration and Convergent Evolution in Species and Communities. In: Ecology and evolution of communities, p. 258-291. Cody, ML, Diamond, JM, Eds, Massachusetts, USA, Belknap Press.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conservation biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KNAUTH, Débora Schuck; MOREIRA, Leonardo Felipe Bairos; MALTCHIK, Leonardo. Partitioning tadpole beta diversity in highland ponds with different hydroperiods. **Freshwater Science**, v. 37, n. 2, p. 380-388, 2018.

KOPP, Katia; ETEROVICK, Paula C. Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 40, n. 29-31, p. 1813-1830, 2006.

LEÃO-PIRES, Thiago A.; LUIZ, Amom Mendes; SAWAYA, Ricardo J. The complex roles of space and environment in structuring functional, taxonomic and phylogenetic beta diversity of frogs in the Atlantic Forest. **PloS one**, v. 13, n. 4, p. e0196066, 2018.

LEGENDRE, Pierre; LEGENDRE, Loic FJ. **Numerical ecology**. Elsevier, 2012.

LEWINSOHN, T. M. Concepções alternativas da organização de comunidades. **Atas do Encontro de Ecologia Evolutiva do Brasil. Rio Claro, Sociedade de Ecologia do Brasil**, p. 26-35, 1990.

LOSOS, Jonathan B. The evolution of convergent structure in Caribbean Anolis communities. **Systematic biology**, v. 41, n. 4, p. 403-420, 1992.

MARQUES, N. C. S.; NOMURA, Fausto. Environmental and spatial factors affect the composition and morphology of tadpole assemblages. **Canadian Journal of Zoology**, v. 96, n. 10, p. 1130-1136, 2018.

MARQUES, N. C. S.; RATTIS, Ludmila; NOMURA, Fausto. Local environmental conditions affecting anuran tadpoles' microhabitat choice and morphological adaptation. **Marine and Freshwater Research**, v. 70, n. 3, p. 395-401, 2019.

MAYR, Ernst. **Populations, species, and evolution: an abridgment of animal species and evolution**. Harvard University Press, 1970.

MCCOLLUM, S. A.; LEIMBERGER, J. D. Predator-induced morphological changes in an amphibian: predation by dragonflies affects tadpole shape and color. **Oecologia**, v. 109, n. 4, p. 615-621, 1997.

MCCOLLUM, S. Andy; VAN BUSKIRK, Josh. Costs and benefits of a predator-induced polyphenism in the gray treefrog *Hyla chrysoscelis*. **Evolution**, v. 50, n. 2, p. 583-593, 1996.

MEDEIROS, Lilian R. et al. B-chromosomes in two Brazilian populations of *Dendropsophus nanus* (Anura, Hylidae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 29, n. 2, p. 257-262, 2006.

MINER, Benjamin G. et al. Ecological consequences of phenotypic plasticity. **Trends in ecology & evolution**, v. 20, n. 12, p. 685-692, 2005.

MOREIRA, Adryelle F. S. Ecomorfologia de girinos bentônicos e nectônicos e sua associação com características de ambientes de Cerrado brasileiro. 2014.

MOTTA, Ana P. et al. A new species of the *Dendropsophus parviceps* group from the western Amazon Basin (Amphibia: Anura: Hylidae). **Zootaxa**, v. 3249, n. 1, p. 18-30, 2012.

MULLANEY JR, Michael D.; GALE, Laurence D. Ecomorphological relationships in ontogeny: anatomy and diet in gag, *Mycteroperca microlepis* (Pisces: Serranidae). **Copeia**, p. 167-180, 1996.

NEWMAN, Robert A. Adaptive plasticity in amphibian metamorphosis. **BioScience**, v. 42, n. 9, p. 671-678, 1992.

NOGUEIRA, Marcelo R. et al. Ecomorphological analysis of the masticatory apparatus in the seed-eating bats, genus *Chiroderma* (Chiroptera: Phyllostomidae). **Journal of Zoology**, v. 266, n. 4, p. 355-364, 2005.

NORTON, Stephen F.; LUCZKOVICH, Joseph J.; MOTTA, Philip J. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. In: **Ecomorphology of fishes**. Springer, Dordrecht, 1995. p. 287-304.

OLIVEIRA, Edson Fontes et al. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 3, p. 569-586, 2010.

ORRICO, Victor GD et al. A new “bat-voiced” species of *Dendropsophus* Fitzinger, 1843 (Anura, Hylidae) from the Amazon Basin, Brazil. **Zootaxa**, v. 3881, n. 4, p. 341-361, 2014.

OYAMAGUCHI, Hilton M.; OLIVEIRA, Edvagner; SMITH, Thomas B. Environmental drivers of body size variation in the lesser treefrog (*Dendropsophus minutus*) across the Amazon-Cerrado gradient. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 120, n. 2, p. 363-370, 2016.

PADHYE, Anand et al. Population variations in the fungoid frog *Hylarana malabarica* (Anura: Ranidae) from northern Western Ghats of India. **Journal of Threatened Taxa**, p. 2343-2352, 2012.

PERES-NETO, Pedro. Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riachos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 6, n. 1, p. 7, 1999.

PEZZUTI, Tiago Leite. Girinos do quadrilátero ferrífero, sudeste do Brasil: ecomorfologia e chave de identificação interativa. 2011.

POUILLY, M, LINO, F., BRETENOUX, J.-G.; ROSALES, C. 2003. Dietary-morphological relationships in a fish assemblage of the bolivian amazonian floodplain. *J. Fish Biol.* 62:1137-1158.

PRADO, Vitor Hugo Mendonça do. Similaridade ecológica em comunidades de girinos (Amphibia, Anura): o papel de componentes históricos (filogenéticos) e contemporâneos (ecológicos). **Master's Thesis, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, Brazil**, 2006.

REICHLE S, AQUINO L, COLLI GR, SILVANO DL, AZEVEDO-RAMOS C AND BASTOS RP. 2004. *Dendropsophus nanus*. The IUCN Red List Of Threatened Species. Available from: <<http://www.iucnredlist.org/details/55575/0>>. Accessed 10 January 2018.

RELYEA, Rick A. How prey respond to combined predators: a review and an empirical test. **Ecology**, v. 84, n. 7, p. 1827-1839, 2003.

RELYEA, Rick A. New effects of Roundup on amphibians: Predators reduce herbicide mortality; herbicides induce antipredator morphology. **Ecological Applications**, v. 22, n. 2, p. 634-647, 2012.

RELYEA, Rick A.; HOVERMAN, Jason T. The impact of larval predators and competitors on the morphology and fitness of juvenile treefrogs. **Oecologia**, v. 134, n. 4, p. 596-604, 2003.

RELYEA, Rick A.; WERNER, Earl E. Morphological plasticity in four larval anurans distributed along an environmental gradient. **Copeia**, v. 2000, n. 1, p. 178-190, 2000.

RICKLEFS, Robert E. A economia da natureza. In: **A economia da natureza**. 2003.

RICKLEFS, Robert E.; COCHRAN, Donald; PIANKA, Eric R. A morphological analysis of the structure of communities of lizards in desert habitats. **Ecology**, v. 62, n. 6, p. 1474-1483, 1981.

RICKLEFS, Robert E.; TRAVIS, Joseph. A morphological approach to the study of avian community organization. **The Auk**, v. 97, n. 2, p. 321-338, 1980.

RIVERA-CORREA, Mauricio et al. Description and phylogenetic relationships of a new species of treefrog of the *Dendropsophus leucophyllatus* group (Anura: Hylidae) from the Amazon basin of Colombia and with an exceptional color pattern. **Zootaxa**, v. 3686, n. 4, p. 447-460, 2013.

ROSSA-FERES, Denise de C.; JIM, Jorge; FONSECA, Mariluce Gonçalves. Diets of tadpoles from a temporary pond in southeastern Brazil (Amphibia, Anura). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 4, p. 745-754, 2004.

ROSSA-FERES, Denise de Cerqueira; NOMURA, Fausto. Characterization and taxonomic key for tadpoles (Amphibia: Anura) from the northwestern region of São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 1, p. 0-0, 2006.

SCHLUTER, Dolph. Evidence for ecological speciation and its alternative. **Science**, v. 323, n. 5915, p. 737-741, 2009.

SCHMITZ, Oswald J.; KRIVAN, Vlastimil; OVADIA, Ofer. Trophic cascades: the primacy of trait-mediated indirect interactions. **Ecology Letters**, v. 7, n. 2, p. 153-163, 2004.

SEGALLA, M. et al. Brazilian Amphibians: List of Species. **Herpetologia Brasileira**, v. 5, n.2, p. 34-46, 2016.

SHEPARD, Donald B.; CALDWELL, Janalee P. From foam to free-living: ecology of larval *Leptodactylus labyrinthicus*. **Copeia**, v. 2005, n. 4, p. 803-811, 2005.

SKELLY, David K. Tadpole communities: pond permanence and predation are powerful forces shaping the structure of tadpole communities. **American Scientist**, v. 85, n. 1, p. 36

SKELLY, David K.; WERNER, Earl E. Behavioral and life-historical responses of larval American toads to an odonate predator. **Ecology**, v. 71, n. 6, p. 2313-2322, 1990.

SMITH, David C.; VAN BUSKIRK, Josh. Phenotypic design, plasticity, and ecological performance in two tadpole species. **The American Naturalist**, v. 145, n. 2, p. 211-233, 1995.

SOARES, Gabriel C. Diversidade e ecomorfologia de girinos (Anura) em fragmentos de mata na Ilha do Maranhão. 2008.

STOLER, Aaron B.; RELYEA, Rick A. Leaf litter quality induces morphological and developmental changes in larval amphibians. **Ecology**, v. 94, n. 7, p. 1594-1603, 2013.

STRAUB, Axel et al. The world's richest tadpole communities show functional redundancy and low functional diversity: ecological data on Madagascar's stream-dwelling amphibian larvae. **BMC ecology**, v. 10, n. 1, p. 12, 2010.

