



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

**Morfologia comparada da região laringotraqueal de representantes do gênero
Hemidactylus, Oken 1817 (Squamata: Gekkonidae) com distribuição no Brasil**

Adriana Monteiro de Moraes

Brasília

JULHO/2025



UnB

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

Morfologia comparada da região laringotraqueal de representantes do gênero *Hemidactylus*, Oken 1817 (Squamata: Gekkonidae) com distribuição no Brasil

Adriana Monteiro de Moraes

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários a obtenção do Título de Mestre em Zoologia.

Orientadora: Dra. Angele dos Reis Martins

Coorientador: Dr. Daniel Cunha Passos

Brasília

JULHO/2025

Morfologia comparada da região laringotraqueal de representantes do gênero *Hemidactylus*, Oken 1817 (Squamata: Gekkonidae) com distribuição no Brasil

Adriana Monteiro de Moraes

Angele dos Reis Martins

Daniel Cunha Passos

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários a obtenção do Título de Mestre em Zoologia.

Aprovada por:

Angele dos Reis Martins, Presidente – UnB

Julia Klaczko – UnB

Milena Wachlevski Machado – UFRS

Veronica Slobodian (Suplente) – UnB

Roberta Azerevo Murta Fonseca – UFMS

Brasília

JULHO/2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço, de coração, a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização dessa dissertação – seja com apoio, orientação, incentivo ou companhia ao longo do tempo.

Primeiramente a minha família que me apoiou em todas as escolhas da minha vida. Em especial agradeço a minha tia Lidia, que também é professora da UnB, por ser uma inspiração de pesquisadora e pela ajuda e acolhimento que eu tive durante todos esses anos.

A meu namorado André, por entender que essa caminhada merecia foco e dedicação, além de me parabenizar nas pequenas conquistas.

À professora Angele, que proporcionou a melhor orientação que uma aluna pode ter, que me serve como inspiração e um exemplo de pesquisadora. Obrigada pela oportunidade, pelos conselhos, pela ajuda, pela paciência e pela confiança.

A meu coorientador professor Daniel, que fez a estatística não ser tão difícil e por me motivar a continuar na área acadêmica. Obrigada por me entusiasmar.

Aos meus amigos, em especial a Isabella, por ter me ajudado seja ouvindo ou traduzindo textos e a Gabriela, que fez toda essa experiência ser leve e divertida.

A todos do Laboratório de Anatomia Comparada de Vertebrados que contribuíram de alguma maneira no dia-a-dia de trabalho e na ajuda com protocolos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade de Brasília (PPGZOO/UnB) e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) por parte do financiamento e suporte logístico

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Sumário

AGRADECIMENTOS	IV
SUMÁRIO	V
RESUMO	VI
ABSTRACT	VIII
INTRODUÇÃO GERAL	1 -
CAPÍTULO 1	13 -
TÍTULO: MORFOLOGIA COMPARADA DA REGIÃO LARINGOTRAQUEAL DE REPRESENTANTES DE <i>HEMIDACTYLUS</i> OKEN 1817 (SQUAMATA: GEKKOTA) NATIVOS DO BRASIL..... - 13 -	
<i>Resumo</i> :	- 13 -
<i>Abstract</i> :.....	- 14 -
INTRODUÇÃO	- 15 -
MATERIAL E MÉTODOS	- 18 -
RESULTADOS	- 22 -
DISCUSSÃO	- 40
CONCLUSÃO	- 48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 49
CAPÍTULO 2	55
TÍTULO: MORFOLOGIA DA REGIÃO LARINGOTRAQUEAL DE <i>HEMIDACTYLUS MABOUIA</i> (<i>MOREAU DE JONNÈS</i> , 1818) (SQUAMATA, GEKKOTA)	
<i>Resumo</i> :	- 55
<i>Abstract</i> :.....	- 56
INTRODUÇÃO	- 57
MATERIAL E MÉTODOS	- 61
RESULTADOS	- 65
DISCUSSÃO	- 79
CONCLUSÃO	- 87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 87
ANEXO A: LISTA DE ESPÉCIMES EXAMINADOS	95

RESUMO

Morfologia comparada da região laringotraqueal de representantes do gênero *Hemidactylus*, Oken 1817 (Squamata: Gekkonidae) com distribuição no Brasil

Adriana Monteiro de Moraes
Angele dos Reis Martins
Daniel Cunha Passos

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.

Gekkota constitui um clado diversificado dentro de Lepidosauria, sendo a família Gekkonidae o grupo de maior relevância, que apresenta extensa distribuição geográfica, com espécies presentes na África, Ásia e Américas. Os representantes desta família são reconhecidos por seu repertório vocal complexo, sustentado por estruturas especializadas da laringe e traqueia, tipicamente com a presença de cordas vocais verdadeiras. Embora grande parte dos estudos morfológicos da laringe tenham sido realizados com espécies desta família, a diversidade morfológica existente nas linhagens deste táxon ainda é pouco conhecida, visto que grande parte dos estudos atualmente disponíveis se concentram em táxons do Velho Mundo. O gênero *Hemidactylus* é o mais rico da família, com espécies apresentando ampla distribuição geográfica, incluindo América do Sul. Apesar da variedade e complexidade de vocalizações presente em representantes do grupo, estudos morfológicos descritivos ou comparativos ainda são escassos. Este estudo teve por objetivo realizar uma descrição macroscópica e microscópica da região laringotraqueal de representantes de *Hemidactylus* com distribuição no Brasil. Os resultados deste estudo indicam que a região laringotraqueal apresenta morfologia geral conservada entre as espécies estudadas, com variações intra e interespecíficas nos processos laterais da cricoide, na fenestra ventral da cricoide e no *m. constrictor laryngis*. Além disso, foi possível identificar transições epiteliais compatíveis com

cordas vocais em todas as espécies, padrão comum em Gekkota. Por fim foi identificadas diferenças interespécificas entre as medidas da laringotraqueia das espécies analisadas assim como variação intraespecífica ligada ao sexo e às populações examinadas.

Palavras-chave: Anatomia; Laringe; Traqueia; Gekkota; Vocalização;

Brasília
JULHO/2025

ABSTRACT

Comparative morphology of the laryngotracheal region of representatives of the genus *Hemidactylus*, Oken 1817 (Squamata: Gekkonidae) with distribution in Brazil.

Adriana Monteiro de Moraes

Angele dos Reis Martins

Daniel Cunha Passos

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.

