



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

**Evolução da Forma Corporal de Girinos do
Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil**

Bruno Alessandro Augusto Peña Corrêa

Brasília – DF

Julho/2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

Evolução da Forma Corporal de Girinos do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil

Bruno Alessandro Augusto Peña Corrêa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Julia Klaczko

Co-orientador: Prof^o Dr^o Tiago Leite Pezzuti

Brasília – DF

Julho/2023

Evolução da Forma Corporal de Girinos do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais,
Brasil

Bruno Alessandro Augusto Peña Corrêa

Julia Klaczko

Tiago Leite Pezzuti

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Aprovado por

Julia Klaczko (Presidente) – UnB

Angele dos Anjos Martin – UnB

Nathalie Queirolo Kaladinsky Citeli – UCB

Brasília – DF

Julho/2023

Ce Corrêa, Bruno Alessandro Augusto Peña
 Evolução da Forma Corporal de Girinos do Quadrilátero
 Ferrífero, Minas Gerais, Brasil / Bruno Alessandro Augusto
 Peña Corrêa; orientador Julia Klaczko; co-orientador Tiago
 Leite Pezzuti. -- Brasília, 2023.
 46 p.

 Dissertação (Mestrado em Zoologia) -- Universidade de
 Brasília, 2023.

 1. Amphibia. 2. Anura. 3. Morfometria geométrica. 4.
 Ecomorfologia. 5. Alometria. I. Klaczko, Julia, orient. II.
 Pezzuti, Tiago Leite, co-orient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Em um país que fazer ciência é algo que demanda não só força de vontade e de lutar contra as adversidades, mas também em fazer ciência por amor, eu quero agradecer a todos que me ajudaram em algum momento da pesquisa, seja em um momento de sanar minhas dúvidas, de me ensinar algo novo ou também à aquelas pessoas que me levaram para descansar a mente.

Gostaria de agradecer também a minha orientadora Prof^o Julia Klaczko e meu coorientador Prof^o Tiago Pezzuti pelas contribuições e suportes acadêmicos. Aos amigos Yan Soares e Diego da Silva, que me salvaram nas análises estatísticas e no apoio como um todo. Agradecer aos meus amigos queridos que sempre me apoiaram e estavam dispostos a me ajudar sempre que eu precisei. Agradecer as mães que me ajudaram e ajudam em vários momentos, Anelisa Granato e Rosângela Corrêa, e com certeza ao meu lindo filho Maruan Augusto Peña Granato por ter me ensinado o que é o amor incondicional e ser um divisor de águas na minha vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Edital DPG/DPO nº 0001/2021 Processo nº 23106.067264/2021-01.

RESUMO

Evolução da Forma Corporal de Girinos do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil

Bruno Alessandro Augusto Peña Corrêa

Julia Klaczko

Tiago Leite Pezzuti

Resumo da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Os anfíbios anuros são um dos grupos de vertebrados mais diversos do mundo e conseqüentemente são realizados vários estudos dentro dele, como por exemplo, os muitos aspectos de suas ecologias, anatomia e a história evolutiva do grupo. Por serem animais que possuem um ciclo de vida complexo, onde para atingir a fase adulta, há estágios anteriores que no caso dos anuros, é a fase denominada de girino, onde dentro da ontogenia destes organismos, as variações observadas são bastante expressivas, visto que eles partem de uma forma corporal globular, restritos à água (em sua grande maioria), sem a presença de vertebras e com caudas, para uma forma do adulto sendo adaptada para ambientes terrestres ou semi-aquáticos, com respiração majoritariamente pulmonar, membros desenvolvidos para salto ou caminhadas e outras modificações. Portanto, a fase dos girinos possui uma série de adaptações que podem ser avaliadas, como o uso dos microhabitats, variações morfológicas, adaptações fisiológicas e também as relações filogenéticas. Dito isso, o intuito deste trabalho foi identificar se há uma relação entre a forma corporal dos girinos e os grupos ecomorfológicos em um aspecto evolutivo. O estudo foi conduzido na região do Quadrilátero Ferrífero, localizado em Minas Gerais, Brasil, local este com uma heterogeneidade de ambientes, com a presença de espécies endêmicas e considerada como um hotspot para a conservação. Foram analisadas por meio de análises de morfometria geométrica fotografias de 168 indivíduos de 48 espécies de girinos de 10 famílias diferentes, onde dentro desses táxons, foram identificados quatro grupos ecomorfológicos (bentônicos, nectônicos, fossoriais e neustônicos). Os resultados mostraram que a forma corporal dos girinos possui um forte sinal filogenético, ou seja, está relacionada à proximidade evolutiva das espécies. Além disso, os grupos ecomorfológicos dos girinos também influenciaram a variação da forma corporal. Os girinos nectônicos apresentaram maior variação na forma, enquanto os bentônicos e os fossoriais agruparam-se de forma mais homogênea. A

análise da variação da forma também indicou diferenças na cauda e na cabeça dos girinos. Espécies com caudas mais robustas e cabeças achatadas foram associadas a uma melhor capacidade de movimentação na coluna d'água e uma melhor capacidade de fixação ao substrato, respectivamente. A alometria, que analisou a relação entre o tamanho e a forma corporal, não demonstrou uma influência significativa na variação da forma dos girinos. No entanto, os grupos ecomorfológicos foram significantes na explicação das diferenças de tamanho das espécies. Em suma, o estudo concluiu que a morfologia corporal dos girinos de anuros está relacionada à filogenia das espécies e aos fatores ecológicos, como o uso de habitats. A região do Quadrilátero Ferrífero apresenta uma grande diversidade de espécies de girinos, com formas corporais variadas que refletem a adaptação desses animais a heterogeneidade observada no local.

Palavras-chave: Neotropical, Amphibia, anura, Morfometria geométrica, ecomorfologia, alometria.

ABSTRACT

Evolução da Forma Corporal de Girinos do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil

Bruno Alessandro Augusto Peña Corrêa

Julia Klaczko

Tiago Leite Pezzuti

Abstract da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Amphibians of the Anura group are one of the most diverse groups of vertebrates in the world, and as a result, numerous studies have been conducted within this group. These studies encompass various aspects of their ecology, anatomy, and evolutionary history. As animals with a complex life cycle, anurans undergo significant transformations during their ontogeny, particularly during the tadpole phase. Tadpoles start as globular-bodied organisms restricted to water (for the most part), lacking vertebrae, and equipped with tails. They then undergo metamorphosis into adult forms adapted to terrestrial or semi-aquatic environments, featuring predominantly lung respiration, developed limbs for jumping or walking, and other modifications. Therefore, the tadpole phase exhibits a range of adaptations that can be evaluated, including microhabitat usage, morphological variations, physiological adaptations, and phylogenetic relationships. In this context, the aim of this study was to investigate the relationship between tadpole body shape and ecomorphological groups from an evolutionary perspective. The research was conducted in the Quadrilátero Ferrífero region located in Minas Gerais, Brazil. This area is characterized by environmental heterogeneity, the presence of endemic species, and its designation as a hotspot for conservation. Geometric morphometrics analyses were performed using photographs of 168 individuals from 48 species of tadpoles belonging to 10 different families. Within these taxa, four ecomorphological groups were identified (benthic, nektonic, fossorial, and neustonic). The results revealed that tadpole body shape exhibits a strong phylogenetic signal, meaning it is related to the evolutionary proximity of the species. Furthermore, the ecomorphological groups of tadpoles also influenced variation in body shape. Nektonic tadpoles showed the greatest shape variation, while benthic and fossorial tadpoles displayed more homogeneous clustering. Analysis of shape variation also indicated differences in the tail and head regions of the tadpoles. Species with robust tails were associated with improved maneuverability in the water column, while those with flattened heads were associated with better substrate attachment. Allometry, which examines the relationship between size and body shape, did not show

a significant influence on tadpole shape variation. However, the ecomorphological groups were significant in explaining differences in species size. In summary, this study concluded that the body morphology of anuran tadpoles is related to both species phylogeny and ecological factors such as habitat usage. The Cuadrilátero Ferrífero region exhibits a high diversity of tadpole species with varied body shapes, reflecting the adaptation of these animals to the observed environmental heterogeneity in the area.

Key-words: Neotropical, Amphibia, anura, geometric morphometrics, ecomorphology, allometry.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
2.1	ÁREA DE ESTUDO	16
2.2	MATERIAL FOTOGRÁFICO	17
2.3	MARCOS E SEMI-MARCOS ANATÔMICOS	17
2.4	DADOS ECOLÓGICOS	17
2.5	FILOGENIA	19
2.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	20
3	RESULTADOS	22
4	DISCUSSÃO	27
5	CONCLUSÃO.....	30
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
7	ANEXO I.....	35
8	ANEXO II.....	45

SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 3.1: A-B) Representação da Análise de Componentes Principais (PCA) da forma corporal a partir dos grupos ecomorfológicos e das famílias, respectivamente; C) As grades de deformações mínimas e máximas dos dois primeiros eixos da PCA.	23
Figura 3.2: Filomorfoespaço das espécies analisadas de acordo com os eixos da Análise de Componentes Principais (PCA).....	24
Figura 3.3: Variância de Procrustes em Log de acordo com os grupos ecomorfológicos utilizados.	25
Figura 3.4: Curvas da alometria observada de acordo com os grupos ecomorfológicos.	26

SUMÁRIO DE TABELAS

Tabela 2.1: O habitat das espécies utilizadas no estudo.....	18
Tabela 3.2: Resultado da análise generalizada de mínimos quadrados (PGLS) com variáveis preditoras sendo os valores logaritimizdos do tamanho do centróide (Csize) e grupos ecomorfológicos (hab).	24
Tabela 3.3: Valores de p da análise de Variância de Procrustes dos grupos ecomorfológicos.....	25
Tabela 3.4: Resultado das análises de alometria utilizando o tamanho (Csize) e os grupos ecomorfológicos (hab), em consideração.	26

1 INTRODUÇÃO

Anfíbios são um grupo de vertebrados bastante diverso, com cerca de 8.601 espécies atualmente conhecidas no mundo, sendo subdivididas em três ordens, Anura (sapos, pererecas e rãs), Gymnophiona (cecílias) e Caudata (salamandras) (PYRON e WIENS, 2011; FROST, 2023). Anura, a ordem mais diversa, com cerca de 7.600 espécies reconhecidas, é dividida em 55 famílias distintas (FROST, 2023). O Brasil é detentor da maior biodiversidade de anfíbios do mundo com cerca de 1.188 espécies, das quais 1.144 são representantes de anuros (SEGALLA et al., 2021).