TEIXEIRA, Ivan; BENNEMANN, Sirlei Terezinha. Ecomorphology reflect the fish diet in a reservoir in South Brazil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 0-0, 2007.

TOUCHON, Justin Charles; WARKENTIN, Karen Michelle. Thermally contingent plasticity: temperature alters expression of predator-induced colour and morphology in a Neotropical treefrog tadpole. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, n. 1, p. 79-88, 2011.

VAN BUSKIRK, J.; ARIOLI, M. Habitat specialization and adaptive phenotypic divergence of anuran populations. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 18, n. 3, p. 596-608, 2005..

VAN BUSKIRK, Josh et al. The lure effect, tadpole tail shape, and the target of dragonfly strikes. **Journal of Herpetology**, v. 37, n. 2, p. 420-425, 2003.

VAN BUSKIRK, Josh. Natural variation in morphology of larval amphibians: phenotypic plasticity in nature?. **Ecological monographs**, v. 79, n. 4, p. 681-705, 2009

VAN BUSKIRK, Josh; MCCOLLUM, S. Andy; WERNER, Earl E. Natural selection for environmentally induced phenotypes in tadpoles. **Evolution**, v. 51, n. 6, p. 1983-1992, 1997.

VASCONCELOS, Tiago da S. et al. Spatial and temporal distribution of tadpole assemblages (Amphibia, Anura) in a seasonal dry tropical forest of southeastern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 673, n. 1, p. 93-104, 2011.

VIEIRA, Kleber S. et al. An examination of morphometric variations in a Neotropical toad population (*Proceratophrys cristiceps*, Amphibia, Anura, Cycloramphidae). **PloS one**, v. 3, n. 12, p. e3934, 2008.

VOLPATO, G.; BARRETO, R. *Elabore Projetos Científicos Competitivos*. 1ª ed. **Botucatu: Best Writing, 177p**, 2014.

WATSON, D. J.; BALON, E. K. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. **Journal of Fish Biology**, v. 25, n. 3, p. 371-384, 1984.

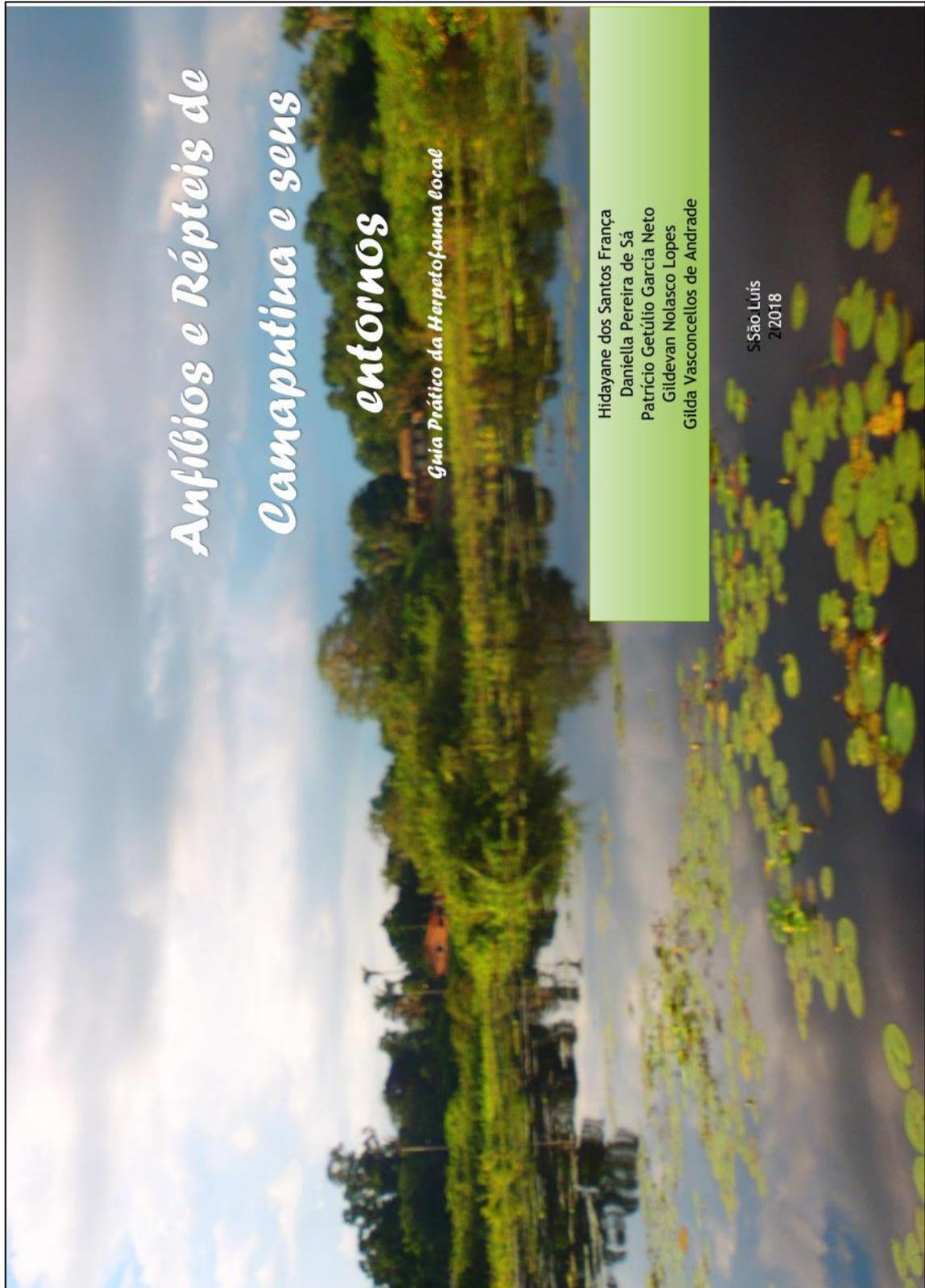
WIMBERGER, Peter H. Plasticity of fish body shape. The effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces: Cichlidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 45, n. 3, p. 197-218, 1992.

WINEMILLER, Kirk O.; KELSO-WINEMILLER, Leslie C.; BRENKERT, Antoinette L. Ecomorphological diversification and convergence in fluvial cichlid fishes. In: **Ecomorphology of fishes**. Springer, Dordrecht, 1995. p. 235-261.

WINKLER, H. A. N. S.; LEISLER, BERND. Morphological aspects of habitat selection in birds. **Habitat selection in birds**, v. 415, p. 434, 1985.

ANEXOS

ANEXO 1 - FRANÇA, Hidayane dos Santos; SÁ, Daniella Pereira de; GARCIA NETO, Patrício Getúlio; LOPES; Gildevan Nolasco; ANDRADE, Gilda Vasconcellos de. **Anfíbios e Répteis de Camaputua e seus entornos: Guia Prático da Herpetofauna Local.** [sn], 2019. 40p.



Anfíbios e Répteis de Camaputua e seus entornos

Guia Prático da Herpetofauna Local

Hidayane dos Santos França
Daniella Pereira de Sá
Patrício Getúlio Garcia Neto
Gildevan Nolasco Lopes
Gilda Vasconcellos de Andrade

São Luís
2018

Anfíbios e Répteis de Camaputua e seus entornos

O que é um anfíbio?	08
O que é um réptil?	08
Anfíbios Anuros	10
Anuros de Camaputua	11
Os répteis	36
Lagartos de Camaputua	38
Serpentes de Camaputua	50
Outras Espécies de Répteis	70
Como prevenir acidentes	90

Agradecemos a todos os alunos e moradores da comunidade de Camaputua que tornaram possível a relação deste trabalho. Agradecemos em especial aos alunos Susane Xavier, Raymony Tayllon, Antonio Fernando, Júlio Coimbra, Alexssander Brito, Elias Júnior, Johnny Sousa, André Takazone, Pedro Eugênio; aos moradores Raimundo Santos, Ednaldo Padilha, Rosilene Araújo, Marilde Barros, Cleidirene.....

Sumário

Nota dos autores	01
Introdução Geral	06
Por que falar sobre répteis e anfíbios.....	07

NOTA DOS AUTORES

Este livro é fruto de pesquisa realizada no Município de Cajari, especificamente em uma comunidade quilombola chamada Camaputua, por estudantes da Universidade Federal do Maranhão do Curso de Ciências Biológicas. As pesquisas foram realizadas com o objetivo de conhecer a fauna de anfíbios e répteis dessa localidade, resultando em trabalhos de monografia de duas alunas

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos

para conclusão do curso.

Em vista dos grandes resultados obtidos e por se tratar de uma pequena comunidade em contato direto com esses tipos de animais, logo foi criado um projeto de educação ambiental denominado **Herpetofauna: Conhecer para Conservar**. Esse projeto teve o objetivo de fornecer informações acerca das espécies de répteis e anfíbios que ocorriam na região, utilizando como meio as escolas que se encontravam na comunidade.

Assim, foram montados bancos de dados com imagens, vídeos e informações sobre a história natural desses animais; em seguida foram montadas palestras e brincadeiras para os estudantes realizadas quinzenalmente entre os anos de 2012 e 2014; além de folders explicativos passados para a comunidade em geral.

Ao final de cada ano, foram montadas feiras de ciência nas escolas, onde todo o conhecimento adquirido durante o ano era passado aos alunos, professores e moradores da comunidade e de seus entornos. Como forma de manter esse conhecimento adquirido ao longo desses dois anos de projeto, este livro foi criado, uma maneira simples e objetiva com fotos e informações sobre todas as espécies da Herpetofauna encontrada nessa comunidade.



INTRODUÇÃO GERAL

Os répteis e anfíbios são animais peçonhentos (sangue frio) com **grande importância para o equilíbrio ambiental**, mas infelizmente a maioria das pessoas desconhece isso e em razão de crenças e superstições matam muitos desses animais.