Gekkota constitutes a diverse clade within Lepidosauria, with Gekkonidae being the most relevant group, which exhibits a broad geographical distribution, with species occurring in Africa, Asia, and the Americas. Members of this family are recognized for their complex vocal repertoire, supported by specialized structures of the larynx and trachea, typically including true vocal cords. Although most morphological studies of the laryngotrachea have focused on representatives of this family, the morphological diversity present within its lineages remains poorly explored, as the majority of currently available studies are concentrated on Old World taxa. The genus *Hemidactylus* is the most species-rich within the family, with representatives widely distributed across Africa, Asia, and the Americas, including South America. Despite the variety and complexity of vocalizations observed in members of the group, descriptive or comparative morphological studies are still scarce. This study aimed to perform a macroscopic and microscopic description of the laryngotracheal region in representatives of *Hemidactylus* that occur in Brazil. Morphological analysis, based on anatomical and histological observations, revealed that the laryngotracheal region exhibits a generally conserved morphology among the studied species, with intra- and interspecific variation in the cricoid lateral processes, ventral cricoid fenestra, and *m. constrictor laryngis*. Additionally, we identified epithelial transitions consistent with vocal cords in all species, a pattern commonly observed in Gekkota. Finally, statistical

analysis indicated interspecific differences in the larynx measurements of the analyzed species, as well as intraspecific variation related to sex and populations.

Key-words: Anatomy; Larynx; Trachea; Gekkota; Vocalization;

Brasília

JULHO/2025

INTRODUÇÃO GERAL

A comunicação em vertebrados está associada à transmissão de uma mensagem de um indivíduo para outro, e para muitos animais a emissão de sons é o principal meio de comunicação (Frankenberg & Werner, 1991; Chen et al, 2016; Paschoal et al, 2021). No entanto, os animais podem utilizar diferentes sistemas sensoriais, como canais tátil/sísmico, químico/olfativo, visual e acústico, sendo comum o uso de sinais multimodais, e a escolha do canal depende da estrutura morfológica dos organismos e das condições ambientais (Paschoal et al, 2021). A comunicação acústica e emissão de sons em Tetrapoda pode ser realizada por diversos mecanismos, como os não vocais, que ocorrem por meio de estruturas corporais fora do sistema respiratório, ou vocais, quando envolvem a passagem do ar por esse sistema (Paschoal et al, 2021). Para que ocorra a emissão vocal, a laringe precisa estar anatomicamente sustentada pelo hióide, uma estrutura cartilaginosa ou óssea situada na base da região bucal, contribuindo assim para a mobilidade e estabilidade desta estrutura (Suthers et al, 2016).

Dados sobre comunicação acústica são amplamente estudados em mamíferos, anfíbios (sobretudo anuros), répteis crocodilianos e aves, enquanto que em representantes de Lepidosauria e Testudines os dados são escassos ou incipientes (Chen & Wiens, 2020; Russell & Bauer, 2020). Os répteis não-avianos utilizam a produção e transmissão sonora como um mecanismo fundamental para promover comportamentos associados à defesa, reprodução e territorialidade (Fankenberg, 1982; Suthers et al, 2016; Capshaw et al, 2021; Fernandes et al, 2023) e, ainda que menos estudados, a produção de sons pode ser realizada por diferentes meios, tais como expulsão de ar (silvos, rugidos), modulação da laringe ou glote (chilreios, rosnados, cliques) e interações tegumentares com o ambiente (atraito de escamas, chocalhar da cauda) (Gans & Maderson, 1973; Moore et al, 1991; Russell et al, 2000; Rohtla et al, 2019).

Ao utilizar o sistema respiratório, o som pode ser modulado por uma laringe cartilaginosa que pode apresentar ou não cordas vocais (Suthers et al, 2016). A ausência de cordas vocais na laringe levou diversos autores a considerar que certos grupos de répteis sejam considerados como “sem voz”, uma vez que estas estruturas estão ausentes (Moore et al, 1991; Labra et al, 2013; Suthers et al, 2016; Baeckens

et al, 2019; Rohtla et al, 2019; Russell e Bauer, 2020; Paschoal et al, 2021). Neste contexto, representantes de Iguania (ex. camaleões, iguanas e agamas), maioria dos Crocodylia e alguns Testudines que vibram o tecido mole dos lábios glóticos ou possuem diferentes tipos de pregas mucosas nas paredes da laringe, mas não utilizam modulação por cordas vocais, ou mesmo a maioria das espécies de “lagartos” sibilam forçando o ar rapidamente através da laringe, vibrando as dobras glóticas membranosas (Capshaw et al, 2021); serpentes que expelem o ar utilizando lábios glóticos localizados nas cartilagens aritenoides e especializações na traqueia (Moore et al, 1991; Russell & Bauer, 2020) não poderiam ser considerados como linhagens que apresentam uma vocalização verdadeira por diversos autores (Moore et al, 1991; Russell & Bauer, 2020; Capshaw et al, 2021).

Gekkota constitui um clado diversificado dentro de Lepidosauria, atualmente representado por aproximadamente 2.417 espécies descritas (Bauer, 2013; Daza et al., 2014; Uetz et al., 2025) tradicionalmente conhecida como geckos. As espécies que compõem este clado são caracterizados por adaptações associadas a hábitos noturnos, ecologia arborícola e dieta insetívora (Frankenberg, 1978; Gamble et al, 2015; Meyer et al., 2023), sendo alocadas nas famílias Carphodactylidae, Diplodactylidae, Eublepharidae, Gekkonidae, Phyllodactylidae, Pygopodidae e Sphaerodactylidae (Gamble et al, 2008; Russell & Bauer, 2002; Gamble et al, 2011). Os geckos estão distribuídos globalmente, ocorrendo em todos os continentes, com exceção da Antártica e regiões árticas, como Groenlândia e Islândia, bem como nas porções setentrionais da América do Norte (incluindo todo o Canadá e a maior parte dos Estados Unidos) e da Ásia. Contudo, estão presentes em áreas temperadas dessas duas regiões (Bauer, 2013). A maior diversidade do grupo concentra-se em regiões tropicais e subtropicais, onde ocupam praticamente todas as áreas continentais e diversas ilhas oceânicas (Bauer, 2013).