Os anuros são bastante estudados em diferentes aspectos de sua biologia, como ecologia, evolução, anatomia, entre outros (PYRON e WIENS, 2011; ZIERMANN e FRATANI, 2022; VÁGI e SZÉKELY, 2023), justamente por serem diversos, ocuparem diferentes microhabitats e por terem ciclo de vida complexo (DUELLMAN e TRUEB, 1994; SHERRAT et al., 2017; ZIERMANN e FRATANI, 2022). Este último, é definido como organismos que possuem dois ou mais estágios de vida antes da fase adulta, onde as etapas larvais realizam metamorfose e que são distintas tanto morfológica quanto ecologicamente dos adultos (RAFF, 2008; SHERRAT et al., 2017). É interessante destacar que no caso dos anuros essa mudança ontogenética é bastante expressiva, visto que eles partem de uma forma globular, com cauda muscular sem a presença de vértebras, com respiração branquial e extremamente dependente de ambientes aquáticos ou úmidos, para adultos que possuem membros especializados a locomoção baseado em andar ou saltar, ausência de cauda, respiração pulmonar e uma capacidade de se distanciar mais dos ambientes aquáticos (SHERRAT et al., 2017). As alterações ontogenéticas supracitadas refletem na forma em que cada fase ocupa o ambiente e como utilizam os recursos nele presente. Quando os dois estágios de um indivíduo convivem em ambientes similares, mudanças expressivas surgem para evitar a competição por recursos, como fontes alimentares, locais de forrageio e outros (RAFF, 2008; CREAN et al., 2011).

Apesar dos girinos possuírem um *bauplan* similar entre as espécies, ainda há uma série de adaptações presentes nestes organismos que podem ser influenciados tanto ecologicamente quanto evolutivamente, sendo estes caracteres utilizados para estudos de taxonomia e filogenia das espécies (DUELLMAN et al., 1997; MCDIARMID e ALTIG, 1999). Além disso, o sucesso a sobrevivência durante a etapa larval

impactará diretamente nas condições físicas dos adultos, portanto, estudar os estágios larvais é de extrema importância para a conservação e preservação das espécies viventes (PROVETE et al., 2012; PEZZUTI et al., 2021).

Apesar dos anuros serem extremamente diversos e abundantes, as pesquisas que envolvem os girinos possuem alguns obstáculos como a dificuldade da identificação taxonômica, justamente pelo fato de que a descrição desta fase não era comum em estudos taxonômicos mais antigos, além disso, a coleta destes organismos também pode ser um desafio, visto que a fase larval é encontrada em períodos específicos e muitas vezes curto dependendo da espécie, portanto, por muito tempo esta área da herpetologia foi negligenciada (PROVETE et al., 2012; ROSSA-FERES et al., 2015; PEZZUTI et al., 2021). Contudo, os girinos são excelentes modelos para diversos estudos ecológicos, como de interações entre as redes tróficas, bioindicadores da qualidade ambiental, ecotoxicologia e outros (CARREIRA et al., 2016; MONTAÑA et al., 2019; GONÇALVES et al., 2023), além de também serem importantes para a taxonomia e consequentemente sendo ferramentas para os estudos filogenéticos (PROVETE et al., 2012).

Dentro das diversas áreas que os estudos que utilizam os girinos como modelos, a ecomorfologia busca entender como as características físicas de um organismo estão relacionadas com seu modo de vida, hábitos alimentares, nicho ecológico e outros aspectos do seu ambiente. Altig e Johnston (1989) baseado em caracteres morfológicos e ecológicos (e.g. disco oral, forma do corpo, desenvolvimento do girino, dieta) das espécies e também em relação aos ambientes (e.g. ambiente lêntico, lótico), definiu 24 grupos ecomorfológicos para os girinos, e desde então, diversos estudos associam estes grupos com outros fatores, como por exemplo a variação do crânio, dieta e a forma das bocas, geralmente em uma perspectiva evolutiva (CANDIOTI, 2006; SHERRAT et al., 2017; SHERRAT et al., 2018; MONTAÑA et al., 2019; GONÇALVES et al., 2023).

A fim de contribuir no preenchimento na lacuna de conhecimentos acerca de fatores evolutivos e ecológicos que envolvem os girinos, o objetivo do estudo foi averiguar como estas pressões podem influenciar na história evolutiva destes organismos e também em como eles ocupam os ambientes, para tal objetivos, utilizamos a morfometria geométrica e análises multivariadas para testar se há uma correlação

entre a forma do corpo e os grupos ecomorfológicos, além de verificar se a filogenia possui um papel determinante na semelhança ou diferenciação das espécies.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os espécimes utilizados neste estudo estão tombados no Centro de Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a listagem dos indivíduos está no ANEXO I. No total foram analisadas fotografias de 168 indivíduos, distribuídos em 48 espécies de 10 famílias distintas, onde a identificação das espécies foi conduzida durante o tombamento dos mesmos ao longo dos oito anos de pesquisa na região do Quadrilátero Ferrífero (PEZZUTI et al., 2021).

De acordo com o sistema de estágios de desenvolvimento lavar proposto por Gosner (1960), mais de 50% do tempo do crescimento dos girinos estão entre as fases 26-41, portanto, para o estudo em tela, utilizamos apenas girinos que estavam entre as etapas 27 a 36 de desenvolvimento, afim de evitar que a possível variação observada nas análises subsequentes fosse causada pela diferença entre os estágios.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em uma região chamada de Quadrilátero Ferrífero (QF) considerado como *hotspot* para a conservação, visto a sua localização geográfica, sendo próxima da região centro-sul do estado de Minas Gerais, com uma área total de aproximadamente 7.000 km² (AZEVEDO et al., 2012). O QF está localizado na transição entre dois biomas de importância nacional, sendo o Cerrado e a Mata Atlântica, e abriga uma biodiversidade da fauna e flora, com diversas espécies endêmicas e ameaçadas (MMA, 2018; PEZZUTI et al., 2021). Atualmente o QF possui 91 espécies de anuros, distribuídas em 14 famílias e 28 gêneros distintos (LEITE et al., 2019), esta diversidade pode ser atribuída pela heterogeneidade de ambientes presentes na região, sendo compostas por fitofisionomias savânicas, campestres (e.g. campo rupestre, cerrado *sensu stricto*, cerrado ralo) e florestais (e.g. mata de galeria, mata ciliar, cerradão). O clima da região é caracterizado por épocas bem definidas de invernos secos e verões úmidos, sendo o período de estiagem entre os meses de maio até agosto, onde a precipitação média é inferior a 50 mm e a concentração das chuvas entre os meses de dezembro e fevereiro (50% da precipitação anual ocorre nesses meses) (FERNANDES et al., 2022) e temperatura anual média de 20 °C (PEZZUTI et al., 2021).

2.2 MATERIAL FOTOGRÁFICO

Os espécimes foram fotografados por uma única pessoa em posição lateral, em suporte de acrílico, imersos em água, com câmera DSLR da marca Canon modelo 60D com uma lente macro Canon 100 mm, com escala de 10 mm x 4 mm.

2.3 MARCOS E SEMI-MARCOS ANATÔMICOS

Para a delimitação da forma corporal dos girinos, foram utilizados os marcos e semi-marcos anatômicos propostos por Sherratt et al. 2017, totalizando 10 marcos e 45 semi-marcos (Figura 2.1). A descrição de cada marco e semi-marco anatômico se encontra no ANEXO II na Tabela 7.1. Os marcos anatômicos e as e curvas para posicionamento dos semi-marcos foram digitalizados no programa TPS Dig2 versão 2.31.

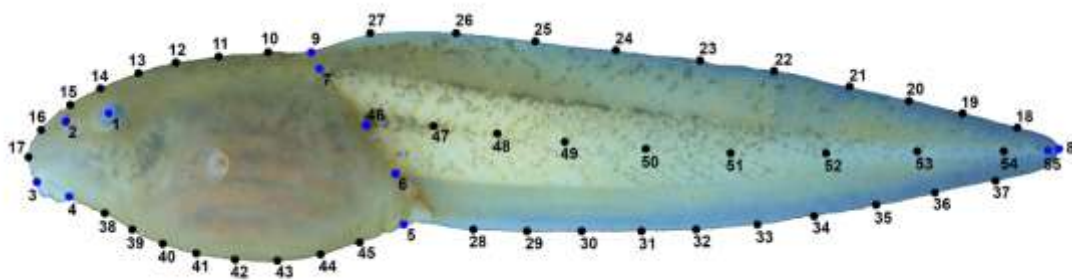


Figura 2.1: Marcos e semi-marcos anatômicos analisados. Em preto são os marcos anatômicos e em azul os semi-marcos.