É importante saber que o Brasil é o país que apresenta a maior riqueza de espécies de anfíbios, e com relação aos répteis, perdemos apenas para a Austrália. Porém, novas espécies de répteis estão sendo descritas em nosso país e, assim, especialistas acreditam que em breve ele ocupará o primeiro lugar, sendo então **o país que abriga a maior riqueza de espécies de anfíbios e**

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos

também de répteis. Esse fato aumenta muito a responsabilidade de nosso país em relação à preservação dessas espécies, principalmente diante de fatos que evidenciam a redução populacional desses grupos em várias partes do Planeta.

A principal ameaça à **Herpetofauna** (espécies de répteis e anfíbios de uma dada região) é o **desmatamento**. Como dissemos, anfíbios e répteis são animais peclotérmicos, e por não manterem a temperatura do corpo constante (se aquecem no sol) são muito suscetíveis a variações climáticas, sofrendo muito com o aumento da temperatura. Por serem animais que não se movimentam e nem se deslocam muito, eles se tornam vulneráveis a qualquer mudança em seu hábitat (lugar onde vivem), e, além disso, os anfíbios, por apresentarem a pele permeável e por possuírem dois ciclos de vida (um na água e outro na terra), são extremamente sensíveis a substâncias tóxicas e poluentes, tanto no ar quanto na água. Por serem extremamente sensíveis a perturbações no ambiente, eles são considerados **bioindicadores da qualidade ambiental**.

Mas você deve estar se perguntando, por que esses animais são tão importantes para o equilíbrio ambiental? A resposta é simples, **porque as serpentes controlam a população de ratos, e os anfíbios e lagartos se alimentam de uma grande variedade de insetos e outros artrópodes, além de servirem de alimento para diversos animais vertebrados.** Diante disso, podemos concluir que répteis e anfíbios são organismos fundamentais para a cadeia alimentar e a redução na sua população afeta consideravelmente a estrutura trófica das comunidades.

PORQUE FALAR SOBRE ANFÍBIOS E RÉPTEIS?

A maioria da população brasileira (porque não, mundial) têm ideias erradas sobre estes animais, estando rodeados por mitos e superstições que têm contribuído para sua rarefação, com efeito, são muitos os seres destes grupos que são mortos pelo Homem, apesar de serem extremamente úteis, como por exemplo: no controle das populações de insetos e de roedores.

Porque a ignorância mata, há de divulgar o importante papel que estes animais desempenham nos ecossistemas, afastando de vez as ideias erradas acerca deles. A maioria não são peçonhentos (ou venenosos), não são “maus”, a maioria nem sequer é perigosa e são muito úteis.

Vítimas da perseguição, de atropelamento, de fogos, da destruição das florestas, da poluição das águas, da destruição de seus hábitats naturais e de muitos outros fatores relacionados com a nossa espécie, estes animais encontram-se cada vez mais ameaçados.

O QUE É UM ANFÍBIO?

A palavra “anfíbio” vem do grego “amphibios”, que significa que vive em dois elementos: terra e água. As salamandras, as rãs, as jias, os sapos, as pererecas e as cecílias são anfíbios, que vivem uma parte de sua vida na água e outra na terra. São bastante dependentes do meio aquático, pois respiram também através da pele e precisam tê-la sempre úmida.



© David Ferrel

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos



O QUE É UM RÉPTIL?

O nome "réptil" vem do latim "reptile" que significa animal que rasteja. Entre os répteis estão as osgas, as lagartixas, as troiras, os calangos, os lagartos, as serpentes, as tartarugas, os jacarés, as cobras de duas cabeças, etc.

Os répteis têm o corpo coberto por escamas, mas não são peixes! Nas lagartixas, calangos, troiras, lagartos, serpentes as escamas são geralmente pequenas, mas nas tartarugas e cangaparas algumas escamas são grandes e grossas, por isso chamam-se placas.



Agora que você já sabe da importância desses animais para o equilíbrio ambiental, repasse esse conhecimento às outras pessoas, principalmente aquelas que jogam sal no sapo para espantá-lo, sem saber que isso causa graves queimaduras, e pode causar a morte do animal; que acham que o sapo esguicha veneno, entre outras.

ANFÍBIOS ANUROS

Os anuros, popularmente conhecidos por sapos, jias, rãs e pererecas, correspondem ao maior grupo da classe Amphibia, com aproximadamente 5.000 espécies. Os outros anfíbios (salamandras e cecílias) são representados por relativamente poucas espécies no Brasil. A grande maioria dos anuros vive nos trópicos, e aproximadamente 600 espécies vivem na bacia Amazônica. Os anuros parecem frágeis, pois sua pele não possui escamas nem pelos para proteção. No entanto, são muito bem adaptados e geralmente estão entre os vertebrados mais abundantes e presentes em maior número de habitats, perdendo somente para aves e morecegos em número de espécies.

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos

ANURO DE CAMAPUTIUA



Nome científico: *Rhinella marina* (Linnaeus, 1758)

Nome comum: Sapo cururu, sapo boi

História Natural: Desde a Amazônia no Brasil até o sul do Texas nos Estados Unidos. De grande porte (cerca de 20 cm). Sapo bem robusto, o dorso é coberto por tubérculos e atrás dos olhos estão as glândulas parótidas bem desenvolvidas. O dorso tem um fundo em diferentes tonalidades de marrom com manchas negras. O ventre é creme com pequenos pontos marrons, com ou sem manchas acidentadas. Terrestre e noturno. Costumam cantar nas margens de poças grandes e permanentes, durante todo o ano. A reprodução ocorre principalmente durante a estação chuvosa. A desova (4 a 10 mil ovos) é feita na superfície d'água formando um cordão gelatinoso. Os girinos são pretos e formam aglomerados no fundo das poças.



Nome científico: *Dendropsophus branneri* (Cochran, 1948)

Nome comum: Perereca

História Natural: Encontrada em vários estados da costa brasileira, do Maranhão até o Rio de Janeiro. De pequeno porte (cerca de 2 cm). Perereca de aparência bem delgada, focinho truncado e discos adesivos nos dedos. Alguns possuem uma marca branca abaixo do olho. O dorso possui uma coloração amarelada, mais clara, sendo que as laterais desses indivíduos possuem listras brancas que podem ser sucedidas por faixas de tom mais escuro. O ventre possui coloração mais amarronzada. Arbóricola e noturno. Geralmente encontrada próxima de corpos de água parada, sejam eles temporários ou permanentes. Os ovos são colocados na superfície da água. Os girinos tem a forma triangular com uma cauda longa, apresentam coloração bege com uma faixa negra do focinho o olho.

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos



Nome científico: *Dendropsophus leucophyllata* (Beieris, 1783)

Nome comum: Rã palhaço

História Natural: Amplamente distribuída em regiões de floresta amazônica, podendo ser encontrada em outros países da América do Sul. De pequeno porte (cerca de 3 cm). Esguia de pele mais lisa quando comparada com a de sapos. Possui manchas de cor amarelada recobrimdo o dorso e parte das pernas, chegando a cobrir parte da cabeça também. Sob essas manchas está uma coloração mais rosada que se estende pelo resto do corpo. Semiaquática, arborícola, noturno e diurno. Pode ser encontrada sobre a folhagem de plantas aquáticas, igarapés ou ainda em bordas de matas, em áreas abertas e florestas. Os ovos são colocados em folhas acima do corpo d'água. Dorsalmente o girino têm forma de violino e lateralmente é achatado. Os girinos possuem uma coloração marrom avermelhada com manchas escuras ao longo do corpo



Nome científico: *Dendropsophus minutus* (Peters, 1872)

Nome comum: Pererequinha-do-brejo

História Natural: Pode ser encontrada em quase toda a América do Sul. De pequeno porte (cerca de 2 cm). Pererecas de corpo delgado e com discos adesivos em seus dedos que auxiliam em seu estilo de vida. Possuem uma coloração amarronzada no dorso, apresentando manchas de tonalidade mais escura que recobrem desde a cabeça até as pernas, mas apenas na porção dorsal. O ventre é mais esbranquiçado, não apresentando manchas. Geralmente encontrada em corpos lênticos, empoleirada em arbustos ou galhos próximo de poças (temporárias ou permanentes), áreas abertas e alagadas. Os ovos formam massa globular aderida plantas emergentes da poça. O girino é comprimido lateralmente. O indivíduo ficam disperso na coluna da água próximo a vegetação herbácea.

Anfíbios e Répteis de Camaputia e seus entornos



Nome científico: *Elachistocles bumbameuboi* (Caramaschi, 2010)

Nome comum: Rãzinha

História Natural: Endêmica do Maranhão. De médio porte (pode variar de 2 a 4 cm). Rã de corpo ovoide, cabeça pequena e triangular. Dorso levemente rugoso. Dorso predominante cinza escuro, sem qualquer mancha ou listra. Ventre acinzentado com pontos brancos diminutos. Terrestre e noturno. Pode ser encontrada em meio à serapilheira. Coloca os ovos em espumas flutuantes sobre água. O girino apresenta o formato globular e uma coloração amarronzada com manchas esbranquiçadas.



Nome científico: *Boana multifasciata* (Gunther, 1859)

Nome comum: Perereca

História Natural: Espécie bem abundante e distribuída, sendo encontrada em vários países da América do Sul, como Venezuela e Guiana Francesa. De médio porte (cerca de 5 cm). Esguia de pele lisa com presença de discos adesivos. Dorso amarronzado com listras horizontais escuras. Ventre esbranquiçado. Arborícola e noturno. Pode ser encontrado em vegetação marginal de lagoas permanentes. As fêmeas depositam seus ovos sobre a superfície da água em uma monocamada. Os girinos apresentam corpo globular e se distribui de forma agregada no ambiente.