Apesar de diversos estudos relatarem a vocalização em répteis não-avianos, o conhecimento sobre a morfologia da laringe neste grupo ainda se baseia a descrições clássicas, como as de Bojaus (1819 e 1821) e Henle (1839) (revisado em Sacchi et al, 2004), e, atualmente, grande parte dos estudos anatômicos da região da laringe em Squamata estão concentrados em representantes de Gekkota (Moore et al, 1991; Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000; Russell & Bauer, 2020), com poucas descrições para representantes de “lagartos” não Gekkota,

serpentes (Fernandes et al, 2023) e para anfisbenídeos (Guilhon et al, 2024). Em termos de estudos anatômicos descritivos da laringe, Tiedemann (1818) e Meckel (1819) foram os primeiros a examinar o aparelho vocal em Gekkota, enquanto Henle (1839) associou a presença de cordas vocais à vocalização em espécies como *Tarentola mauritanica*, *Hemidactylus tiedrus*, *Hemidactylus mabouia* e *Cosymbotus platyurus* (revisado em Moore et al, 1991). Steck (1908) analisou histologicamente a glote e o ligamento aritenoide-cricoide de *Hemidactylus garnotii*, Ping (1932) descreveu a musculatura da laringe de *Hemidactylus bowringii*, e Mahendra (1967) observou que as cordas vocais de *Hemidactylus flaviviridis* estavam orientadas horizontalmente. Paulsen (1967) discutiu os mecanismos de vocalização em vertebrados, incluindo geconídeos, enquanto Nieman (1971) forneceu detalhes anatômicos da laringe de *Gekko gecko*. Vogel (1976) e Moore et al (1991) revisaram sua estrutura (*Gekko gecko*), com Moore e colaboradores focando na histologia das cordas vocais e na posição da laringe na cabeça. Além disso Moore et al. (1991) descreveram em detalhes a morfologia da laringe em *Gekko gecko*, se tornando a base estrutural para estudos futuros. Estudos mais recentes, como Rothla et al. (2019) e Russell & Bauer (2000, 2020), representam contribuições significativas para o conhecimento da anatomia descritiva e histologia da região laringotraqueal de Gekkota, atualizando o conhecimento no grupo sob uma perspectiva anatômica e evolutiva, relacionando com a vocalização, ainda que estes estudos foquem em táxons do Velho Mundo.

Dentro de Gekkota, o grupo de maior relevância é a família Gekkonidae, cuja grande maioria de espécies é noturna (Gamble et al 2015; Russell e Bauer, 2020; Capshaw et al, 2021; Paschoal et al, 2021). Gekkonidae constitui uma família diversa com 112 gêneros e aproximadamente 2389 espécies amplamente distribuídas geograficamente, na África, nas Américas e Ásia (Gamble et al, 2008; Rohtla et al, 2019; Uetz et al, 2025). Desses 112 gêneros, espécies de pelo menos 20 gêneros produzem sons (Phongkangsananan et al, 2014). Essa família é reconhecida por apresentar um extenso repertório vocal, possuindo estruturas especializadas que produzem “chamados” tonais complexos, podendo apresentar cantos com harmônicos e um elaborado aparato vocal com cordas vocais elásticas que variam em posição e orientação, facilitando a produção vocal (Gans & Maderson, 1973; Marcellini, 1974; Marcellini, 1997;; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al 2000; Jono &

Inui, 2012; Labra et al, 2013; Chen et al, 2016; Suthers et al, 2016; Russell & Bauer, 2020). As vocalizações variam em amplitude e frequência, sendo inseridas em interações interespecíficas e intraespecíficas, desempenhando papel importante em comportamentos como defesa contra predadores, territorialidade e acasalamento (Hibbits et al, 2007; Chen et al, 2016; Rohtla et al, 2019; Russell & Bauer, 2020; Fernandes et al, 2023). Além das especializações para vocalização, esses animais possuem também uma sensibilidade auditiva considerável em comparação a maioria dos outros répteis, por esse contexto, sinais acústicos desempenham um papel importante na comunicação social. (Labra et al, 2007; Jono & Inui 2012; Labra et al, 2013; Baeckens et al, 2019; Fernandes et al, 2023).

As vocalizações emitidas pela maioria dos representantes de Gekkonidae (assim como nos Gekkota no geral) possuem uma variação tão extensa quanto a sua diversidade de espécies. Com isso algumas espécies possuem seus nomes comuns e científicos baseados em suas vocalizações (e.g. Tokay, nome comum de *Gekko gecko*, refere-se em malaio ao som emitido; O epíteto específico de *Ptenopus garrulus* também enfatiza a natureza vocal) (Marcelini, 1978). Os sons produzidos são consideradas como “vocalizações verdadeiras”, visto que a mesma é emitida por um mecanismo morfológico complexo que integra laringe e cordas vocais (verdadeiras) compostas por fibras de elastina, que vibram e produzem sons mais elaborados que variam do inaudível até o muito alto (Gans & Maderson, 1973; Marcellini, 1977; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000; Tang et al, 2001; Chen et al, 2016; Colafrancesco & Gridi-Papp, 2016; Russell & Bauer, 2020). Algumas espécies podem produzir vocalizações que podem ser ouvidas a 100 metros de distância (*Ptenopus garrulus maculatus* – Rittenhouse et al, 1998), outras possuem um dialeto interpopulacional (*Gekko japonicus* – Jono & Inui, 2012) (Paschoal et al, 2021).

Mesmo sendo um grupo muito conhecido por essa capacidade vocal, dada a ampla diversidade da família, a maioria das espécies carece de estudos descritivos morfológicos da laringotraqueia, bem como estudos que relacionem morfologia e mecanismos de emissão sonora. Atualmente grande parte dos estudos morfológicos e/ou funcionais em Gekkonidae (inclusive Gekkota) estão concentrados em táxons do Velho Mundo, não havendo estudos descritivos morfológicos para táxons da América do Sul (Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000; Colafrancesco & Gridi-Papp,

2016; Russell & Bauer, 2020). De fato, a literatura apresenta algumas descrições das vocalizações, dos contextos das emissões sonoras e observações anedóticas sobre as espécies aptas a vocalizar, contudo, a maior parte tem descrições pouco informativas e incompletas sobre as estruturas da laringe dos gekkos (Russell et al., 2000).

Dentro da família Gekkonidae, *Hemidactylus* Oken, 1817 constitui o gênero mais rico, reunindo atualmente 194 espécies reconhecidas (Kluge, 1969; Carranza & Arnold, 2006; Anjos & Rocha, 2008a; Andrade et al., 2020; Uetz et al., 2025). Seus principais centros de especiação estão localizados na África — especialmente em regiões áridas do nordeste africano — e no sul e sudeste da Ásia, abrangendo áreas tropicais e subtropicais, incluindo o sudoeste asiático e a região mediterrânea (Carranza & Arnold, 2006). A distribuição do gênero também se estende à América do Sul, sugerindo eventos de dispersão natural e introduções antrópicas, possivelmente por meio de embarcações originadas do continente africano ou jangadas naturais (Carranza & Arnold, 2006; Anjos & Rocha, 2008a). *Hemidactylus* ocorre ainda em diversas ilhas continentais e oceânicas situadas em regiões tropicais e subtropicais (Carranza & Arnold, 2012).