2.4 DADOS ECOLÓGICOS

Dentro das espécies estudadas todas são consideradas como exotróficas, ou seja, são espécies que quando o girino termina de consumir os nutrientes dentro do ovo e eclodem, o desenvolvimento subsequente advém de recursos externos por meio de ingestão (MCDIARMID e ALTIG, 1999). Dentro dos exotróficos, os girinos foram subdivididos em quatro grupos ecomorfológicos, sendo os bentônicos, nectônicos, neustônico e fossoriais (PEZZUTI et al., 2021) (Tabela 2.1). As espécies consideradas bentônicas são caracterizadas por se alimentarem de matéria orgânica que está ao fundo dos corpos hídricos, tanto de ambientes lênticos ou lóticos, já os nectônicos ocupam uma maior área nas colunas d'água, visto que se alimentam de material

suspenso ao longo da coluna e os nectônicos são animais que filtram na superfície do corpo hídrico, por fim, os fossoriais ficam alocados dentro dos substratos presentes em ambientes aquáticos pequenos e parados (MCDIARMID e ALTIG, 1999).

Tabela 2.1: O habitat das espécies utilizadas no estudo.

Família	Espécie	Habitat
Dendrobatidae	<i>Ameerega flavopicta</i>	Bentônico
Hylidae	<i>Aplastodiscus arildae</i>	Bentônico
	<i>Aplastodiscus cavicola</i>	Bentônico
	<i>Boana albopunctata</i>	Bentônico
	<i>Boana crepitans</i>	Bentônico
	<i>Boana faber</i>	Bentônico
	<i>Boana lundii</i>	Bentônico
	<i>Boana pardalis</i>	Bentônico
	<i>Boana polytaenius</i>	Bentônico
	<i>Boana semilineata</i>	Nectônico
	<i>Bokermannohyla alvarengai</i>	Bentônico
	<i>Bokermannohyla circumdata</i>	Bentônico
	<i>Bokermannohyla martinsi</i>	Bentônico
	<i>Bokermannohyla nanuzae</i>	Bentônico
	<i>Bokermannohyla saxicola</i>	Bentônico
	<i>Dendropsophus decipiens</i>	Nectônico
	<i>Dendropsophus elegans</i>	Nectônico
	<i>Dendropsophus minutus</i>	Nectônico
	<i>Dendropsophus rubicundulus</i>	Nectônico
	<i>Dendropsophus seniculus</i>	Nectônico
	<i>Phyllomedusa ayeaye</i>	Nectônico
<i>Phyllomedusa burmeisteri</i>	Nectônico	
<i>Phasmahyla jandaia</i>	Neustônico	
<i>Scinax curicica</i>	Bentônico	
<i>Scinax fuscomarginatus</i>	Nectônico	
<i>Scinax longilineus</i>	Bentônico	
<i>Scinax luizotavioi</i>	Bentônico	

Família	Espécie	Habitat
	<i>Scinax machadoi</i>	Bentônico
	<i>Scinax maracaya</i>	Nectônico
	<i>Scinax rogerioi</i>	Nectônico
	<i>Scinax squalirostris</i>	Nectônico
Hylodidae	<i>Crossodactylus bokermanni</i>	Bentônico
	<i>Hylodes uai</i>	Bentônico
Microhylidae	<i>Elachistocleis cesarii</i>	Nectônico
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus cunicularius</i>	Bentônico
	<i>Leptodactylus furnarius</i>	Bentônico
	<i>Leptodactylus fuscus</i>	Bentônico
	<i>Leptodactylus jolyi</i>	Bentônico
	<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	Bentônico
	<i>Physalaemus erythros</i>	Bentônico
	<i>Pseudopaludicola mystacalis</i>	Bentônico
	<i>Physalaemus orophilus</i>	Bentônico
Odontophrynidae	<i>Odontophrynus cultripes</i>	Bentônico
	<i>Proceratophrys boiei</i>	Bentônico
Bufonidae	<i>Rhinella pombali</i>	Bentônico
	<i>Rhinella rubescens</i>	Bentônico
Centrolenidae	<i>Vitreorana eurygnatha</i>	Fossorial
	<i>Vitreorana uranoscopa</i>	Fossorial

2.5 FILOGENIA

A fim de conduzir as análises de métodos comparativos filogenéticos, empregou-se a estrutura filogenética proposta por Pyron e Wiens (2011). Nesse estudo, eles examinaram um conjunto de 2.871 espécies de anfíbios anuros, abrangendo mais de 40% da diversidade global contemporânea. Todas as espécies empregadas na presente pesquisa estão incorporadas na árvore filogenética mencionada. Para a construção desta árvore específica, foram utilizados 12.712 pares de bases para cada espécie, provenientes de 12 genes distintos - três mitocondriais e nove nucleares. A árvore foi ajustada para representar exclusivamente as espécies examinadas no

presente estudo, sendo esse processo realizado através do emprego da versão 1.5 do pacote phytools no ambiente R.

2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a execução das análises subsequentes, as coordenadas dos marcos e semi-marcos foram submetidas a análise generalizada de Procrustes (GPA: *Generalized Procrustes Analysis*; ROHLF e SLICE, 1990). A análise tem como objetivo gerar coordenadas procrustes que permitem a análise da forma sem a interferência do tamanho. Para tanto, estruturas em estudo tem os seus centros de massa sobrepostos e é feita uma rotação para coincidência de seus conjuntos de marcos anatômicos. Assim as estruturas são reduzidas a uma mesma escala, através da transformação de seus tamanhos de centróide (ROHLF e SLICE, 1990, MITTEOROECKER e GUNZ, 2009). A partir desse conjunto de dados alinhado, calculei a forma média por espécie em razão do número variável de indivíduos fotografados. Para isso, foi utilizada a função *mshape* do pacote *Geomorph* (ADAMS et al. 2021). A partir disso, todas as demais análises foram feitas se baseando na forma média de cada espécie. Com os valores baseados na forma média, foi conduzida uma Análise de Componentes Principais (PCA) para visualização da variação da forma entre espécies analisadas. A variação da forma foi sumarizada pelas grades de deformação da forma (*Relative warp*; ROHLF, 1993).

Foi testado o sinal filogenético da forma utilizando a estatística de K de Blomberg (BLOMBERG, 2013). Tal métrica pode ser definida como a variação entre diferenças na medida de um caráter entre as espécies e a distância filogenética que as separa (BLOMBERG et al. 2003). Para esta métrica, quanto mais próximo de 1 é o resultado de K, maior é o sinal filogenético daquele caráter, o que significa que o atributo de interesse é compartilhado pelas espécies evolutivamente próximas, enquanto espécies filogeneticamente distantes são menos similares em seus atributos, logo o sinal filogenético é fraco (K próximo de 0) (PAGEL, 1999; BLOMBERG et al., 2003). A estatística K de Blomberg foi calculada por meio da função *phylosig*, do pacote Phytools (REVELL, 2012). Para observar como a variação da forma dos grupos se deu ao da diversificação das espécies, plotamos a árvore filogenética no espaço da forma (PC1 x PC2) e pintamos cada espécie pela sua ecomorfologia (Figura 3.1A).

Para identificar se a variação da forma está associada a ecomorfologia das espécies estudadas (bentônicos, nectônicos, fossoriais e neustônico) foi realizada uma análise generalizada de mínimos quadrados (PGLS; ADAMS, 2014) com 1000 réplicas. Também foi executado a análise de variância de Procrustes para identificar quais eram as disparidades entre os grupos ecomorfológicos (SHERRAT et al., 2018) e resgatar entre quais deles havia divergência na forma. Para a realização das análises supracitadas, foi utilizado o pacote *geomorph* no R (ADAMS et al. 2016).

Outro aspecto analisado foi a diferenciação das espécies baseadas na alometria, pois, é comum que diferenças na forma dos táxons esteja relacionada ao tamanho dos indivíduos (NEUSTUPA e NEMCOVA, 2018, FERREIRA-CARDOSO et al., 2019). Portanto, os grupos ecomorfológicos, a forma média e o tamanho do centróide foram utilizados como variáveis preditoras para a forma na análise generalizada de mínimos quadrados de Procrustes, bem como sua interação. Para explorar os resultados da alometria, foi realizada uma ANOVA de Procrustes independente da filogenia para identificar as possíveis diferenças entre as variáveis utilizadas.

3 RESULTADOS

O resultado da Análise de Componentes Principais (PCA) indicou que os dois primeiros componentes principais explicam cerca de 69,4% da variação (Figura 3.1A). Observando a variação da forma nas grades de deformação percebemos que as espécies no eixo da PC1 variam principalmente na cauda: indivíduos próximos ao lado positivo do eixo PC1 apresentam a cauda mais robusta, alargada verticalmente e a cabeça relativamente achatada, quando comparado as espécies no lado negativo do eixo. Já no eixo da PC2 as espécies distribuídas na parte positiva apresentam formas mais longilíneas e um encurtamento na região da cabeça dos girinos, principalmente quando comparadas as espécies no lado negativo do eixo.