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos



Nome científico: *Boana raniceps* (Günther, 1859)

Nome comum: Perereca da bananeira, Perereca-do-Chaco, Perereca-chaquenha

História Natural: Espécie tipicamente amazônica, podendo ser encontrada em diferentes países, como Colômbia e Guiana Francesa. De médio porte (cerca de 5 cm). Pele lisa exceto na região torácica. Presença de discos adesivos. Possui corpo esguio. Dorso marrom-escuro ou avermelhado com listras horizontais mais escuras. Banda marrom escuro que passa pelo olho e vai até a margem posterior do tímpano. Ventre esbranquiçado. Arborícola e noturno. Encontrada em vegetação próxima de lagoas e de rios. Esta espécie apresenta ovos em copo d'água lântico dos quais se desenvolvem girinos exotrófico Os girinos apresentam o corpo globular e com coloração amarronzada e pontos pretos



Nome científico: *Leptodactylus fuscus* (Schneider, 1799)

Nome comum: Rã mantega, rã assobiadora, gĩa

História Natural: Muito bem distribuída por boa parte da América do Sul chegando até países na América Central, como Panamá. De médio porte (cerca de 5 cm). Rã relativamente robusta de pele lisa. Dorso amarronzado recoberto por pequenas manchas pretas. Podem possuir uma listra longitudinal de aspecto mais claro que atravessa o centro do dorso. Terrestre e noturno. Pode ser encontrada em vários tipos de áreas abertas, como cerrado, áreas degradadas e ambientes urbanos. Os ovos estão envolvidos em espumas e são depositados em cavidade subterrânea no solo lamoso próximo à borda da lagoa. As larvas eclodem na espuma e migram para a água Os girinos apresentam o corpo o corpo globular deprimido com coloração marrom escura na região dorsal e castanha na região ventral

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos



Nome científico: *Leptodactylus labyrinthicus* (Spix, 1824)

Nome comum: Rã pimenta, Gia, Rã vermelha

História Natural: Típica do Cerrado e Caatinga brasileira, também podendo ocorrer na região sul do país, chegando até o Paraguai. De grande porte (cerca de 15 cm). Rã robusta com pele relativamente rugosa que secreta um muco bactericida. Coloração dorsal é marrom escuro ou castanho claro com pequenos pontos pretos. Possui um padrão de manchas triangulares negras pelo maxilar superior. Coloração avermelhada na região da coxa. Ventre esbranquiçado com um padrão de manchas escuras. Terrícola e noturno. Os ovos são depositados em cavidade, onde apenas 6% são fertilizados e os demais são ingeridos pelas larvas eclodidas. O girino é globular-deprimido com coloração acinzentada com manchas e faixas claras.



Nome científico: *Leptodactylus macrosternum* (Miranda-Ribeiro, 1926)

Nome comum: Rã manteiga

História Natural: Amplamente distribuída pela América do Sul. De médio porte (cerca de 7 cm). Rã relativamente robusta de pele pouco rugosa. Dorso esverdeado ou castanho claro, com presença de manchas escuras de contorno claro. Presença de listra branca no lábio superior. Ventre esbranquiçado, sem manchas. Terrestre e noturno. Espécie que pode ser encontrado em brejos, açudes, próximo a poças temporárias ou permanentes de áreas abertas. Os ovos são depositados no ninho de espuma sobre a superfície da lagoa. Os girinos se distribuem cardumes de 25cm que ficam subindo e descendo na coluna d'água da gerando bolhas.

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos



Nome científico: *Leptodactylus petersii* (Steindachner, 1864)

Nome comum: Rã comum

História Natural: Espécie que ocorre em áreas próximas da bacia amazônica, abrangendo vários países como Colômbia, Peru e Equador, e em locais isolados do Cerrado brasileiro. De médio porte (cerca de 4 cm). Rã com pele bem rugosa, recoberta por grânulos no dorso. Dorso variando de verde escuro até mais amarronzado escuro. Ventre esbranquiçado recoberto por grandes manchas escuras espalhadas uniformemente. Terrestre e noturna. Pode ser encontrada no solo próxima de corpos d'água. Os ovos são depositados sobre o folhicho na margem do corpo d'água, com as chuvas fortes os girinos migram para água. Os girinos ficam em cardumes próximos a mãe que os protege

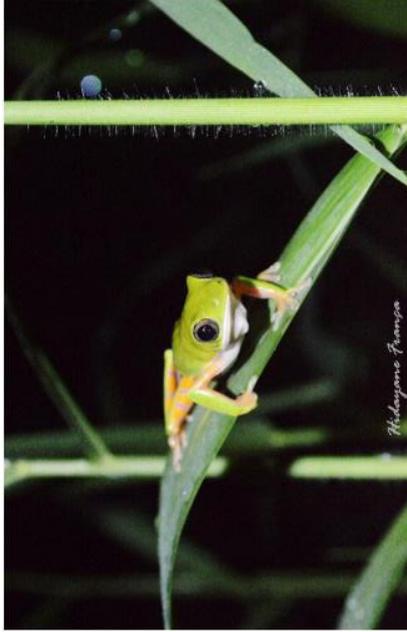


Nome científico: *Leptodactylus mystaceus* (Spix, 1824)

Nome comum: Rã comum

História Natural: Ocorre em vários países da América do Sul, na região amazônica, como Peru, Bolívia, Equador e Colômbia. De pequeno a médio porte (de 2 a 5 cm). Pele lisa, ao contrário de outros representantes do gênero, com duas pregas dorso laterais proeminentes. Mancha negra que vai desde a narina, passa pelo olho e vai até o tímpano. Presença de uma listra branca no lábio superior bem evidente. Dorso amarronzado claro com manchas irregulares escuras. Ventre esbranquiçado com manchas escuras nas laterais. Terrestre e noturna. Pode ser encontrada em campos abertos inundáveis durante o período chuvoso. x

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos



Nome científico: *Pithecopus hypochondrialis* (Daudin, 1800)

Nome comum: Pereca, Rãzinha escaladora

História Natural: De ampla distribuição pela América do Sul, desde a Guiana Francesa até Argentina. De médio porte (cerca de 4 cm). Perereca de corpo delgado e pele lisa. Possui discos adesivos nos dedos. Olhos avantajados. Dorso esverdeado. Laterais do corpo e das patas, tanto posteriores quanto anteriores, de coloração alaranjada intercalada por pequenas manchas negras. Ventre esbranquiçado. Arborícola e noturna. Pode ser encontrada em arbustos e outros tipos de vegetação herbácea em campos abertos inundáveis sazonalmente e também em florestas tropicais. Os ovos dessa espécie são colocados em uma massa gelatinosa dentro de folhas sobre as poças, quando é que os girinos eclodem caem na água. A larva possui um corpo ovoide e a nadadeira dorsal baixa quase da altura do corpo



Nome científico: *Physalaemus cuvieri* (Fitzinger, 1826)

Nome comum: Rã lobo, Rã cachorro, Rãzinha

História Natural: Possui ampla distribuição pelo Brasil, com ocorrência também no Paraguai e Bolívia. De pequeno porte (cerca de 3 cm). Possui a pele lisa bem lisa. Dorso amarronzado ou castanho claro com presença de manchas um pouco mais escuras irregulares de contorno claro. Ventre esbranquiçado com manchas acinzentadas irregulares. Manchas alaranjadas na parte interna das coxas. Mancha preta bem evidente que surge após a região ocular e segue pelas laterais do corpo. Terrícola e noturno. Ocorre em vários tipos de ambiente tais como campos abertos, cerrado e pastos. Os ovos são depositados no centro de espumas que os protege contra a ressecção. O girino apresenta o corpo deprimido com formato globular e tem uma coloração amarronzada levemente pigmentada

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos



Nome científico: *Scinax nebulosus* (Spix, 1824)

Nome comum: Perereca comum

História Natural: Espécie de ocorrência no norte da América do Sul. De pequeno porte (cerca de 2 cm). Presença marcante de várias glândulas na superfície dorsal, especialmente na região da cabeça. Presença de discos adesivos nos dedos. Corpo esguio. Dorso amarronzado escuro, enquanto o ventre é esbranquiçado com presença de manchas escuras próximas das laterais e na região da cabeça. Arborícola e noturna. Costuma ser encontrada nas bordas de poças temporárias em florestas tropicais durante o período chuvoso. Consegue sobreviver bem em cerrado úmido e em ambientes antropizados, como pastos.



Nome científico: *Scinax x-signatus* (Spix, 1824)

Nome comum: Perereca comum

História Natural: Ocorre em boa parte do território nacional, sendo amplamente distribuída. De pequeno porte (cerca de 2 cm). De corpo delgado e pele lisa. Possui discos adesivos nos dedos. Dorso castanho claro com a presença de uma mancha em forma de "x" nas costas castanho escuro, que dá nome à espécie. Ventre claro, meio amarelado. Arborícola e noturno. É típica de florestas tropicais, cerrado e até mesmo em campos abertos, sendo encontrada próxima de poças temporárias durante temporada de chuva.

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos



Nome científico: *Scinax fuscomarginatus* (A. Lutz, 1925)

Nome comum: Perereca-do-banheiro, Pererequinha-do-brejo, Perereca comum

História Natural: Ampla distribuição pelo Brasil, sendo encontrada também na Bolívia e Paraguai. De pequeno porte (cerca de 2 cm). Perereca de pele lisa e corpo esguio. Possui discos adesivos. Dorso castanho claro com a presença de uma mancha em forma de "x" nas costas castanho escuro, que dá nome à espécie. Ventre claro, meio amarelado. Arborícola e noturna. Pode ser encontrada em áreas abertas ou de mata, próxima a poças temporárias ou permanentes, em brejos, gramíneas ou plantas arbustivas, em alagados, ou ainda em ambientes alterados pela ação antrópica. Os ovos em espuma são colocados sobre a água. Os girinos são lateralmente comprimidos e triangular, é marrom clara com faixa escura entre o focinho e os olhos



Nome científico: *Sphaenorhynchus prasinus* (Bokermann, 1973)

Nome comum: Perereca comum

História Natural: Espécie com ocorrência no sudeste e nordeste brasileiro. De pequeno porte (cerca de 3 cm). Corpo delgado e pele lisa, com presença de discos adesivos nos dedos. Coloração bem esverdeada em todo o corpo, sendo seu ventre bem transparente, podendo ser possível observar seus órgãos internos. Possui listras amareladas que começam no focinho, atravessam a região ocular e podem ir até a região das coxas. Arborícola e noturno. Típica de floresta secundária, pode ser encontrada em áreas de clareira e bordas.