Embora o gênero apresente ampla distribuição como um todo, a maioria das espécies apresenta distribuição geográfica relativamente restrita e elevado grau de endemismo, sendo poucas aquelas com ocorrência mais ampla (Carranza & Arnold, 2006). As espécies de *Hemidactylus* variam em suas vocalizações: *Hemidactylus flaviviridis* raramente produz sons e muito baixos; *Hemidactylus frenatus* emite séries rápidas de sons guturais altos e claros, e quando capturado faz um som fraco semelhante a um guincho; *Hemidactylus leschenaultii* vocaliza de forma semelhante a *Hemidactylus frenatus*, mas eventualmente emite um som agudo e prolongado durante a noite (Mahendra 1947; Marcellini, 1974). *Hemidactylus turcicus* apresenta diferentes tipos de vocalizações associadas dentro de classes sexuais e contextos sociais (Frankenberg, 1982). *Hemidactylus mabouia* apresenta chamados e comportamentos associados semelhantes aos descritos para outras espécies do gênero, incluindo vocalizações ligadas à defesa territorial, interações agressivas e fuga de predadores (Regalado, 2003), enquanto *Hemidactylus agrius*, embora possua uma vocalização estruturalmente simples, apresenta harmônicos e características acústicas que podem ter valor comunicativo (Passos & Wachlevski, 2019). Até geckos

partenogenéticos, como *H. garnotii* possuem uma voz relativamente alta produzindo chamados de exibição que diferem de seus chamados de angústia (Mahendra 1947; Frankenberg & Werner, 1991).

Apesar de existirem diversos estudos sobre registros de vocalização em *Hemidactylus*, a relação entre a morfologia laringotraqueal e a capacidade vocal ainda é pouco explorada (Russell et al, 2000). Mahendra (1947) abordou esse sistema sob uma perspectiva funcional no gênero, e somente em Rohtla et. al (2019) a anatomia da laringe e da traqueia foi novamente abordada, incluindo características vocais em geckos, e uma descrição da região laringotraqueal de *Hemidactylus turcicus*. No entanto, estudos morfológicos com enfoque descritivo ou comparativo ainda são escassos para demais representantes do gênero, sem quaisquer estudos com foco em representantes sul-americanos (Rittenhouse et al, 1998; Russell et al 2000; Colafrancesco & Gridi-Papp, 2016; Russell & Bauer, 2020). Diante dessa lacuna, torna-se essencial ampliar os estudos morfológicos da região laringotraqueal em Gekkonidae, tanto para compreender sua anatomia descritiva e evolução morfológica, quanto da presença de estruturas relacionadas à emissão sonora para subsidiar questões sistemáticas, ecológicas e comportamentais.

Esta dissertação é composta por dois capítulos, os quais correspondem a dois artigos científicos a serem submetidos à publicação em periódicos especializados. O primeiro intitulado “Morfologia comparada da região laringotraqueal de representantes de *Hemidactylus* Oken 1817 (Squamata: Gekkota) nativos do Brasil”, onde é realizado a descrição anatômica da região laringotraqueal de três espécies de *Hemidactylus* com distribuição no Brasil, incluindo descrições sobre comparação interespecífica dessa região para reconhecer variações morfológicas entre as espécies estudadas; enquanto que o segundo capítulo, intitulado “Morfologia da região laringotraqueal de *Hemidactylus mabouia* (Moreau De Jonnès, 1818) (Squamata, Gekkota)”, irá focar na anatomia descritiva da região laringotraqueal de *H. mabouia*, uma espécie invasora amplamente distribuída em diversos biomas brasileiros, incluindo descrições sobre variação intraspecífica com base em uma amostra representativa da espécie. A dissertação foi estruturada em dois capítulos em razão da diferença significativa no número de amostras entre as espécies analisadas, visto que *Hemidactylus mabouia* apresentou um tamanho amostral consideravelmente maior em comparação às demais representantes do gênero incluídas no estudo. Além disso, por se tratar de

uma espécie invasora, com registros na literatura de ampla plasticidade fenotípica, optou-se por dedicar um capítulo exclusivo à sua análise, a fim de abordar suas particularidades com maior profundidade e clareza.

Referências:

ANDRADE, M. J. M.; SALES, R.; FREIRE, E. M. X. Autecology of the gecko *Hemidactylus agrius* in a protected area of the Brazilian semiarid Caatinga. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 15, p. 567, 2020.

ANJOS, Luciano Alves dos; ROCHA, Carlos Frederico Duarte. A Lagartixa *Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnes, 1818 (Gekkonidae): uma espécie exótica e invasora amplamente estabelecida no Brasil. **Natureza & Conservação**, v. 6, n. 1, p. 78–89, 2008.

BAECKENS, Simon; LLUSIA, Diego; GARCÍA-ROA, Roberto; *et al.* Lizard calls convey honest information on body size and bite performance: a role in predator deterrence? **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 73, n. 6, p. 1–11, 2019.

BAUER, A. M. **Geckos: The animal answer guide**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2013.

CAPSHAW, Grace; WILLIS, Katie L.; HAN, Dawei; *et al.* Reptile sound production and perception. **Neuroendocrine Regulation of Animal Vocalization: Mechanisms and Anthropogenic Factors in Animal Communication**, p. 101–118, 2020.

CARRANZA, S.; ARNOLD, E. N. A review of the geckos of the genus *Hemidactylus* (Squamata: Gekkonidae) from Oman based on morphology, mitochondrial and nuclear data, with descriptions of eight new species. **Zootaxa**, n. 3378, 95 p., 2012.

CARRANZA, S.; ARNOLD, E. N. Systematics, biogeography, and evolution of *Hemidactylus* geckos (Reptilia: Gekkonidae) elucidated using mitochondrial DNA sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 38, n. 2, p. 531–545, 2006.

CHEN, Jingfeng; JONO, Teppei; CUI, Jianguo; *et al.* The acoustic properties of low intensity vocalizations match hearing sensitivity in the webbed-toed gecko, *Gekko subpalmatus*. **PLoS ONE**, v. 11, n. 1, p. 1–12, 2016. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0146677>>.

CHEN, Zhuo; WIENS, John J. The origins of acoustic communication in vertebrates. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-14356-3>>.

COLAFRANCESCO, Kaitlen C.; GRIDI-PAPP, Marcos. **Vocal Sound Production and Acoustic Communication in Amphibians and Reptiles**. [s.l.: s.n.], 2016.

DAZA, Juan D.; BAUER, Aaron M.; SNIVELY, Eric D. On the fossil record of the Gekkota. **Anatomical Record**, v. 297, n. 3, p. 433–462, 2014.