Quando as espécies no espaço da forma são coloridas de acordo com seu habitat observamos que as espécies bentônicas se aglomeram, assim como as espécies fossoriais (Figura 3.1). Observamos que as espécies nectônicas apresentam maior variação na forma do que as demais analisadas e são compostas principalmente pelas espécies do gênero *Scinax* onde dentro do filomorfoespaço se agruparam na região mais positiva em ambos os eixos (Figura 3.2).

A análise do sinal filogenético da forma do corpo dos girinos revelou um forte sinal filogenético ($K = 0.87$; $p = 0.001$), enquanto o tamanho dos girinos, avaliado pelo tamanho do centróide, possui baixo sinal filogenético ($K = 0.5004$; $p = 0.296$).

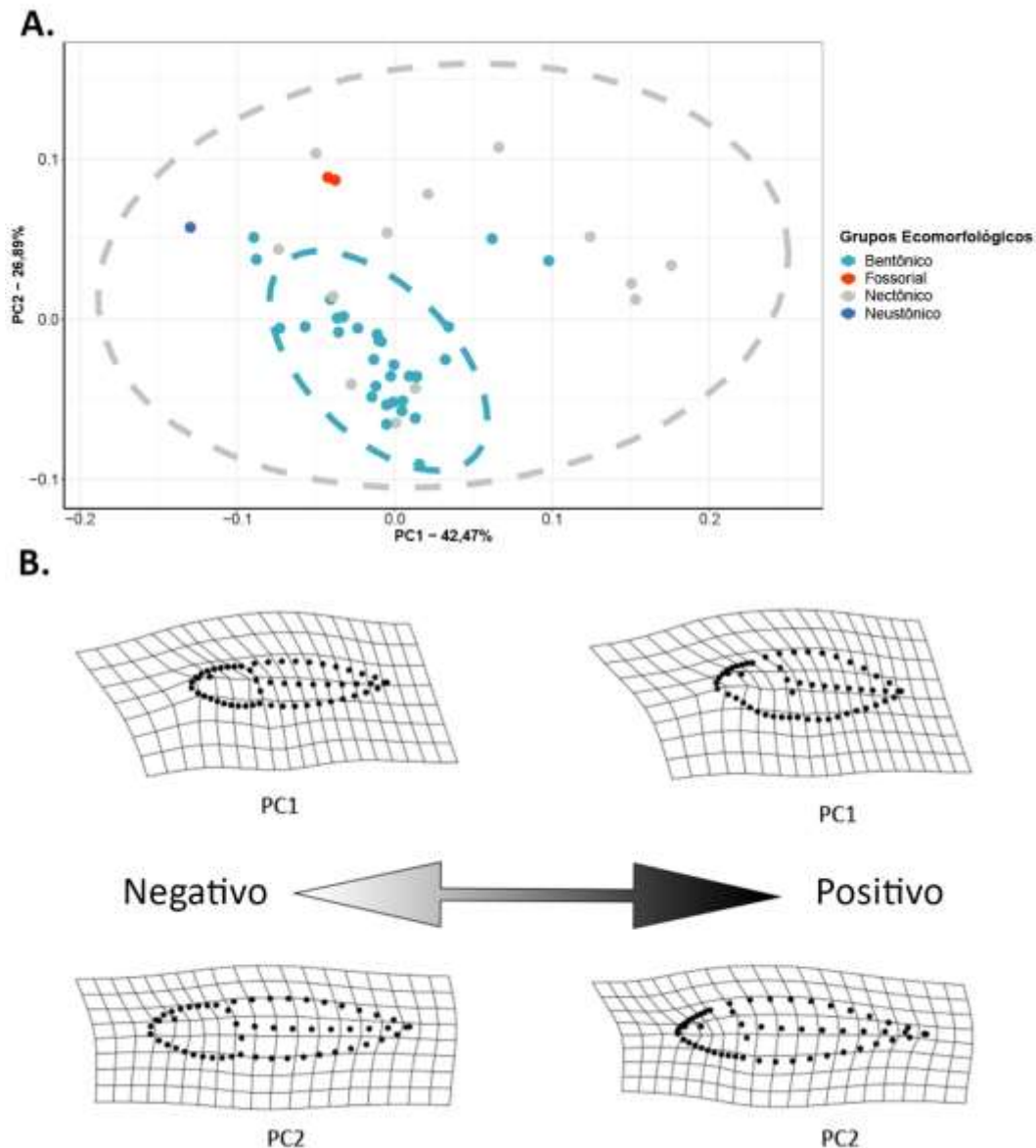


Figura 3.1: A-B) Representação da Análise de Componentes Principais (PCA) da forma corporal a partir dos grupos ecomorfológicos e das famílias, respectivamente; C) As grades de deformações mínimas e máximas dos dois primeiros eixos da PCA.

A análise generalizada de mínimos quadrados entre forma, tamanho e os grupos ecomorfológicos dos girinos revelou uma relação clara entre a forma e os grupos, porém não entre o tamanho e os grupos (Tabela 3.2). A variação dentro dos grupos ecomorfológicos pode ser observada na Figura 3.3 onde a análise da Variância de Procrustes indica que há uma diferença entre os grupos e a mesma se demonstrou significativa entre os grupos nectônico-bentônicos ($p = 0.001$) e os nectônicos-

fossoriais ($p = 0.008$), contudo os grupos nectônicos-bentônicos não resultou em uma variação significativa ($p = 0.425$) (Tabela 3.3).

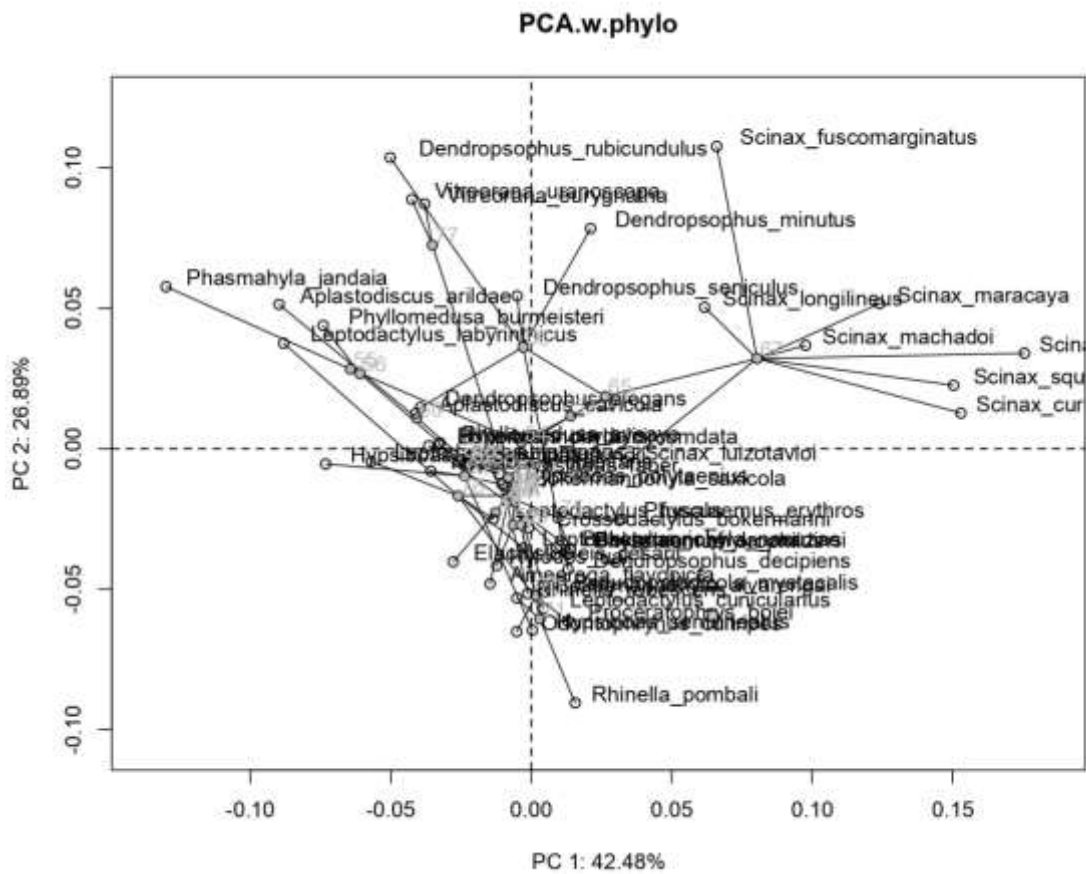


Figura 3.2: Filomorfoespaço das espécies analisadas de acordo com os eixos da Análise de Componentes Principais (PCA).

Tabela 3.2: Resultado da análise generalizada de mínimos quadrados (PGLS) com variáveis predictoras sendo os valores logaritimizados do tamanho do centróide (Csize) e grupos ecomorfológicos (hab).