Anfíbios e Répteis de Camaputia e seus entornos



Nome científico: *Trachycephalus typhonioides* (Linnaeus, 1758)

Nome comum: Perereca, Rã trepadora

História Natural: Espécie com distribuição pelo norte da América do Sul e Central. De grande porte (cerca de 10 cm). Perereca de corpo robusto. Possui a pele bem rugosa, com muitos grânulos. Machos possuem sacos vocais parecidos laterais expansíveis. Possui discos adesivos nos dedos. Coloração tende a variar dependendo de sua região. Dorsal marrom-escuro com manchas irregulares. Duas manchas dorsolaterais bem evidentes de cor bege. Ventre esbranquiçado. Noturno e arborícola. Pode ser encontrada em áreas de floresta tropical, sejam elas secas ou úmidas. Durante o período chuvoso se torna abundante próxima de poças temporárias. Os ovos são depositados em uma massa gelatinosa que flutua sobre o corpo da água. Os girinos apresentam o corpo comprimido e afilado na região da boca que é proeminente.



Nome científico: *Pseudopaludicola* sp. (Miranda-Ribeiro, 1926)

Nome comum: Rã comum

História Natural: Ocorre em vários países da América do Sul além do Brasil, como Paraguai, Colômbia, Peru, Uruguai e Venezuela. De pequeno porte (cerca de 3 cm). Corpo relativamente esguio com presença de alguns grânulos pelo dorso. Dorsal amarronzado com algumas manchas escuras. Espécie encontrada em Camaputia possui uma linha vertebral clara. Ventre esbranquiçado sem manchas. Terrestre e noturno. Pode ser encontrada em regiões inundáveis em campos abertos.

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos



Nome científico: *Pipa pipa* (Bokermann, 1962)

Nome comum: Sapo marreca

História Natural: Ocorre em vários países no norte da América do Sul, sendo tipicamente amazônica. De grande porte (cerca de 10 cm). Rã de formato singular, corpo achatado dorso-ventralmente e de cabeça triangular, com olhos diminutos. As patas anteriores são curtas e fracas enquanto as anteriores são mais resistentes. Possuem pele rugosa, coberta por grânulos. Dorso de coloração marrom escuro, assim como o ventre. Inteiramente aquática. Pode ser encontrada em rios e canais com fundo lamoso. Durante a estação chuvosa fica próxima a poças temporárias. Os ovos são colocados em buracos no dorso da fêmea. Após eclodir os girinos saem da costa da mãe e nadam para o corpo d'água.



Nome científico: *Dendropsophus soaresi* (Caramaschi e Jim, 1983)

Nome comum: Perereca comum

História Natural: Típica do nordeste brasileiro. De médio porte (cerca de 4 cm). Possui corpo esguio de pele rugosa, recoberta por grânulos no dorso. Presença de discos adesivos nos dedos. Dorso amarronzado com manchas escuras irregulares. Ventre esbranquiçado. Arborícola e noturna. Ela vive em áreas de cerrado úmidas e secas, sendo geralmente encontrada em vegetação baixa e próxima de poças temporárias e permanentes. Essa espécie deposita seus ovos em uma camada gelatinosa sobre a água. Os girinos apresentam o corpo triangular com coloração marrom clara

Anfíbios e Répteis de Camaputiua e seus entornos



Nome científico: *Leptodactylus latrans* (Steffen, 1815)

Nome comum: Rã comum

História Natural: Espécie de ampla distribuição pela América do Sul, sendo encontrada em quase todo o território nacional. De grande porte (cerca de 10 cm). Rãs robustas de pele lisa. Possuem pregas longitudinais proeminentes no dorso. Dorso castanho escuro com manchas mais enegrecidas de contorno claro. Ventre esbranquiçado. Terrícola, diurno e noturno. Habita áreas de campo aberto, podendo ser encontrada próxima de poças, lagos pequenos e campos inundáveis. Essa espécie deposita seus ovos em ninhos de espuma que flutuam sobre a água. Os girinos apresentam o comportamento de cardume e há cuidado parental após a eclosão, onde os girinos ficam próximo da mãe



Nome científico: *Leptodactylus pustulatus* (Peters, 1870)

Nome comum: Rã comum

História Natural: Espécie tipicamente brasileira, sendo encontrada no Centro-Oeste, Norte e Nordeste. De médio porte (cerca de 5 cm). Rã de pele levemente rugosa, sem pregas dorsais. Dorso castanho claro com algumas manchas escuras fracas. Ventre característico da espécie, sendo esbranquiçado com pontos amarelados distribuídos uniformemente. Terrestre e noturno. Ocorre em áreas de cerrado próximas de corpos d'água permanentes. Os girinos dessa espécie apresenta um comportamento de cardume ficando próximo ao corpo da mãe. Os girinos apresentam uma coloração marrom escura com uma cauda escura. O corpo oval e alongado e comprimido

ANEXO 2 - LOPES; Gildevan Nolasco; SERRA, Raymony Tayllon Alves; PIORSKI, Nivaldo Magalhães; ANDRADE, Gilda Vasconcellos de. **Pond characteristics influence the intraspecific variation in the morphometry of the tadpoles of two species of *Dendropsophus* (Anura: Hylidae) from the Cerrado savanna of northeastern Brazil.** [sn], Anais da Academia Brasileira de Ciência, 2019. No prelo.

Anais da Academia Brasileira de Ciências



Pond characteristics influence the intraspecific variation in the morphometry of the tadpoles of two species of *Dendropsophus* (Anura: Hylidae) from the Cerrado savanna of northeastern Brazil

Journal:	<i>Anais da Academia Brasileira de Ciências</i>
Manuscript ID:	AABC-2018-1171.R1
Manuscript Type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	27-Mar-2019
Complete List of Authors:	Nolasco Lopes, Gildevan; Universidade Federal do Maranhao, Programa de Pós-graduação Biodiversidade e Biotecnologia Serra, Raymony; Universidade Federal do Maranhao, Programa de Pós-graduação Em Biodiversidade e Conservação/CCBS Piorski, Nivaldo; Universidade Federal do Maranhao, Departamento de Biologia Andrade, Gilda; Universidade Federal do Maranhao, Departamento de Biologia
Keyword:	anuran larvae, <i>Dendropsophus minutus</i> , <i>Dendropsophus nanus</i> , Maranhão, morphology, savanna
Classifications:	Ciências Biológicas (Biological Sciences)

SCHOLARONE™
Manuscripts

<https://mc04.manuscriptcentral.com/aabc-scielo>

1
2
3
4
5 1 **Pond characteristics influence the intraspecific variation in the**
6
7 2 **morphometry of the tadpoles of two species of *Dendropsophus* (Anura:**
8
9 **Hylidae) from the Cerrado savanna of northeastern Brazil**
10 3
11
12 4
13
14

15 5 Gildevan Nolasco Lopes¹

16
17 6 Raymony Tayllon Alves Serra²

18
19 7 Nivaldo Magalhaes Piorski³

20
21
22 8 Gilda Vasconcellos de Andrade³

23
24 9
25
26 10 ¹ Programa de Pós-graduação Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Federal do
27
28 11 Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP 65080-805 São Luís, MA, Brasil.

29
30
31 12 ² Programa de Pós-graduação Em Biodiversidade e Conservação/CCBS, Universidade Federal do
32
33 13 Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP 65080-805 São Luís, MA, Brasil.

34
35 14 ³ Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966,
36
37 15 Bacanga, CEP 65080-805 São Luís, MA, Brasil.

38
39
40 16
41
42 17 **Keywords:** anuran larvae, *Dendropsophus minutus*, *Dendropsophus nanus*, Maranhão,
43
44 18 morphology, savanna.

45
46
47 19 **Running Title:** Morphometry of *Dendropsophus* tadpoles

48
49 20 **Academy Section:** Biological Sciences

50
51 21 **Author to correspondence:** Gildevan Nolasco Lopes; E-mail: gildevanzw@gmail.com

1
2
3
4 1
5
6
7 2
8
9 3
10
11 4
12
13
14 5
15
16 6
17
18 7
19
20
21 8
22
23 9
24
25 10
26
27
28 1
29
30 2
31
32 3
33
34
35 4
36
37 5
38
39 6
40
41
42 7
43
44 8
45
46 9
47
48 10
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

ABSTRACT

To verify the association between the morphological variation of tadpole's populations and the abiotic factors of temporary ponds in the Cerrado can help understand how environmental heterogeneity of this biome contributes to the morphological diversity of different species. Considering the small amount of tadpole studies with this subject in the Brazilian Cerrado, we aim to describe the morphometric variation of tadpoles of different populations of *Dendropsophus nanus* and *Dendropsophus minutus* in the Cerrado of southern Maranhão state and (ii) to relate the variation in morphology to the characteristics of the pond. The tadpoles were collected from 11 ponds in southern Maranhão. Initially, we compared the morphological space between the populations using NPMANOVA, separately for each species. Next, we tested the association between the environmental and morphological matrices using Stepwise Multiple Linear Regression. We obtained the morphological and environmental data matrices through ordering methods applied to morphometric variables and pond characteristics, respectively. We found considerable morphometric differences among populations in both species. In *D. nanus*, morphometry correlated with the substrate, whereas in *D. minutus*, it was associated with the vegetation of the pond. We thus conclude that the variation in specific environmental condition exploited by the tadpoles affects their morphometry.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

INTRODUCTION

Dendropsophus nanus (Boulenger 1889) and *Dendropsophus minutus* (Peters 1872) are anurans of the family Hylidae. Both species are widely distributed in South America (Frost 2016) and are each considered to encompass a complex of species due to the considerable morphological and genetic variation found among populations (Medeiros et al 2003, Gehara et al. 2014). One way to study this variation is through the detection of potentially independent evolutionary subunits, which can be determined through the quantitative analysis of morphological variation (Reis et al. 1990). A number of *Dendropsophus* species have been described recently (Dias et al. 2017, Motta et al. 2012, Rivera and Orrico 2013, Orrico et al. 2014) and the number of recognized species in the genus has yet to stabilize (Motta et al., 2012). Given this, the development of studies that show patterns of morphological variation will be an essential first step toward to understand the diversity of this group.