FERNANDES, Igor Yuri; KOCH, Esteban Diego; MÔNICO, Alexander Tamanini. First record of a snake call in South America: the unusual sound of an ornate snail-eater *Dipsas catesbyi*. **Acta Amazonica**, v. 53, n. 3, p. 243–245, 2023.

FRANKENBERG, E. Interspecific and seasonal variation of daily activity times in gekkonid lizards (Reptilia, lacertilia). **Journal of Herpetology**, v. 12, n. 4, p. 505, 1978. DOI: <https://doi.org/10.2307/1563356>.

FRANKENBERG, E; WERNER, Y L. Vocal communication in the Reptilia - facts and questions. **Acta Zoologica**, v. 41, n. March, p. 45–62, 1991.

FRANKENBERG, Eliezer. Social Behaviour of the Parthenogenetic Indo-Pacific Gecko, *Hemidactylus garnotii*. **Zeitschrift für Tierpsychologie**, v. 59, n. 1, p. 19–28, 1982.

GAMBLE, T.; BAUER, A. M.; COLLI, G. R.; et al. Coming to America: Multiple origins of New World geckos. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 24, n. 2, p. 231–244, 2011.

GAMBLE, Tony; BAUER, Aaron M.; GREENBAUM, Eli; et al. Evidence for Gondwanan vicariance in an ancient clade of gecko lizards. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 1, p. 88–104, 2008.

GAMBLE, Tony; GREENBAUM, Eli; JACKMAN, Todd R.; et al. Into the light: diurnality has evolved multiple times in geckos. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 115, n. 4, p. 896–910, 2015.

GANS, Carl; MADERSON, Paul F.A. Sound producing mechanisms in recent reptiles:

Review and comment. **Integrative and Comparative Biology**, v. 13, n. 4, p. 1195–1203, 1973.

GUILHON, B. F.; OLIVEIRA, C. R. de; QUIRINO, T. F.; WACHEVSKI, M.; PASSOS, D. C. Filling the gap of phonation in reptiles: First record of oral emission of the worm lizard, *Amphisbaena alba*. **Austral Ecology**, v. 49, e13493, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/aec.13493>

HIBBITTS, Toby J.; WHITING, Martin J.; STUART-FOX, Devi M. Shouting the odds: Vocalization signals status in a lizard. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 61, n. 8, p. 1169–1176, 2007.

JONO, Teppei; INUI, Yoko. Secret calls from under the eaves: Acoustic behavior of the Japanese house Gecko, *Gekko japonicus*. **Copeia**, v. 2012, n. 1, p. 145–149, 2012.

KLUGE, Arnold G. The evolution and geographical origin of the New World *Hemidactylus mabouia-brookii* complex (Gekkonidae, Sauria). **Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology, University of Michigan**, n. 138, p. 1–78, 1969.

LABRA, A.; SUFÁN-CATALÁN, J.; SOLIS, R.; PENNA, M. Hissing sounds by the lizard *Pristidactylus volcanensis*. **American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH)**. *Copeia*, v. 2007, n. 4, p. 1019–1023, 2007.

LABRA, Antonieta; SILVA, Gabriela; NORAMBUENA, Fernanda; *et al.* Acoustic features of the weeping Lizard's Distress call. **Copeia**, n. 2, p. 206–212, 2013.

MAHENDRA, B. C. Contributions to the bionomics, anatomy, reproduction and development of the Indian house-gecko *Hemidactylus flaviviridis* Rüppel. IV. The respiratory and vocal organs. **Proceedings of the Indian Academy of Sciences, Section B**, v. 25, n. 3, p. 57–73, 1947.

MARCELLINI, D. L. Acoustic behavior of the gekkonid lizard, *Hemidactylus frenatus*. **Herpetologica**, v. 30, p. 44–52, 1974.

MARCELLINI, D. L. The acoustic behavior of lizards. In: GREENBERG, N.; MacLEAN, P. D. (ed.). **Behavior and neurology of lizards**. Rockville: National Institute of Mental Health, p. 287–300, 1978.

MARCELLINI, Dale. Acoustic and visual display behavior of gekkonid lizards. **Integrative and Comparative Biology**, v. 17, n. 1, p. 251–260, 1977.

MEYER, Dalton; BROWNSTEIN, Chase D.; JENKINS, Kelsey M.; et al. A Morrison stem gekkotan reveals gecko evolution and Jurassic biogeography. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 290, n. 2011, 2023.

MOORE, Beverley A.; RUSSELL, Anthony P.; BAUER, Aaron M. Structure of the larynx of the tokay gecko (*Gekko gecko*), with particular reference to the vocal cords and glottal lips. **Journal of Morphology**, v. 210, n. 3, p. 227–238, 1991.

NIEMANN, O. Zur Morphologie des Kehlkopfes von *Gekko gecko*. **Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie (Leipzig)**, v. 183, p. 114–134, 1971.

PASCHOAL, Ágatha A.; DE OLIVEIRA, Yasmim B. B.; GREGORI, Victor F.; et al. Squamate Acoustic Communication. **Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior**, p. 1–7, 2021.

PASSOS, D. C.; WACHLEVSKI, M. As vozes dos lagartos brasileiros: Descrição das vocalizações de três lagartos (Gekkota). In: **Anais do IX Congresso Brasileiro de Herpetologia**, 2019, Campinas, SP. Galoá. Disponível em: <https://proceedings.science/cbh-2019/trabalhos/as-vozes-dos-lagartos-brasileiros-descricao-das-vocalizacoes-de-tres-lagartos-ge?lang=pt-br>. Acesso em: 25 jun. 2025.

PAULSEN, K. Das Prinzip der Stimmbildung in der Wirbeltiere und beim Menschen. **Frankfurt: Akademische Verlag**, 1967.

PHONGKANGSANANAN, Nilinda; SCHWARZKOPF, Lin; PIKE, David A. Chatty females and quiet males: Complex vocal communication in the Northern Dtella, *Gehyra dubia*. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 9, n. 2, p. 285–296, 2014.

PING, C. Anatomy of the tongue and its adjacent muscles of *Hemidactylus bowringii*. Contributions from the Biological Laboratory of the Science Society of China, **Zoological Series**, v. 8, p. 97–111, 1932.

REGALADO, Rubén. Roles of visual, acoustic, and chemical signals in social interactions of the Tropical House Gecko (*Hemidactylus mabouia*). **Caribbean Journal of Science**, v. 39, n. 3, p. 307–320, 2003.