	DF	SS	MS	F	Z	Pr(>F)
Log (Csize)	1	0.0002093	0.00020929	1.2840	0.72960	0.246
hab	3	0.0011023	0.00036744	2.2543	2.16303	0.016*
Log	2	0.0002393	0.00011965	0.6641	-	0.589

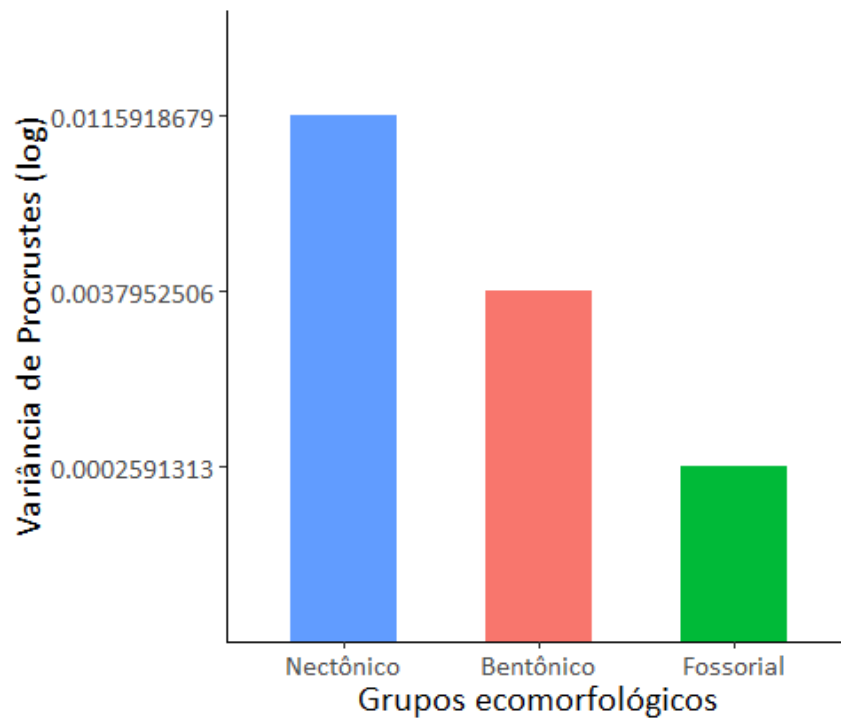


Figura 3.3: Variância de Procrustes em Log de acordo com os grupos ecomorfológicos utilizados.

Tabela 3.3: Valores de p da análise de Variância de Procrustes dos grupos ecomorfológicos.

	Bentônico	Fossorial	Nectônico
Bentônico	1	0.425	0.001
Fossorial	0.425	1	0.008
Nectônico	0.001	0.008	1

De acordo com os resultados da alometria, não há influência significativa entre a forma e o tamanho das espécies analisadas ($F = 2.5759$; $p = 0.051$), além disso quando levado em consideração a alometria usando as famílias como variável preditora, também não foi possível observar uma diferença significativa ($F = 0.9399$; $p = 0.510$), contudo há uma alometria significativa quando utilizamos os grupos ecomorfológicos

como variável preditora ($F = 5.8986$; $p = 0.001$) (Tabela 3.4) e podemos observar que as curvas alométricas dos grupos ecomorfológicos não se sobrepõem, formando três grupos separados, corroborando com os resultados da ANOVA de procrustes e da variância de procrustes (Figura 3.4). É importante destacar que para as análises de alometria não foi utilizado o grupo ecomorfológico neustônico, pois tinha apenas um representante e, portanto, não era factível utiliza-lo na análise.

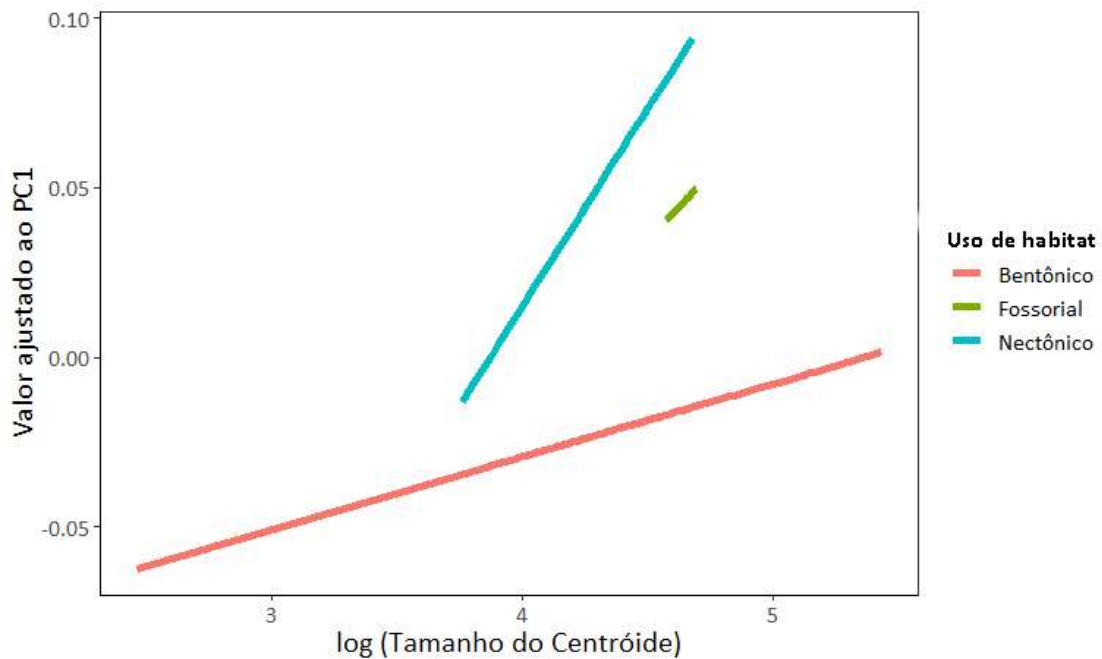


Figura 3.4: Curvas da alometria observada de acordo com os grupos ecomorfológicos.

Tabela 3.4: Resultado das análises de alometria utilizando o tamanho (Csize) e os grupos ecomorfológicos (hab), em consideração.

	DF	SS	MS	F	Z	Pr(>F)
Log (Csize)	1	0.01701	0.017013	2.5759	1.6195	0.051
hab	3	0.11687	0.038958	5.8986	3.8309	0.001**
Resíduos	43	0.006549	0.6777777	-	-	-

4 DISCUSSÃO

A forma corporal dos girinos é resultado de uma série de fatores, como a escolha do nicho, história evolutiva dos grupos, forma e tamanho da boca, robustez da cauda e outras características (ETEROVICK e FERNANDES, 2001; MARQUES e NOMURA, 2015; SHERRAT et., 2018). No estudo aqui apresentado nós levamos em consideração fatores morfológicos, evolutivos e ecológicos para identificar as relações destes traços com a forma dos girinos. Entre as 48 espécies estudadas observamos ampla diversidade de formas com alto sinal filogenético, indicando então que a forma corporal possui uma relação com a proximidade filogenética dos táxons. Já quando testamos se há um sinal filogenético em relação ao tamanho das espécies, os resultados demonstram um sinal baixo sem suporte estatístico, resultado este já observado em outros estudos, onde os fatores ecológicos (e.g. grupos ecomorfológicos, uso de habitat e outros) explicaram melhor a variação encontrada nas formas corporais (ETEROVICK e FERNANDES, 2001; ETEROVICK et al., 2010; MARQUES e NOMURA, 2015; SANTOS et al., 2016; SHERRAT et al., 2017; SHERRAT et al., 2018). A análise generalizada de mínimos quadrados (PGLS) também indicou no modelo utilizado que o tamanho do centroide das espécies não consegue explicar a variação, ao passo de que os grupos ecomorfológicos sim, portanto, ambas as análises se corroboram.

Dentro da variação observada no eixo da PC1 compreende principalmente as deformações encontradas nas caudas dos girinos, sendo a forma na parte mais positiva do eixo sendo bem robusta verticalmente o que pode indicar uma melhor capacidade de se locomover ao longo da coluna d'água (Figura 3.1C). Uma cauda mais robusta pode indicar que estas espécies possuem uma melhor capacidade de ocupação ao longo das colunas d'água e isso acaba repercutindo na escolha dos nichos, representando um fator importante na sobrevivência das espécies (ETEROVICK e FERNANDES, 2001; MARQUES e NOMURA, 2015).

Outra questão que deve ser mencionada é a da maior abrangência do grupo ecomorfológico nectônico em relação ao uso de habitat demonstra que este grupo naturalmente possui uma melhor capacidade de se movimentar dentro das colunas d'água, favorecendo assim uma melhor capacidade de captura de recursos alimentares ou de locais de reclusão a fim de evitar predações ou locais com uma

melhor oxigenação da água. Contudo, essa compressão da cauda pode estar associada a outros fatores, como a velocidade do corpo hídrico, ambientes lóticos ou lênticos, que definirá melhor a capacidade destes girinos de utilizar as caudas para uma melhor movimentação (ETEROVICK et al., 2010; BALDO et al., 2014; SHERRAT et al., 2018). Assim como os nectônicos, os bentônicos também formam um aglomerado, possuindo uma baixa variação quando levamos em consideração o eixo x e, portanto, indicando que para este grupo ecomorfológico a variação do eixo y foi mais impactante, já que este grupo ecomorfológico possui representantes que ocuparão tanto ambientes lênticos ou lóticos e as principais problemáticas para estas espécies estão associadas a presença de predadores e/ou disponibilidade de recursos alimentares (SANTOS et al., 2016; de SOUZA et al., 2022).