Geographic variation among the populations of a given species is an inevitable outcome of the spatial variation in the environment, driven by genetic divergence and/or phenotypic plasticity (Mayr 1977). One of the basic assumptions in morphometric studies is that the morphology of an organism will correlate with its mode of life, such that phenotypes are determined by the variation in environmental factors (Norton et al. 1995). Given this, a second step in morphological research is to correlate morphometric variation with its possible causal factors. The quantitative analysis of covariance between body traits and their potential determining factors may provide important insights into patterns of morphological variation (Bookstein 1991). Systematic phenotypic variation has been observed in a number of studies of tadpoles (Skelly and Werner 1990, Newman 1992, McCollum and Van Buskirk 1996, Smith and

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1 Van Buskirk 1995, Stoler and Relyea 2013).

2 Amphibian larvae present considerable plasticity in response to environmental factors
3 (Van Buskirk and Relyea 1998) and provide excellent models for the study of phenotypic
4 variation (Miner et al. 2005). Van Buskirk (2009) concluded that the morphological variation
5 found in tadpole populations is, in part, a product of the variation in the abiotic filters presented
6 by the environment. In an experimental study (Touchon and Warkentin 2011), for example, the
7 tadpoles of *Dendropsophus ebraccatus* presented morphological variation resulting from a
8 combination of biotic (predation) and abiotic (water temperature) filters, indicating that even
9 small variations in abiotic conditions can influence the expression of different phenotypes.
10 However, most studies of tadpole morphology have been experimental, and have tended to focus
11 on intra-population phenotypic plasticity, reflecting a knowledge gap in terms of field data (Van
12 Buskirk 2009) and inter-population comparisons.

13 Both *D. nanus* and *D. minutus* are amply distributed in Brazil, and are found in areas of
14 Cerrado savanna, including those in southern Maranhão, a state in northeastern Brazil (Reichle et
15 al. 2004). The Cerrado is the second largest Brazilian biome (Klink and Machado 2005), which
16 encompasses an extensive mosaic of vegetation types, and a high diversity of organisms
17 (Cavalcanti 1999, Silva and Bates 2002). To contribute to the understanding of the factors
18 responsible for morphological variation in tropical tadpoles, the present study aimed to (1)
19 describe the morphometric variation of different populations of *D. nanus* and *D. minutus* tadpoles
20 in the Cerrado of southern Maranhão. (2) relate the observed variation in morphology to pond
21 characteristics (size, substrate and pond vegetation). Given the environmental complexity of the
22 Cerrado and the premise of the correlation between environmental factors and tadpole
23 morphology, we tested the hypotheses that tadpoles from different populations of the two species

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

are morphologically distinct from one another, and that this intraspecific variation can be related systematically to specific features of the ponds they inhabit.

MATERIALS AND METHODS

The tadpoles were collected from 11 ponds in southern Maranhão in the rainy season, that is, in January and February 2012, and in May 2013 (Table I; Figure 1). The ponds were classified as temporary bodies of water of the lentic type, and varied in size (Table I). The study area is located within the Cerrado savanna biome, and the climate of this region is of the Aw type in the Köppen classification system, with a mean annual temperature of 27°C, mean annual rainfall of 1800 mm, and a dry season that typically lasts from May to September (INMET, 2018). The study area is characterized by environmental heterogeneity but homogeneous climatic conditions.

-----FIGURE 1-----

-----TABLE I-----

The tadpoles were sampled by sweeping the water column and adjacent substrate with a dip net (35 cm diameter, 2 mm mesh) during one hour at each pond. The tadpole specimens collected at each pond were fixed in 10% formaldehyde and later deposited in the herpetology collection of the Federal University of Maranhão. Initial screening select specimens in the Gosner (1960) developmental stages 35–39, which indicated a degree of standardization of the developmental stage for the analyses. Following this screening, 4–10 tadpoles of each species were measured from each pond (Table I).

The first step in the morphological analysis was the observation of the specimens under a stereomicroscope, with measurements being taken using the Axion Vision 4.8 software. All

1
2
3
4 1 measurements were obtained by the same researcher. The following measurements were obtained
5
6 2 from each specimen in the lateral view (Figure 2): eye-snout distance (END), body length (BL),
7
8 tail length (TAL), eye height (EH), body height (BH), tail muscle height (MH), and maximum tail
9 3 height (TH). These morphometric data were first transformed by the Log10 and Burnaby's
10
11 4 method (Hammer et al 2001) to eliminate size effects, a Canonical Variable Analysis (CVA) was
12
13 5 then applied to reduce dimensionality and generate the morphometric matrix. **The morphometric
14
15
16 6 variation among populations was verified through Non-Parametric Multivariate Analysis of
17
18 7 Variance (NPMANOVA) of the CVA scores, with a pairwise post-hoc analysis of all groups.**
19
20
21 8

22
23 9 -----FIGURE 2-----
24

25 10 A standard set of environmental data was recorded at each pond, providing the following
26
27 11 predictive variables: (i) pond size (length, width and depth), (ii) percentage of each substrate type
28
29 12 (gravel, sand, clay, mud, and leaf litter), and (iii) percentage of pond vegetation (floating
30
31 13 vegetation, herbaceous, shrub and arboreal layers, and bare ground). The latter two variables were
32
33 14 visually categorized into classes for analyses: 0% = 0; 1%–20% = 0.1; 21%–40% = 0.3; 41%–
34
35 15 60% = 0.5; 61%–80% = 0.7; 81%–100% = 0.9. A Principal Component Analysis (PCA) was
36
37 16 applied individually to each predictor variable (pond size, substrate and vegetation cover) to
38
39 17 minimize its dimensionality and generate the matrix of environmental data. **A multiple regression
40
41
42
43 18 was applied to test the relationship between the morphology of the tadpoles and the pond
44
45
46 19 variables, using the centroids of the first axes of the CPA and CVA (for environmental and
47
48 20 morphometric data, respectively), based on the stepwise method, to analyze all variables together
49
50
51 21 (Draper and Smith 1981). The first axe of these ordinations were used because they accumulate
52
53 22 the majority of the variation of the data set.**
54

55 23 Spatial autocorrelation was verified using the Moran index (Legendre and Legendre 1998).
56
57
58
59
60

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

There were no quantitative data on predation that allowed an analysis in this work, but field notes indicate that vertebrate predators were absent from all ponds, except P11, while invertebrate predators were present at all sites. All analyses were run in the PAST software (Hammer et al 2001), with a $p < 0.05$ significance level.

RESULTS

The morphometric data on the *Dendropsophus minutus* and *D. nanus* tadpoles are presented in Table II. In *D. minutus*, the first two canonical axes (CV1 and CV2) explained 83.1% of the variation (54.3% and 28.8%, respectively) in body shape among populations (Fig. 3), while in *D. nanus*, the first two canonical axes explained 81.2% (51.6% and 29.6%, respectively) of the variation among populations (Fig. 3).

----- TABLE II -----

The morphological variation among the populations of *D. minutus* was analyzed through the visualization of the CVA plot (Fig.3). The results of the NPMANOVA indicated significant morphometric variation among the *D. minutus* populations ($F = 18.45$; 10,000 permutations; $p < 0.01$). The post hoc test revealed significant differences ($p < 0.05$) between most pair of populations, except P08 vs. P11 and P09 vs. P06 (Table III). In *D. nanus*, the plots of morphological space also indicated considerable morphological variation among the majority of the populations (Fig. 3), with significant pairwise differences most cases (NPMANOVA, $F = 10.39$; 10,000 permutations; $p < 0.01$; Table III). The Moran index did not indicate any spatial autocorrelation in either species (*D. minutus*: -0.0021 to 0.0017; *D. nanus*: -0.0018 to 0.0024; $p < 0.05$ in both cases).

----- FIGURE 3 -----

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

There were no quantitative data on predation that allowed an analysis in this work, but field notes indicate that vertebrate predators were absent from all ponds, except P11, while invertebrate predators were present at all sites. All analyses were run in the PAST software (Hammer et al 2001), with a $p < 0.05$ significance level.

RESULTS

The morphometric data on the *Dendropsophus minutus* and *D. nanus* tadpoles are presented in Table II. In *D. minutus*, the first two canonical axes (CV1 and CV2) explained 83.1% of the variation (54.3% and 28.8%, respectively) in body shape among populations (Fig. 3), while in *D. nanus*, the first two canonical axes explained 81.2% (51.6% and 29.6%, respectively) of the variation among populations (Fig. 3).

----- TABLE II-----

The morphological variation among the populations of *D. minutus* was analyzed through the visualization of the CVA plot (Fig.3). The results of the NPMANOVA indicated significant morphometric variation among the *D. minutus* populations ($F = 18.45$; 10,000 permutations; $p < 0.01$). The post hoc test revealed significant differences ($p < 0.05$) between most pair of populations, except P08 vs. P11 and P09 vs. P06 (Table III). In *D. nanus*, the plots of morphological space also indicated considerable morphological variation among the majority of the populations (Fig. 3), with significant pairwise differences most cases (NPMANOVA, $F = 10.39$; 10,000 permutations; $p < 0.01$; Table III). The Moran index did not indicate any spatial autocorrelation in either species (*D. minutus*: -0.0021 to 0.0017; *D. nanus*: -0.0018 to 0.0024; $p < 0.05$ in both cases).

----- FIGURE 3-----

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

----- TABLE III-----

The results of the CVA and PCA for the morphometric and environmental data, respectively, are summarized in Table IV. In *D. minutus*, the morphometric variables that contributed most to the CV1 axis were maximum tail height and tail muscle height (Table IV). In *D. nanus*, the morphometric variables that contributed most to the CV1 axis were the eye-snout distance and maximum tail height (Table IV).