RITTENHOUSE, D. R.; RUSSELL, A. P.; BAUER, A. M. Laryngotracheal morphology of the *Uroplatus fimbriatus* complex (Reptilia: Gekkonidae): Yet another autapomorphic organ system in a group of highly aberrant geckos. **African Journal of Herpetology**, v. 46, n. 1, p. 36–48, 1997.

RITTENHOUSE, David R.; RUSSELL, Anthony P.; BAUER, Aaron M. The larynx and trachea of the barking gecko, *Ptenopus garrulus maculatus* (Reptilia: Gekkonidae) and their relation to vocalization. **South African Journal of Zoology**, v. 33, n. 1, p. 23–30, 1998.

ROHTLA, E. A.; RUSSELL, Anthony P.; BAUER, Aaron M. Sounding Off: Relationships between Call Properties, Body Size, Phylogeny, and Laryngotracheal Form of Geckos. **Herpetologica**, v. 75, n. 3, p. 175–197, 2019.

RUSSELL, Anthony P.; BAUER, Aaron M. Vocalization by extant nonavian reptiles: A synthetic overview of phonation and the vocal apparatus. **Anatomical Record**, v. 304, n. 7, p. 1478–1528, 2020.

RUSSELL, Anthony P.; RITTENHOUSE, David R.; BAUER, Aaron M. Laryngotracheal morphology of Afro-Madagascan geckos: A comparative survey. **Journal of Morphology**, v. 245, n. 3, p. 241–268, 2000.

SACCHI, Roberto; GALEOTTI, Paolo; FASOLA, Mauro; *et al.* Larynx morphology and sound production in three species of testudinidae. **Journal of Morphology**, v. 261, n. 2, p. 175–183, 2004.

STECK, L. Der Stimmapparat *Hemidactylus garnoti* Dum. et Bibr. Ein Beitrag zur Anatomie der Geckotiden (Reise von Dr. Walter Vols). **Zoologischer Jahrbücher Abteilung für Anatomie**, v. 11, p. 53–59, 1908.

SUTHERS, R. A.; FITCH, W. T.; FAY, R. R.; POPPER, A. N. **Vertebrate sound production and acoustic communication**. Cham: Springer, 2016.

UETZ, P. et al. (Eds.). The reptile database. Disponível em: <http://www.reptile-database.org>. Acesso em: 25 jun. 2025.

VOGEL, P. Der Stimmapparat der Reptilien, mit besonderer Berücksichtigung von *Lacerta galloti*. **Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel**, v. 84, p. 135–153, 1976.

CAPÍTULO 1

Submetido para a revista **Journal of Morphology (A2; Percentil 67)**

Título: Morfologia comparada da região laringotraqueal de representantes de *Hemidactylus* Oken 1817 (Squamata: Gekkota) nativos do Brasil.

Autores: Adriana Monteiro de Moraes², Daniel Cunha Passos³, Fernanda Paulini¹, Guilherme Gomes Carvalho^{1,2}, Giulia Ramos da Silva², Angele Martins^{2,4}

¹Department of Physiological Sciences, Institute of Biological Sciences, University of Brasília, Brasília, Brazil.

²Laboratório de Anatomia Comparada dos Vertebrados, Departamento de Ciências Fisiológicas, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Asa Norte, Brasília, DF, Brazil.

³Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal (LECA), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Departamento de Biociências, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brazil

⁴Setor de Herpetologia, Departamento de Vertebrados, Museu Nacional/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Resumo: Entre os répteis Squamata, a emissão sonora é particularmente bem conhecida em Gekkonidae, família composta majoritariamente por espécies noturnas e reconhecida por seu repertório vocal extenso. Esse grupo apresenta estruturas especializadas, como uma laringe cartilaginosa e cordas vocais verdadeiras, que permitem a produção de sons mais elaborados. O gênero *Hemidactylus* é o maior da família, estando representado no Brasil por quatro espécies. Embora existam descrições acústicas das vocalizações de algumas espécies de *Hemidactylus*, os estudos anatômicos e morfológicos da laringe e da traqueia são consideravelmente pouco explorados para várias espécies. Neste estudo descrevemos e avaliamos a variação estrutural da laringe e da traqueia para três espécies nativas de *Hemidactylus* do Brasil, *Hemidactylus agrius*, *Hemidactylus brasiliensis* e *Hemidactylus palaichthys*. A análise morfológica, baseada em observações

anatômicas macroscópicas e exames histológicos revelou que a região laringotraqueal apresenta uma morfologia conservada entre as espécies estudadas, assim como foi possível identificar variações intraespecíficas e interespecíficas, nas medidas da laringe, nos processos laterais da cricoide, na fenestra ventral da cricoide e no *m. constrictor laryngis*. Foi possível identificar a presença de transições epiteliais na mucosa da laringe que condizem com cordas vocais para todas as espécies examinadas, num padrão semelhante à maioria das espécies de Gekkota.

Palavras-chaves: Anatomia; Laringe; Traqueia; Gekkonidae; Emissão vocal

Abstract: Among squamate reptiles, sound production is particularly well known in Gekkonidae, a family composed mainly of nocturnal species and recognized for its extensive vocal repertoire. This group exhibits specialized structures, such as a cartilaginous larynx and true vocal cords, which enable the production of more elaborate sounds. The genus *Hemidactylus* is the largest within the family, being represented in Brazil by four species. Although acoustic descriptions of the vocalizations of some *Hemidactylus* species exist, anatomical and morphological studies of the larynx and trachea remain considerably underexplored for several species. In this study, we describe and evaluate the structural variation of the larynx and trachea in three native Brazilian species of *Hemidactylus*, *Hemidactylus agrius*, *Hemidactylus brasiliensis*, and *Hemidactylus palaichthus*. Morphological analysis, based on macroscopic anatomical observations and histological examinations, revealed that region laryngotraqueal exhibits a conserved morphology among the studied species. It was also possible to identify intra- and interspecific variations in the measurements of the larynx, in the lateral process of the cricoid, in the cricoid ventral fenestra, and in the *m. constrictor laryngis*. Furthermore, transitional epithelia were identified in the mucosa of the larynx, consistent with vocal cords across all examined species, following a pattern similar to that observed in most Gekkota species.