A grade de deformação do eixo da PC2 apresenta formas mais longilíneas e uma deformação mais pronunciada na região da cabeça dos girinos, podendo ser explicada por uma melhor hidrodinâmica (Figura 3.1C). Além disso, com a variação da cabeça dos girinos podemos inferir que a capacidade de sucção, fixação e/ou raspagem dos fundos para alimentação seja um fator importante (ALTIG e MCDIARMID, 1999). Dito isso, o grupo dos bentônicos que são encontrados justamente nas regiões mais profundas dos corpos hídricos tiveram uma variação significativa dentro do eixo y e tendo uma forma da cabeça mais longilínea, corpo dorso deprimido e uma posição da boca mais ventral, padrão já observado em outros estudos (VAN-BUSKIRK, 2009; VENESKY et al., 2013; SHERRAT et al., 2018).

Para averiguar como a forma também pode variar se levando em consideração o tamanho das espécies e os grupos ecomorfológicos, visto que as demais análises indicaram que há uma diferença significativa entre as espécies, e segundo os resultados da alometria, não foi observado um valor significativo entre as espécies quando levado em consideração apenas o tamanho do centróide e novamente, os grupos ecomorfológicos também se demonstram significativos para as diferenças entre o tamanho das espécies, sendo então congruente com os demais resultados onde essa variável explicou a variação da forma também. A alometria utilizando o tamanho do centróide e a forma não se demonstrou significativa, contudo, é provável que a mesma seja melhor observada durante os estágios larvais, onde há uma variação expressiva de estruturas (NAVARRO-ACOSTA e VERA-CANDIOTI, 2017) e

no estudo aqui apresentado nos mantivemos dentro de uma variação de estágio de desenvolvimento controlada para que essas diferenças não influenciassem.

Por fim, a região do Quadrilátero Ferrífero possui uma diversidade ampla de espécies de anuros e que refletiu em uma variação interessante de formas corporais dos táxons. A região possui um total de 67 espécies de anuros subdivididos em diversos grupos ecomorfológicos, sendo a maioria considerada benticas (57% das espécies) ou nectônica (28% das espécies), já os demais grupos ecomorfológicos, fossoriais, neustônico, arborícola, semiterrestre e guildas que se alimentam de material suspenso, representaram apenas 4% (PEZZUTI et al., 2021), portanto o estudo aqui presente contemplou mais de 70% da diversidade taxômica da região. O aumento do número de estudos acerca da diversidade de girinos no território brasileiro vem contribuindo significativamente para uma melhor compreensão de como as espécies estão ocupando os ambientes e é nítido como a heterogeneidade de ambientes está intimamente ligado aos diferentes grupos ecomorfológicos e que acaba refletindo na forma corporal destes girinos (FATORELLI et al., 2018; DUBEUX et al., 2020; PEZZUTI et al., 2021). Contudo, é interessante destacar que os grupos ecomorfológicos aparentemente apresentam relação com as categorias dos corpos hídricos, portanto, mais estudos acerca das espécies de ambientes lóticos e lênticos devem ser conduzidos (ROSSA-FERES e NOMURA, 2006; MARQUES e NOMURA, 2015; FATORELLI et al., 2018; DUBEUX et al., 2020; PEZZUTI et al., 2021).

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados das análises tanto da morfometria geométrica quanto das análises multivariadas onde foram consideradas os aspectos ecológicos e evolutivos, a variação da forma corporal dos girinos tem relação direta com os grupos ecomorfológicos e também possui influência da proximidade filogenética dos táxons, contudo, o tamanho dos indivíduos não demonstrou de forma significativa que possui diferenças entre as espécies, mesmo considerando os aspectos ecológicos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, Dean C. et al. Geomorph: Software for geometric morphometric analyses. 2016.
2. ALTIG, Ronald; JOHNSTON, Gail F. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. Herpetological monographs, p. 81-109, 1989.
3. AZEVEDO, U. R. de; MACHADO, M. M. M.; CASTRO, P. de T. A.; RENGER, F. E.; TREVISOL, A.; BEATO, D. A. C. Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta. Em: SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C. R. da (Org.). Geoparques do Brasil: propostas. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. Cap. 7.
4. BALDO, Diego et al. Comparative morphology of pond, stream and phytotelm-dwelling tadpoles of the South American Redbelly Toads (Anura: Bufonidae: *Melanophryniscus*). Biological Journal of the Linnean Society, v. 112, n. 3, p. 417-441, 2014.
5. BLOMBERG, Simon P.; GARLAND JR, Theodore; IVES, Anthony R. Testing for phylogenetic signal in comparative data: behavioral traits are more labile. Evolution, v. 57, n. 4, p. 717-745, 2003.
6. CANDIOTI, M. Ecomorphological guilds in anuran larvae: an application of geometric morphometric methods. The Herpetological Journal, v. 16, n. 2, p. 149-162, 2006.
7. CARREIRA, B. M. et al. Warm vegetarians? Heat waves and diet shifts in tadpoles. Ecology, v. 97, n. 11, p. 2964-2974, 2016.
8. CREAN, Angela J.; MONRO, Keyne; MARSHALL, Dustin J. Fitness consequences of larval traits persist across the metamorphic boundary. Evolution, v. 65, n. 11, p. 3079-3089, 2011.
9. DUBEUX, Marcos Jorge Matias et al. Morphological characterization and taxonomic key of tadpoles (Amphibia: Anura) from the northern region of the Atlantic Forest. Biota Neotropica, v. 20, 2020.
10. DUELLMAN, William E.; TRUEB, Linda. Biology of amphibians. JHU press, 1994.

11. ETEROVICK, Paula C. et al. Lack of phylogenetic signal in the variation in anuran microhabitat use in southeastern Brazil. *Evolutionary Ecology*, v. 24, p. 1-24, 2010.
12. FATORELLI, Pedro; NOGUEIRA-COSTA, Paulo; D ROCHA, Carlos Frederico. Characterization of tadpoles of the southward portion (oceanic face) of Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil, with a proposal for identification key. *North-Western Journal of Zoology*, v. 14, n. 2, 2018.
13. FERNANDES, Antoniel Silva; MOREIRA, Alecir Antonio Maciel. A pluviometria do quadrilátero ferrífero em Minas gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 31, p. 753-775, 2022.
14. FERREIRA-CARDOSO, Sérgio et al. Skull shape variation in extant pangolins (Pholidota: Manidae): allometric patterns and systematic implications. *Zoological Journal of the Linnean Society*, v. 188, n. 1, p. 255-275, 2020.
15. FROST, Darrel R. Amphibian species of the world: an online reference, version 6.1. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia>, 2023.
16. GONÇALVES, Iara Matias et al. Description and shaping factors of diet and feeding ecology of neotropical tadpoles: A case study and a comprehensive review. *Austral Ecology*, 2023.
17. 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.
18. LEITE, F.S.F.; PEZZUTI, T.L.; GARCIA, P.C.A. 2019. Anfíbios anuros do Quadrilátero Ferrífero: lista de espécies. Disponível em: <http://saglab.ufv.br/aqf/lista/>. Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal, Minas Gerais, Brasil, 2019.
19. LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. How many species are there in Brazil? *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 619-624, 2005.
20. MCDIARMID, R. W.; ALTIG, R. Research: material and techniques. Em: MCDIARMID, R. W.; ALTIG, R. Tadpole: the biology of anuran larvae. Chicago: The University of Chicago Press, 1999. p. 7-23.
21. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MMA. Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira – 2ª Atualização. Disponível em: <http://areasprioritarias.mma.gov.br/2-atualizacao-das-areasprioritarias>. 2018.

22. MITTEROECKER, Philipp; GUNZ, Philipp. Advances in geometric morphometrics. *Evolutionary Biology*, v. 36, p. 235-247, 2009.
23. MONTAÑA, Carmen G. et al. Revisiting “what do tadpoles really eat?” A 10-year perspective. *Freshwater Biology*, v. 64, n. 12, p. 2269-2282, 2019.
24. MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.
25. NAVARRO ACOSTA, Grisel; VERA CANDIOTI, Florencia. Alometría y heterocronías durante el desarrollo temprano de cinco especies de *Hypsiboas* (Anura: Hylidae). *Cuadernos de herpetología*, v. 31, n. 1, p. 11-22, 2017.
26. NEUSTUPA, Jiri; NEMCOVA, Yvonne. Morphological allometry constrains symmetric shape variation, but not asymmetry, of *Halimeda tuna* (Bryopsidales, Ulvophyceae) segments. *Plos one*, v. 13, n. 10, p. e0206492, 2018.
27. PAGEL, Mark. Inferring the historical patterns of biological evolution. *Nature*, v. 401, n. 6756, p. 877-884, 1999.
28. PROVETE, D. B.; GAREY, M. V.; SILVA, F.; JORDANI, M. X. Knowledge gaps and bibliographical revision about descriptions of free-swimming anuran larvae from Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, v. 8, n. 2, p. 283-286, 2012.
29. PYRON, R. A.; WIENS, J. J. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. *Molecular phylogenetics and evolution*, v. 61, n. 2, p. 543-583, 2011.
30. RAFF, Rudolf A. Origins of the other metazoan body plans: the evolution of larval forms. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1496, p. 1473-1479, 2008.
31. REVELL, Liam J. phytools: an R package for phylogenetic comparative biology (and other things). *Methods in ecology and evolution*, n. 2, p. 217-223, 2012.
32. ROHLF, F. James. The tps series of software. *Hystrix*, v. 26, n. 1, p. 9-12, 2015.
33. ROHLF, F. James; SLICE, Dennis. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic biology*, v. 39, n. 1, p. 40-59, 1990.
34. 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, 2006.