----- TABLE IV-----

In *D. minutus*, the forward multiple regression analysis indicated that the “Pond Vegetation” was the variable that best explained the morphological variation in the tadpole populations ($R^2 = 0.71$; $p < 0.009$). Analyzing the eigenvalues of CPA and CVA (Table IV) and their relationship (Fig. 4), it was observed that ponds with more herbaceous vegetation and less bare ground showed *D. minutus* tadpoles with shallower tail. In *D. nanus*, the forward multiple regression indicated that the “Substrate” was the variable that best explained the morphological variation in the tadpoles ($R^2 = 0.50$; $p = 0.048$). Analyzing the eigenvalues of CPA and CVA (Table IV) and their relationship (Fig. 4), it was observed that pond substrate with more mud/leaf and less sand/gravel showed *D. nanus* tadpoles with deeper tail.

-----FIGURE 4-----

DISCUSSION

The present study identified clear morphometric differences in tadpole shape among populations in each study species. Although one potential explanation for this finding may be spatial autocorrelation in the morphometric data, the Moran index did not indicate any significant pattern in either species. Similarly, while body size differences may have influenced the variation

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

----- TABLE III-----

The results of the CVA and PCA for the morphometric and environmental data, respectively, are summarized in Table IV. In *D. minutus*, the morphometric variables that contributed most to the CV1 axis were maximum tail height and tail muscle height (Table IV). In *D. nanus*, the morphometric variables that contributed most to the CV1 axis were the eye-snout distance and maximum tail height (Table IV).

----- TABLE IV-----

In *D. minutus*, the forward multiple regression analysis indicated that the “Pond Vegetation” was the variable that best explained the morphological variation in the tadpole populations ($R^2 = 0.71$; $p < 0.009$). Analyzing the eigenvalues of CPA and CVA (Table IV) and their relationship (Fig. 4), it was observed that ponds with more herbaceous vegetation and less bare ground showed *D. minutus* tadpoles with shallower tail. In *D. nanus*, the forward multiple regression indicated that the “Substrate” was the variable that best explained the morphological variation in the tadpoles ($R^2 = 0.50$; $p = 0.048$). Analyzing the eigenvalues of CPA and CVA (Table IV) and their relationship (Fig. 4), it was observed that pond substrate with more mud/leaf and less sand/gravel showed *D. nanus* tadpoles with deeper tail.

----- FIGURE 4-----

DISCUSSION

The present study identified clear morphometric differences in tadpole shape among populations in each study species. Although one potential explanation for this finding may be spatial autocorrelation in the morphometric data, the Moran index did not indicate any significant pattern in either species. Similarly, while body size differences may have influenced the variation

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

among populations, this is also unlikely in the present study, given that all the tadpoles collected were at Gosner (1960) developmental stages 35–39, which would minimize any allometric effects, while the application of the Burnaby correction also eliminated any potential influence of the variation in body size (Winberger 1992).

Phenotypic variation in natural populations arises from a combination of genetic divergence, natural selection, and phenotypic plasticity (Schluter 2009, Losos et al. 2000). Many studies of tadpoles focus on morphological divergence resulting from phenotypic plasticity within populations (Skelly and Werner 1990, Newman 1992, McCollum and Van Buskirk 1996, Smith and Van Buskirk 1995, Stoler and Relyea 2013), while the present study compared the variation among different ponds, and identified significant patterns in both study species. However, it is impossible to confirm whether, or to what extent this morphological variation is related to phenotypic plasticity or genetic divergence, although some studies suggest that phenotypic plasticity play a more important role than genetic divergence in the morphological variation among populations of tadpoles (Van Buskirk 2009, Van Buskirk and Arioli 2005)

In the present study, significant correlations were found between morphometry and specific environmental variables. In *D. nanus*, morphometry and the substrate were correlated. As the tadpoles of *D. nanus* are found at the bottom of the pond, on the substrate (Bokermann 1963), this correlation may reflect some direct effect of the characteristics of the substrate on the morphology of the tadpoles.

In *D. minutus*, there was a significant correlation between the morphometry of the tadpoles and the vegetation of the pond. As the tadpoles of *D. minutus* are found in the middle water column, the presence of vegetation in the water influences their abundance (Bokermann 1963, Rossa-Feres and Nomura 2006, Kopp and Eterovick 2006). Marques et al. (2018) found a

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

relationship between morphometric and environmental variables in three tadpole species (*Physalaemus cuvieri*, *Scinax fuscomarginatus*, and *Scinax similis*) and concluded that local environmental factors play an important role in morphological shifts and local adaptations. The morphological variation may thus reflect the differential use of environmental conditions, so the correlation found in the present study may reflect morphological changes resulting from the variation in the use of environmental conditions by the tadpoles.

In addition to the spatial resources used by the two species, predation is an important factor determining phenotypic plasticity in tadpoles. While predator abundance was not quantified in the present study, predators were present in all the ponds, and it seems reasonable to suggest that predation does not represent a significant source of intraspecific variation. Relyea (2002) concluded that phenotypic variation in tadpoles may be a response to local environmental conditions, and that predation may be an underlying mechanism. Oyamaguchi et al. (2006) identified a correlation between environmental variables and the morphology of adult *D. minutus* in the Cerrado, and emphasized the role of natural selection in genetic divergence of this species in this biome. Other tadpole studies have indicated a synergistic effect between predation pressure and environmental variables (Relyea and Werner 2000, Van Buskirk et al. 1997, Relyea 2012, Van Buskirk, and Arioli 2005), suggesting that abiotic environmental filters may have an indirect or indirect influence on phenotypic variation, depending on predation levels.

The present study showed clearly that the morphological variation of the tadpoles was related to specific environmental features of the ponds they inhabited. A number of studies have shown an increase in tail height in response to the presence of predators (Relyea and Hoverman 2003, Mccollum and Leimberger 1997, Relyea 2003). Van Buskirk (2009) and Marques and Nomura (2018) concluded that the internal environmental characteristics of the pond may

1
2
3
4 1 influence tadpole morphology by providing refuge from either predators or competitors. In the
5
6
7 2 present study, the taller tail of *D. minutus* was associated with less herbaceous vegetation in the
8
9 3 water, while in *D. nanus*, tail height was associated with less muddy substrates and leaf litter.
10
11 4 Given the potential predation in all the ponds, the observed environmental conditions represent
12
13 5 greater exposure to predation, which would explain the increase in tail height. There are two
14
15 6 explanations here, one is that a taller tail would help avoid attacks to the vital organs, while the
16
17 7 other refers to the greater swimming ability of the tadpole, allowing it to escape more efficiently
18
19 8 (Van Buskirk and Relyea 1998, Van Buskirk et al. 2003). However, as the locomotory role of
20
21 9 tadpole fins is still poorly understood, any conclusion on their contribution to the ecological
22
23 10 patterns observed in the present study remain speculative.
24
25
26

27 1 The results of the present study provide important insights into the patterns of
28
29 2 morphological diversity found in tadpoles, in particular population-level variation in the natural
30
31 3 environments of the Neotropical region, and the relationship between specific environmental
32
33 4 features and the characteristics of the morphology of the tadpoles, emphasizing the perspective of
34
35 5 the ecological guild. The relationships found between tadpole morphology and the pond
36
37 6 vegetation, in *D. minutus*, and the substrate, in *D. nanus*, may reflect locomotion patterns in the
38
39 7 water column and/or a predator avoidance response. This emphasizes the need for further research
40
41 8 to elucidate the relationship between tadpole morphology and the variation found in the specific
42
43 9 conditions exploited by each species, including the complementary analysis of factors such as
44
45 10 predation and competition.
46
47
48
49
50
51

52 ACKNOWLEDGMENTS

53 1 We thank Luiz Norberto Weber and Johnny Sousa Ferreira for assistance during fieldwork. We
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 1 **thank Stephen F. Ferrari for his careful revision of the English text.** GVA also thanks the National
5
6 2 System for Biodiversity Research/SISBIOTA/CNPq (grant 563075/2010-4)/FAPESP (grant
7
8 2010/52321-7) - project on the Biology of Brazilian tadpoles, and FAPEMA (grant CBIOMA-
9 3
10 03782/15) - project on the Herpetology Collection of Maranhão. GVA is also grateful to CNPq
11 4
12 for a research fellowship (proc. 312286/2015-5). GNL thanks the Maranhão Federal Institute for
13 5
14 Education, Science and Technology for financial support.
15 6
16
17
18
19
20
21
22
23
24

REFERENCES

- 25 0 BOKERMANN WCA. 1963. Girinos de anfíbios brasileiros – 2 (Amphibia, Salientia). An Acad
26
27 1 Bras Cien 35: 465-474.
28
29 2 BOOKSTEIN FL. 1991. Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology,
30 3
31 Cambridge: Cambridge University Press, 436 p.
32 4 CAVALCANTI RB. 1999. Bird species richness and conservation in the cerrado region of Central
33
34 5 Brazil. Stud Avian Biol 19: 244-249.
35 6 DIAS IR, HADDAD CFB, ARGÔLO, AJS AND ORRICO VGD. 2017. The 100th: An
36
37 7 appealing new species of *Dendropsophus* (Amphibia: Anura: Hylidae) from northeastern
38
39 8 Brazil. PloS one, 12: e0171678.
40
41 9 DRAPER, WR; SMITH H. 1981. Applied regression analysis. New York: Jonh Willey & Sons,
42 0
43 709 p.
44 1 FROST DR. 2016. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Available from:
45
46 2 <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia>>. Accessed 10 January 2018.
47 3 GEHARA M et al. 2014. High levels of diversity uncovered in a widespread nominal taxon:
48
49 4 continental phylogeography of the neotropical tree frog *Dendropsophus minutus*. Plos One 9:
50
51 5 e103958.
52 6 GOSNER KL. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on
53
54 7 identification. Herpetologica 16: 183-190.
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4 1 **thank Stephen F. Ferrari for his careful revision of the English text.** GVA also thanks the National
5
6 2 System for Biodiversity Research/SISBIOTA/CNPq (grant 563075/2010-4)/FAPESP (grant
7
8 2010/52321-7) - project on the Biology of Brazilian tadpoles, and FAPEMA (grant CBIOMA-
9 3
10 03782/15) - project on the Herpetology Collection of Maranhão. GVA is also grateful to CNPq
11 4
12 for a research fellowship (proc. 312286/2015-5). GNL thanks the Maranhão Federal Institute for
13 5
14 Education, Science and Technology for financial support.
15 6
16
17
18 7
19
20 8
21
22
23 9