Key-words: Anatomy; Larynx; Trachea; Gekkonidae; Vocal emission

Introdução

A transmissão de mensagens entre indivíduos, interespecífica ou intraespecífica, pode ocorrer por diversos meios, sendo a emissão sonora o principal recurso na comunicação acústica (Paschoal et al., 2021; Frankenberg & Werner, 1991; Russell & Bauer, 2020). Entre os tetrápodes, a comunicação acústica tem sido documentada em mamíferos, anfíbios (anuros), répteis crocodilianos e aves, mas ainda pouco explorada em Lepidosauria e Testudines (Chen & Wiens, 2020; Russell & Bauer, 2020). Nos répteis não-avianos que ocupam ampla variedade de habitats, a produção de sons pode favorecer comportamentos relacionados à sobrevivência e reprodução (Gans & Maderson, 1973; Russell et al., 2000; Rohtla et al., 2019; Russel & Bauer, 2020; Capshaw et al., 2021). Os sons podem ser gerados por mecanismos não vocais, que ocorrem por estruturas corporais fora do sistema respiratório, como interações tegumentares com o ambiente (attrito de escamas, chocalhar da cauda), ou vocais, envolvendo a passagem do ar pelo sistema respiratório, como expulsão de ar (silvos, rugidos) ou modulação da laringe ou glote (chilreios, rosnados, cliques) (Gans & Maderson, 1973; Moore et al., 1991; Russell et al., 2000; Rohtla et al., 2019; Paschoal et al., 2021). Nesse tipo de produção sonora, o ar é expelido dos pulmões e percorre as vias do trato respiratório, passando por uma laringe cartilaginosa que pode ou não conter cordas vocais (Labra et al., 2013; Moore et al., 1991; Rohtla et al., 2019; Russell & Bauer, 2020; Paschoal et al., 2021;). Além disso, a emissão sonora é especialmente vantajosa para espécies noturnas, uma vez que sinais acústicos funcionam na ausência de luminosidade (Chen e Weins, 2020; Paschoal et al., 2021).

Entre os Squamata, a emissão sonora é especialmente frequente e estudada em representantes da família Gekkonidae, composta majoritariamente por espécies noturnas (Frankenberg, 1978; Labra et al., 2013; Phongkangsananan et al., 2014; Gamble et al, 2015; Russell & Bauer, 2020; Capshaw et al., 2021; Paschoal et al., 2021; Fernandes et al., 2023). Das aproximadamente 2389 espécies do mundo, ao menos 112 gêneros produzem sons (Phongkangsanana et al., 2014; Rohtla et al., 2019; Uetz et al., 2025). Esse clado é reconhecido por apresentar um repertório vocal extenso, possuindo estruturas especializadas, que integra a laringe e cordas vocais verdadeiras compostas de fibras de elastina, capazes de vibrar e gerar sons mais elaborados (Haacke, 1969; Gans & Maderson, 1973; Marcellini, 1974; Marcellini,

1977; Moore et al., 1991; Rittenhouse et al., 1998; Russell et al., 2000; Jono & Inui, 2012; Labra et al, 2013; Colafrancesco & Gridi-Papp, 2016; Chen et al., 2016; Russell & Bauer, 2020). As vocalizações ocorrem em interações interespecíficas e intraespecíficas, estando associadas a comportamentos como defesa, territorialidade e acasalamento (Chen et al, 2016; Hibbits et al., 2007; Rohtla et al., 2019; Russell & Bauer, 2020; Fernandes et al., 2023).

Dentro de Gekkonidae, *Hemidactylus* Oken 1817 constitui o gênero mais rico, possuindo atualmente 194 espécies reconhecidas (Kluge, 1969; Carranza & Arnold, 2006; Anjos & Rocha, 2008a; Andrade et al., 2020; Uetz et al., 2025). Seus centros de especiação são reportados para o continente africano, de modo que as espécies deste clado podem estar presentes em regiões mais áridas do Nordeste Africano, e o Centro Sul da Ásia, ocorrendo na parte tropical e ao Sudoeste, além de se estenderem pelo Mediterrâneo tendo alcançado a América do Sul (Carranza & Arnold, 2006; Anjos & Rocha, 2008). Sua distribuição também ocorre em regiões tropicais e subtropicais, abrangendo algumas ilhas continentais e oceânicas (Carranza & Arnold, 2012). É possível que a ampla distribuição desses animais esteja associada, em grande parte, à introdução humana, por meio de embarcações trazidas da África ou por jangadas naturais (Carranza & Arnold, 2006; Anjos & Rocha, 2008), como no caso de *Hemidactylus mabouia*, *Hemidactylus turcicus* e *Hemidactylus garnotii* (Rödder et al., 2008). A maioria das espécies de *Hemidactylus* apresenta distribuição geográfica relativamente restrita com elevado grau de endemismo, sendo poucas aquelas com extensa distribuição (Carranza & Arnold, 2006).

No Brasil o gênero *Hemidactylus* está representado por quatro espécies, das quais duas espécies - *Hemidactylus agrius* Vanzolini, 1978 e *Hemidactylus brasiliensis* Amaral, 1935 - ocorrem exclusivamente neste país, e duas não endêmicas, *Hemidactylus mabouia* (Moreau De Jonnès, 1818) e *Hemidactylus palaichthus* Kluge, 1969 (Costa & Bérnuls, 2018). *Hemidactylus palaichthus* é considerada endêmica da região amazônica, com ocorrência restrita a este bioma, especialmente ao longo do rio Negro (Ribeiro, 2015; Costa & Bérnuls, 2018), e representa uma espécie noturna e escansorial, habitando florestas primárias e secundárias, bem como áreas periantrópicas, também registrada na Guiana, Venezuela, Colômbia, Trinidad e Tobago e na ilha de Santa Lucia (Ribeiro, 2015). Já *H. agrius* e *H. brasiliensis* são

encontrados na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Passos et al., 2015; Costa & Bérnuls, 2018). *Hemidactylus agrius* está associada a ambientes preservados, de áreas abertas e com afloramento rochoso, possuindo hábitos noturnos (Anjos et al., 2011; Andrade, 2014; Andrade, 2018). *Hemidactylus brasiliensis* é uma espécie arborícola que também apresenta hábitos noturnos (Andrade, 2018). *Hemidactylus mabouia* é uma espécie exótica invasora de origem africana já consolidada no Brasil, possui hábitos noturnos e periantrópicos, ocorrendo predominantemente em ambientes antrópicos, mas também registrada em ambientes naturais, como em diversos biomas brasileiros (Almeida-Gomes et al., 2008; Anjos & Rocha, 2008; Costa & Bérnuls, 2018).