- 35.** SANTOS, Flávio JM et al. Diet and food resource partition among benthic tadpoles of three anuran species in Atlantic Forest tropical streams. *Journal of Freshwater Ecology*, v. 31, n. 1, p. 53-60, 2016.
- 36.** SEGALLA, M; BERNECK, B.; CANEDO, C.; CARAMASCHI, U.; CRUZ, C.A.G.; GARCIA, P. C. A.; GRANT, T.; HADDAD, C. F. B.; LOURENÇO, A. C.; MANGIA, S.; MOTT, T.; NASCIMENTO, L. TOLEDO, L. F.; WERNECK, F.; LANGONE, J. A. List of Brazilian Amphibians. *Herpetologia Brasileira*, 10(1), 121–216, 2021.
- 37.** SHERRATT, E.; VIDAL-GARCÍA, M.; ANSTIS, M.; KEOGH, J. S. Adult frogs and tadpoles have different macroevolutionary patterns across the Australian continent. *Nature Ecology & Evolution*, v. 1, n. 9, p. 1385-1391, 2017.
- 38.** SHERRATT, Emma; ANSTIS, Marion; KEOGH, J. Scott. Ecomorphological diversity of Australian tadpoles. *Ecology and evolution*, v. 8, n. 24, p. 12929-12939, 2018.
- 39.** SIDLAUSKAS, Brian. Continuous and arrested morphological diversification in sister clades of characiform fishes: a phylomorphospace approach. *Evolution*, v. 62, n. 12, p. 3135-3156, 2008.
- 40.** DE SOUZA, Yasmim Caroline Mossioli et al. Differential behavioral responses of benthic and nektonic tadpoles to predation at varying water depths. *Canadian Journal of Zoology*, v. 100, n. 8, p. 526-538, 2022.
- 41.** VÁGI, Balázs; SZÉKELY, Tamás. Diversity of Reproductive Strategies in the Amphibia. *Evolutionary Ecology of Amphibians*, p. 158-174, 2023.
- 42.** VAN BUSKIRK, J. Getting in shape: adaptation and phylogenetic inertia in morphology of Australian anuran larvae. *Journal of evolutionary biology*, v. 22, n. 6, p. 1326-1337, 2009.
- 43.** ZIERMANN, Janine M.; FRATANI, Jessica. Fascinating adaptations in amphibians. *Zoologischer Anzeiger*, v. 298, p. 131-135, 2022.

7 ANEXO I

Tabela 7.1: Espécimes utilizados no trabalho com o número dos indivíduos, estágio de desenvolvimento e código de tombo na coleção.

Família	Espécie	Indivíduo	Estágo	Coleção
Dendrobatidae	<i>Ameerega flavopicta</i>	6	32	CUFMGG8 83
Dendrobatidae	<i>Ameerega flavopicta</i>	10	31	CUFMGG8 83
Dendrobatidae	<i>Ameerega flavopicta</i>	7	34	CUFMGG8 83
Hylidade	<i>Aplastodiscus arildae</i>	3	29	CUFMG342
Hylidade	<i>Aplastodiscus arildae</i>	3	28	CUFMG35
Hylidade	<i>Aplastodiscus arildae</i>	1	27	CUFMG342
Hylidade	<i>Aplastodiscus cavicola</i>	15	34	CUFMG311
Hylidade	<i>Aplastodiscus cavicola</i>	6	33	CUFMG311
Hylidade	<i>Aplastodiscus cavicola</i>	8	34	CUFMG311
Hylidade	<i>Aplastodiscus cavicola</i>	14	34	CUFMG311
Hylidade	<i>Boana albopunctata</i>	9	33	CUFMGG2 82
Hylidade	<i>Boana albopunctata</i>	10	31	CUFMGG2 82
Hylidade	<i>Boana albopunctata</i>	12	31	CUFMGG5 0
Hylidade	<i>Boana albopunctata</i>	8	28	CUFMGG5 0
Hylidade	<i>Boana crepitans</i>	4	34	CUFMGG5 76
Hylidade	<i>Boana crepitans</i>	5	34	CUFMGG5 76
Hylidade	<i>Boana crepitans</i>	3	35	CUFMGG5 76
Hylidade	<i>Boana faber</i>	3	34	CUFMGG5 39

Família	Espécie	Indivíduo	Estágo	Coleção
Hylidade	<i>Boana faber</i>	2	27	CUFMGG5 39
Hylidade	<i>Boana lundii</i>	11	34	CUFMGG8 91
Hylidade	<i>Boana lundii</i>	4	31	CUFMGG7 04
Hylidade	<i>Boana lundii</i>	5	34	CUFMGG7 04
Hylidade	<i>Boana lundii</i>	7	28	CUFMGG7 04
Hylidade	<i>Boana lundii</i>	2	32	CUFMGG7 04
Hylidade	<i>Boana pardalis</i>	21	32	CUFMGG8 04
Hylidade	<i>Boana pardalis</i>	10	31	CUFMGG8 17
Hylidade	<i>Boana pardalis</i>	4	34	CUFMGG8 17
Hylidade	<i>Boana pardalis</i>	9	35	CUFMGG8 17
Hylidade	<i>Boana pardalis</i>	18	35	CUFMGG8 04
Hylidade	<i>Boana polytaenia</i>	1	28	CUFMGG5 94
Hylidade	<i>Boana polytaenia</i>	10	33	CUFMGG5 94
Hylidade	<i>Boana polytaenia</i>	3	28	CUFMGG5 94
Hylidade	<i>Boana polytaenia</i>	5	27	CUFMGG5 94
Hylidade	<i>Boana semilineata</i>	6	36	CUFMGG9 33
Hylidade	<i>Boana semilineata</i>	9	28	CUFMGG2

Família	Espécie	Indivíduo	Estágo	Coleção
				84
Hylidade	<i>Bokermannohyla alvarengai</i>	2	29	TLPG182
Hylidade	<i>Bokermannohyla alvarengai</i>	1	30	TLPG182
Hylidade	<i>Bokermannohyla alvarengai</i>	3	28	TLPG182
Hylidade	<i>Bokermannohyla alvarengai</i>	7	27	TLPG182
Hylidade	<i>Bokermannohyla alvarengai</i>	16	27	TLPG182
Hylidade	<i>Bokermannohyla circumdata</i>	8	33	CUFMGG7 09
Hylidade	<i>Bokermannohyla circumdata</i>	13	29	CUFMGG7 09
Hylidade	<i>Bokermannohyla circumdata</i>	10	28	CUFMGG7 09
Hylidade	<i>Bokermannohyla circumdata</i>	4	29	CUFMGG7 13
Hylidade	<i>Bokermannohyla circumdata</i>	3	31	CUFMGG7 13
Hylidade	<i>Bokermannohyla martinsi</i>	20	31	CUFMGG7 11b
Hylidade	<i>Bokermannohyla martinsi</i>	26	29	FSFLG659
Hylidade	<i>Bokermannohyla martinsi</i>	18	27	CUFMGG7 66
Hylidade	<i>Bokermannohyla nanuzae</i>	14	33	CUFMGG5 48
Hylidade	<i>Bokermannohyla saxicola</i>	9	34	TLPG215
Hylidade	<i>Bokermannohyla saxicola</i>	2	29	TLPG213
Hylidade	<i>Bokermannohyla saxicola</i>	16	28	MLG028
Hylidade	<i>Bokermannohyla saxicola</i>	17	32	MLG08
Hylodidae	<i>Crossodactylus bokermanni</i>	7	32	CUFMGG5 73
Hylodidae	<i>Crossodactylus bokermanni</i>	18	27	CUFMGG9 33
Hylodidae	<i>Crossodactylus bokermanni</i>	19	27	CUFMGG9 33

Família	Espécie	Indivíduo	Estágo	Coleção
Hylidade	<i>Dendropsophus decipies</i>	11	31	CUFMGG8 45
Hylidade	<i>Dendropsophus decipies</i>	24	31	CUFMGG6 44
Hylidade	<i>Dendropsophus decipies</i>	12	33	CUFMGG8 45
Hylidade	<i>Dendropsophus decipies</i>	11	31	CUFMGG8 45
Hylidade	<i>Dendropsophus elegans</i>	10	33	CUFMGG8 47
Hylidade	<i>Dendropsophus elegans</i>	8	34	CUFMGG8 47
Hylidade	<i>Dendropsophus elegans</i>	23	29	CUFMGG8 47
Hylidade	<i>Dendropsophus elegans</i>	22	32	CUFMGG8 47
Hylidade	<i>Dendropsophus minutus</i>	3	29	CUFMGG8 35
Hylidade	<i>Dendropsophus minutus</i>	27	33	CUFMGG7 48
Hylidade	<i>Dendropsophus minutus</i>	1	30	CUFMGG8 35
Hylidade	<i>Dendropsophus minutus</i>	4	30	CUFMGG8 35
Hylidade	<i>Dendropsophus minutus</i>	15	28	CUFMGG8 35
Hylidade	<i>Dendropsophus rubicundulus</i>	5	34	CUFMGG6 58
Hylidade	<i>Dendropsophus seniculus</i>	16	31	CUFMGG7 93
Hylidade	<i>Dendropsophus seniculus</i>	25	31	CUFMGG7 93
Microhylidae	<i>Elachistocleis cesarii</i>	4	32	CUFMGG8