24 REFERENCES

- 25 10 BOKERMANN WCA. 1963. Girinos de anfíbios brasileiros – 2 (Amphibia, Salientia). An Acad
26
27 11 Bras Cien 35: 465-474.
28
29 12 BOOKSTEIN FL. 1991. Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology,
30 13
31 Cambridge: Cambridge University Press, 436 p.
32 14 CAVALCANTI RB. 1999. Bird species richness and conservation in the cerrado region of Central
33
34 15 Brazil. Stud Avian Biol 19: 244-249.
35 16 DIAS IR, HADDAD CFB, ARGÔLO, AJS AND ORRICO VGD. 2017. The 100th: An
36
37 17 appealing new species of *Dendropsophus* (Amphibia: Anura: Hylidae) from northeastern
38
39 18 Brazil. PloS one, 12: e0171678.
40
41 19 DRAPER, WR; SMITH H. 1981. Applied regression analysis. New York: Jonh Willey & Sons,
42 20
43 709 p.
44 21 FROST DR. 2016. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Available from:
45
46 22 <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia>>. Accessed 10 January 2018.
47 23 GEHARA M et al. 2014. High levels of diversity uncovered in a widespread nominal taxon:
48
49 24 continental phylogeography of the neotropical tree frog *Dendropsophus minutus*. Plos One 9:
50
51 25 e103958.
52 26 GOSNER KL. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on
53
54 27 identification. Herpetologica 16: 183-190.
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- HAMMER Ø, HARPER DAT AND RYAN PD. 2013. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron* 4: 1-9.
- INMET. 2018. Instituto Nacional de Metereologia. Available from: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Accessed 30 July 2018.
- KLINK CA AND MACHADO RB. 2005. Conservation of the Brazilian cerrado. *Conserv Biol* 19: 707-713.
- KOPP, K AND ETEROVICK PC. 2006. Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *J Nat Hist* 40: 1813–1830
- LOSOS JB. 1997. Adaptive differentiation following experimental island colonization in *Anolis lizards*. *Nature* 387:70-73.
- MARQUES N AND NOMURA F. 2018. Environmental and spatial factors affect the composition and morphology of tadpole assemblages. *Can J. Zool*, 96: 1130-1136.
- MARQUES NCS, RATTI SL AND NOMURA F. 2018. Local environmental conditions affecting anuran tadpoles' microhabitat choice and morphological adaptation. *Mar Freshwater Res*: 1-12.
- MAYR, E. 1977. *Populações, Espécies e Evolução*. São Paulo: Edusp, 485 p.
- MCCOLLUM SA, LEIMBERGER JD. 1997. Predator-induced morphological changes in an amphibian: predation by dragonflies affects tadpole shape and color. *Oecologia* 109: 615-621.
- MCCOLLUM SA, VAN BUSKIRK J. 1996. Costs and benefits of a predator-induced polyphenism in the gray treefrog *Hyla chrysoscelis*. *Evolution* 50: 583-593.
- MEDEIROS LR, ROSSA-FERES DC, JIM J AND RECCO-PIMENTEL SM. 2006. B-chromosomes in two brazilian populations of *Dendropsophus nanus* (Anura, Hylidae). *Genet Mol Biol* 29: 257-262.
- MINER BG, SULTAN SE, MORGAN SG, PADILLA DK AND RELYEA RA. 2005. Ecological consequences of phenotypic plasticity. *Trends Ecol Evol* 20(12): 685-692.
- MOTTA AP, CASTROVIEJO-FISHER S, VENEGAS PJ, ORRICO VGD, PADIAL JM. 2012. A new species of the *Dendropsophus parviceps* group from the western Amazon Basin (Amphibia: Anura: Hylidae). *Zootaxa* 3249: 18–30.
- NEWMAN RA. 1992. Adaptive plasticity in amphibian metamorphosis. *BioScience* 42: 671-678,

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- NORTON SF, LUCZKOVICH JJ AND MOTTA PJ. 1995. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. *Env Biol Fish* 44: 287-304.
- ORRICO VGD, PELOSO PLV, STURARO MJ, SILVA-FILHO HF, NECKEL-OLIVEIRA S, GORDO M. 2014. A new “Bat-Voiced” species of *Dendropsophus* Fitzinger, 1843 (Anura, Hylidae) from the Amazon Basin, Brazil. *Zootaxa* 3881: 341–361.
- OYAMAGUCHI HM, OLIVEIRA E, SMITH T. B. 2016. Environmental drivers of body size variation in the lesser treefrog (*Dendropsophus minutus*) across the Amazon-Cerrado gradient. *Biological Biol J Linnean Soc* 120: 363-370,
- REICHLE S, AQUINO L, COLLI GR, SILVANO DL, AZEVEDO-RAMOS C AND BASTOS RP. 2004. *Dendropsophus nanus*. The IUCN Red List Of Threatened Species. Available from: <<http://www.iucnredlist.org/details/55575/0>>. Accessed 10 January 2018.
- REIS SF, DUARTE LC, MONTEIRO LR AND ZUBEN FJV. 2002. Geographic variation in cranial morphology in *Thrichomys apereoides* (Rodentia: Echimyidae). II. Geographic units, morphological discontinuities, and sampling gaps. *J Mammal* 83: 345-353.
- RELYEA RA, HOVERMAN JT. 2003. The impact of larval predators and competitors on the morphology and fitness of juvenile treefrogs. *Oecologia* 134: 596-604.
- RELYEA RA, WERNER, EE. 2000. Morphological plasticity in four larval anurans distributed along an environmental gradient. *Copeia* 2000: 178-190,
- RELYEA RA. 2003. How prey respond to combined predators: a review and an empirical test. *Ecology*: 1827-1839.
- RELYEA RA. 2012. New effects of Roundup on amphibians: Predators reduce herbicide mortality; herbicides induce antipredator morphology. *Ecol Appl* 22: 634-647.
- RIVERA-CORREA M, ORRICO VGD. 2013. Description and phylogenetic relationships of a new species of treefrog of the *Dendropsophus leucophyllatus* group (Anura: Hylidae) from the Amazon basin of Colombia and with an exceptional color pattern. *Zootaxa* 3686: 447–460.
- ROSSA-FERES DDC AND NOMURA F. 2006. Characterization and taxonomic key for tadpoles (Amphibia: Anura) from the northwestern region of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, 6: 0-0.
- SCHLUTER D. 2009. Evidence for ecological speciation and its alternative. *Science* 323:737-741.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- SILVA JMC AND BATES JM. 2002. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. *BioScience* 52: 225-233.
- SKELLY DK, WERNER EE. 1990. Behavioral and life-historical responses of larval American toads to an odonate predator. *Ecology* 71: 2313-2322,
- SMITH DC, VAN BUSKIRK J. 1995. Phenotypic design, plasticity, and ecological performance in two tadpole species. *Am. Naturalist* 145: 211-233,
- STOLER, AB, RELYEA RA. 2013. Leaf litter quality induces morphological and developmental changes in larval amphibians. *Ecology* 94: 1594-1603,
- TOUCHON, JC AND WARKENTIN KM. 2011. Thermally contingent plasticity: temperature alters expression of predator-induced colour and morphology in a Neotropical treefrog tadpole. *J Anim Ecol* 80: 79-88.
- VAN BUSKIRK J AND RELYEA RA. 1998. Selection for phenotypic plasticity in *Rana sylvatica* tadpoles. *Biol J Linnean Soc* 65: 301-328.
- VAN BUSKIRK J, ANDERWALD P, LÜPOLD S, REINHARDT L AND SCHULER H. 2003. The lure effect, tadpole tail shape, and the target of dragonfly strikes. *J. Herpetol.* 37: 420-424
- VAN BUSKIRK J, ARIOLI M. 2005. Habitat specialization and adaptive phenotypic divergence of anuran populations. *J Evolution Biol* 18: 596-608.
- VAN BUSKIRK J, MCCOLLUM SA AND WERNER EE. 1997. Natural selection for environmentally induced phenotypes in tadpoles. *Evolution* 51: 1983-1992.
- VAN BUSKIRK J. 2009. Natural variation in morphology of larval amphibians: Phenotypic plasticity in nature? *Ecol Monogr*, 79: 681-705.
- WIMBERGER PH. 1992. Plasticity of fish body shape: the effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces: Cichlidae). *Biol J Linnean Soc* 45: 197-218.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

**Pond characteristics influence the intraspecific variation in the
morphometry of the tadpoles of two species of *Dendropsophus* (Anura:
Hylidae) from the Cerrado savanna of northeastern Brazil**

Gildevan Nolasco Lopes¹

Raymony Tayllon Alves Serra²

Nivaldo Magalhaes Piorski³

Gilda Vasconcellos de Andrade³

¹ Programa de Pós-graduação Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP 65080-805 São Luís, MA, Brasil.

² Programa de Pós-graduação Em Biodiversidade e Conservação/CCBS, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP 65080-805 São Luís, MA, Brasil.

³ Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP 65080-805 São Luís, MA, Brasil.

Keywords: anuran larvae, *Dendropsophus minutus*, *Dendropsophus nanus*, Maranhão, morphology, savanna.

Running Title: Morphometry of *Dendropsophus* tadpoles

Academy Section: Biological Sciences

Author to correspondence: Gildevan Nolasco Lopes; E-mail: gildevanzw@gmail.com

✓ .