Família	Espécie	Indivíduo	Estágo	Coleção
				29
Microhylidae	<i>Elachistocleis cesarii</i>	9	32	CUFMGG8 49
Microhylidae	<i>Elachistocleis cesarii</i>	10	34	CUFMGG8 49
Microhylidae	<i>Elachistocleis cesarii</i>	14	29	CUFMGG8 49
Hylodidae	<i>Hylodes uai</i>	5	31	CUFMGG5 97
Hylodidae	<i>Hylodes uai</i>	8	29	CUFMGG5 97
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus cunicularius</i>	1	30	CUFMGG3 12
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus cunicularius</i>	25	30	CUFMGG3 48
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus cunicularius</i>	24	33	CUFMGG3 80
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus furnarius</i>	12	28	CUFMGG9 43
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus furnarius</i>	13	33	CUFMGG9 43
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus furnarius</i>	14	33	CUFMGG9 43
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus furnarius</i>	2	31	CUFMGG9 52
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus fuscus</i>	12	34	CUFMGG8 56
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus fuscus</i>	13	34	CUFMGG8 56
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus fuscus</i>	14	34	CUFMGG8 56
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus fuscus</i>	21	33	CUFMGG8 56

Família	Espécie	Indivíduo	Estágo	Coleção
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus jolyi</i>	21	32	CUFMGG8 55
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus jolyi</i>	20	33	CUFMGG8 55
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus jolyi</i>	16	34	CUFMGG7 94
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	6	30	CUFMGG6 27
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	7	31	CUFMGG6 27
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	8	30	CUFMGG6 38
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	18	30	CUFMGG6 38
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	20	30	CUFMGG6 38
Odontophrynidae	<i>Odontophrynus cultripes</i>	29	32	CUFMGG7 02
Odontophrynidae	<i>Odontophrynus cultripes</i>	30	32	CUFMGG7 02
Odontophrynidae	<i>Odontophrynus cultripes</i>	22	28	CUFMGG9 37
Odontophrynidae	<i>Odontophrynus cultripes</i>	7	27	CUFMGG9 37
Hylidade	<i>Phyllomedusa ayeaye</i>	16	31	CUFMGG3 65
Hylidade	<i>Phyllomedusa ayeaye</i>	13	33	CUFMGG3 65
Hylidade	<i>Phyllomedusa burmeisteri</i>	16	31	CUFMGG8 47
Hylidade	<i>Phyllomedusa burmeisteri</i>	12	28	CUFMGG8 46
Hylidade	<i>Phyllomedusa burmeisteri</i>	13	28	CUFMGG8

Família	Espécie	Indivíduo	Estágo	Coleção
				46
Hylidade	<i>Phyllomedusa jandaia</i>	16	34	CUFMGG4 42
Leptodactylidae	<i>Physalaemus erythros</i>	11	32	CUFMGG8 22
Leptodactylidae	<i>Physalaemus erythros</i>	12	34	CUFMGG8 22
Leptodactylidae	<i>Physalaemus erythros</i>	16	31	CUFMGG8 22
Leptodactylidae	<i>Pseudopaludicola mystacalis</i>	16	33	CUFMGG7 15
Leptodactylidae	<i>Pseudopaludicola mystacalis</i>	17	33	CUFMGG7 15
Leptodactylidae	<i>Pseudopaludicola mystacalis</i>	19	31	CUFMGG7 15
Leptodactylidae	<i>Physalaemus orophylus</i>	8	34	CUFMGG6 43
Leptodactylidae	<i>Physalaemus orophylus</i>	12	34	CUFMGG6 43
Odontophrynidae	<i>Proceratophrys boiei</i>	4	31	CUFMGG3 09
Odontophrynidae	<i>Proceratophrys boiei</i>	6	30	CUFMGG3 09
Odontophrynidae	<i>Proceratophrys boiei</i>	7	30	CUFMGG3 09
Odontophrynidae	<i>Proceratophrys boiei</i>	8	30	CUFMGG3 09
Bufonidade	<i>Rhinella pombali</i>	21	33	CUFMGG2 1
Bufonidade	<i>Rhinella pombali</i>	25	32	CUFMGG2 1
Bufonidade	<i>Rhinella pombali</i>	26	32	CUFMGG2 1

Família	Espécie	Indivíduo	Estágo	Coleção
Bufonidade	<i>Rhinella pombali</i>	27	31	CUFMGG2 1
Bufonidade	<i>Rhinella pombali</i>	29	31	CUFMGG2 1
Bufonidade	<i>Rhinella rubescens</i>	18	34	CUFMGG8 57
Bufonidade	<i>Rhinella rubescens</i>	4	34	CUFMGG2 31
Bufonidade	<i>Rhinella rubescens</i>	17	33	CUFMGG8 57
Bufonidade	<i>Rhinella rubescens</i>	19	33	CUFMGG8 57
Bufonidade	<i>Rhinella rubescens</i>	21	33	CUFMGG8 57
Hylidade	<i>Scinax curicica</i>	13	34	CUFMGG8 21
Hylidade	<i>Scinax curicica</i>	16	30	CUFMGG8 21
Hylidade	<i>Scinax fuscomarginatus</i>	22	30	CUFMGG8 56
Hylidade	<i>Scinax fuscomarginatus</i>	6	34	CUFMGG8 56
Hylidade	<i>Scinax fuscomarginatus</i>	7	34	CUFMGG8 56
Hylidade	<i>Scinax fuscomarginatus</i>	8	34	CUFMGG8 56
Hylidade	<i>Scinax fuscomarginatus</i>	18	31	CUFMGG8 56
Hylidade	<i>Scinax longilineus</i>	23	29	CUFMGG2 90
Hylidade	<i>Scinax longilineus</i>	24	30	CUFMGG2 90
Hylidade	<i>Scinax longilineus</i>	20	33	CUFMGG2

Família	Espécie	Indivíduo	Estágo	Coleção
				90
Hylidade	<i>Scinax longilineus</i>	39	32	CUFMGG8 91
Hylidade	<i>Scinax luizotavioi</i>	33	29	CUFMGG8 09
Hylidade	<i>Scinax luizotavioi</i>	12	31	CUFMGG9 04
Hylidade	<i>Scinax luizotavioi</i>	27	29	CUFMGG9 04
Hylidade	<i>Scinax luizotavioi</i>	16	33	CUFMGG9 04
Hylidade	<i>Scinax luizotavioi</i>	18	32	CUFMGG9 04
Hylidade	<i>Scinax machadoi</i>	8	29	CUFMGG9 56
Hylidade	<i>Scinax machadoi</i>	22	31	CUFMGG5 00
Hylidade	<i>Scinax machadoi</i>	26	30	CUFMGG5 00
Hylidade	<i>Scinax machadoi</i>	28	29	CUFMGG5 00
Hylidade	<i>Scinax maracaya</i>	26	29	CUFMGG8 37
Hylidade	<i>Scinax maracaya</i>	2	30	CUFMGG7 90
Hylidade	<i>Scinax maracaya</i>	4	28	CUFMGG7 90
Hylidade	<i>Scinax maracaya</i>	11	28	CUFMGG7 90
Hylidade	<i>Scinax maracaya</i>	22	30	CUFMGG8 37
Hylidade	<i>Scinax rogerioi</i>	33	29	Não consta
Hylidade	<i>Scinax squalirostris</i>	1	29	CUFMGG8

Família	Espécie	Indivíduo	Estágo	Coleção
				38
Hylidade	<i>Scinax squalirostris</i>	3	27	CUFMGG8 38
Centrolenidae	<i>Vitreorana eurygnatha</i>	1	31	DZSJRP14 01.1
Centrolenidae	<i>Vitreorana eurygnatha</i>	4	33	DZSJRP14 00.1
Centrolenidae	<i>Vitreorana eurygnatha</i>	5	32	DZSJRP14 00.1
Centrolenidae	<i>Vitreorana eurygnatha</i>	9	29	DZSJRP13 99.1
Centrolenidae	<i>Vitreorana eurygnatha</i>	10	29	DZSJRP13 99.1
Centrolenidae	<i>Vitreorana uranoscopa</i>	1	29	CUFMGG9 99
Centrolenidae	<i>Vitreorana uranoscopa</i>	2	30	CUFMGG9 99
Centrolenidae	<i>Vitreorana uranoscopa</i>	4	30	CUFMGG9 99
Centrolenidae	<i>Vitreorana uranoscopa</i>	21	30	CUFMGG9 99



8 ANEXO II

Tabela 8.1: Descrição dos marcos e semi-marcos utilizados no estudo.

Marcos ou semi-marcos	Descrição
1	Centro do olho
2	Centro da narina
3	Ponto na parte superior do lábio
4	Ponto na parte inferior do lábio
5	Intercessão da parte posterior (cabeça/corpo) com a parte anterior (cauda)
6	Intercessão da parte ventral da musculatura da cauda e da cabeça/corpo
7	Intercessão da parte dorsal da musculatura da cauda e da cabeça/corpo
8	Ponta da cauda
9	Ponto na parte dorsal que separa o corpo/cabeça da cauda e fecha com o marco anatômico 7
10 ao 17	Semi-marcos anatômicos que fazem a curva da parte dorsal da cabeça/corpo na vista lateral
18 ao 27	Semi-marcos anatômicos que fazem a curva da parte dorsal da cauda na vista lateral
28 ao 37	Semi-marcos anatômicos que fazem a curva da parte ventral da cauda na vista lateral
38 ao 45	Semi-marcos anatômicos que fazem a curva da parte ventral da cabeça/cauda na vista lateral
46 ao 55	Semi-marcos anatômicos que fazem a curva da notocorda