Diversos estudos descrevem as vocalizações em representantes de Gekkota, abordando aspectos como tipos de chamadas, frequências sonoras e presença de harmônicos (Frankenberg, 1982; Marcelline, 1997; Rittenhouse et al., 1998). No entanto, a capacidade de produzir sons não implica necessariamente o uso regular de padrões de fonação complexos, como parte do repertório comportamental, como observado em algumas espécies de *Hemidactylus* (Russell et al., 2000). As vocalizações dentro do gênero variam consideravelmente: *H. flaviviridis* emite sons raramente e muito baixos; *H. frenatus* vocaliza sequências rápidas de sons guturais altos e claros, e quando capturado faz um som fraco semelhante a um guincho; *H. leschenaultii* vocaliza de forma semelhante a *H. frenatus*, mas às vezes emite à noite um som agudo e prolongado (Mahendra, 1947; Marcellini, 1974). *Hemidactylus mabouia* exibe vocalizações e comportamentos associados semelhantes aos descritos para outras espécies do gênero, incluindo vocalizações ligadas à defesa territorial, interações agressivas e fuga de predadores (Regalado, 2003), enquanto *H. agrius*, embora possua uma vocalização estruturalmente simples, apresenta harmônicos e características acústicas que apresentam valor comunicativo (Passos & Wachlevski, 2019). Até espécies partenogenéticas, como *H. garnotii* possuem uma voz relativamente alta, produzindo chamados de exibição que diferem de seus chamados de angústia (Mahendra, 1947; Frankenberg & Werner, 1991). Mesmo que os estudos de descrição acústica das vocalizações de *Hemidactylus* não sejam completos, o conhecimento da anatomia da laringe associada à produção dos sons é ainda menos conhecida para algumas espécies.

A relação entre morfologia laringotraqueal e a capacidade de vocalização em lagartos ainda é pouco explorada na literatura (Russell et al., 2000). Mahendra (1974) foi um dos primeiros a investigar esse tema em *H. flaviviridis*, relacionando a anatomia da laringe à produção sonora em um contexto funcional, embora esse estudo apresente certas limitações por conta da época. Moore et al (1991) realizaram uma descrição detalhada da laringe de *Gekko gecko*, fornecendo uma base morfológica importante para pesquisas posteriores. Mais recentemente, Rohtla et al (2019) associaram diretamente a anatomia da laringe e da traqueia com características da vocalização em geckos, incluindo uma descrição da região laringotraqueal de *H. turcicus*. Apesar de Gekkonidae ser um grupo destaque em estudos bioacústicos (Rittenhouse et al., 1998; Russell et al, 2000; Colafrancesco & Gridi-Papp, 2016; Russell & Bauer, 2020; Labra et al., 2007; Labra et al., 2013; Rothla et al., 2019), devido ao seu aparato vocal desenvolvido e uma audição mais sensível que a de outras famílias, ainda existe uma escassez de estudos morfológicos descritivos voltados a espécies da América do Sul.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo geral caracterizar a morfologia da região laringotraqueal de representantes do gênero *Hemidactylus* nativos do Brasil. Especificamente, buscamos (1) descrever a região da laringe e traqueia a nível macroscópico e tecidual, (2) investigar a existência de dimorfismo sexual nas estruturas descritas; (3) avaliar a variação interespecífica da região laringotraqueal das espécies de *Hemidactylus*;

Material e Métodos

Para a descrição da região laringotraqueal, foram dissecados 36 espécimes adultos pertencentes às seguintes espécies: *Hemidactylus agrius* (18), *Hemidactylus brasiliensis* (12) e *Hemidactylus palaichthys* (6). Para a sexagem dos indivíduos foi feita por uma incisão na base da cloaca com auxílio de bisturi para a verificação da presença de hemipênis. Os indivíduos considerados adultos foram selecionados com base no tamanho mínimo de maturidade, a saber: > 40 mm em *H. agrius* (Andrade et al., 2020); > 31,50 mm em *H. brasiliensis* (dados não publicados); e > 45,56 mm em *H. palaichthys* (dados não publicados). Para compor as análises de morfometria clássica (Rohtla et al., 2019, Russell et al., 2000), previamente à dissecção da região

laringotraqueal, foram aferidas um total de duas medidas lineares, por meio de um paquímetro digital da marca Mitutoyo (0,01 milímetros), a saber: comprimento rostro-cloacal (CRC) e comprimento rostro-aditus (CRA) (Figura 1) para todos os espécimes de ambos os sexos.

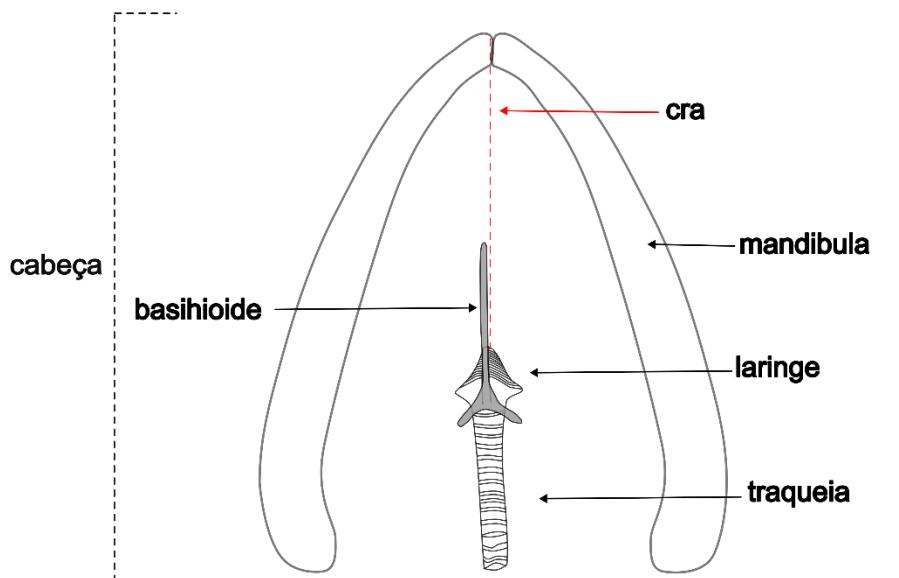


Figura 1: Desenho esquemático da região ventral cabeça de representantes de *Hemidactylus*, indicando a medida do comprimento rostro-aditus (CRA). A linha pontilhada em vermelho representa os marcos anatômicos utilizados para a mensuração do CRA. Barra de escala = 1 mm.

Posteriormente, a região laringotraqueal foi removida manualmente com auxílio de pinças e bisturi sob microscópio estereoscópico disponível no Laboratório de Anatomia Comparada de Vertebrados (LACV) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. Um total de 6 medidas lineares da laringe (Figura 2) foram aferidas por meio do software FIJI v. 2.16 calibrado com uma escala de 0,1 mm (1 milímetro), a saber: comprimento dorsal da laringe (CDL), comprimento ventral da laringe (CVL), comprimento lábio glotal (CLG), distância do processo lateral lábio glotal (DPLLG), largura da laringe (LL) e largura da traqueia (LT) para todos os espécimes.

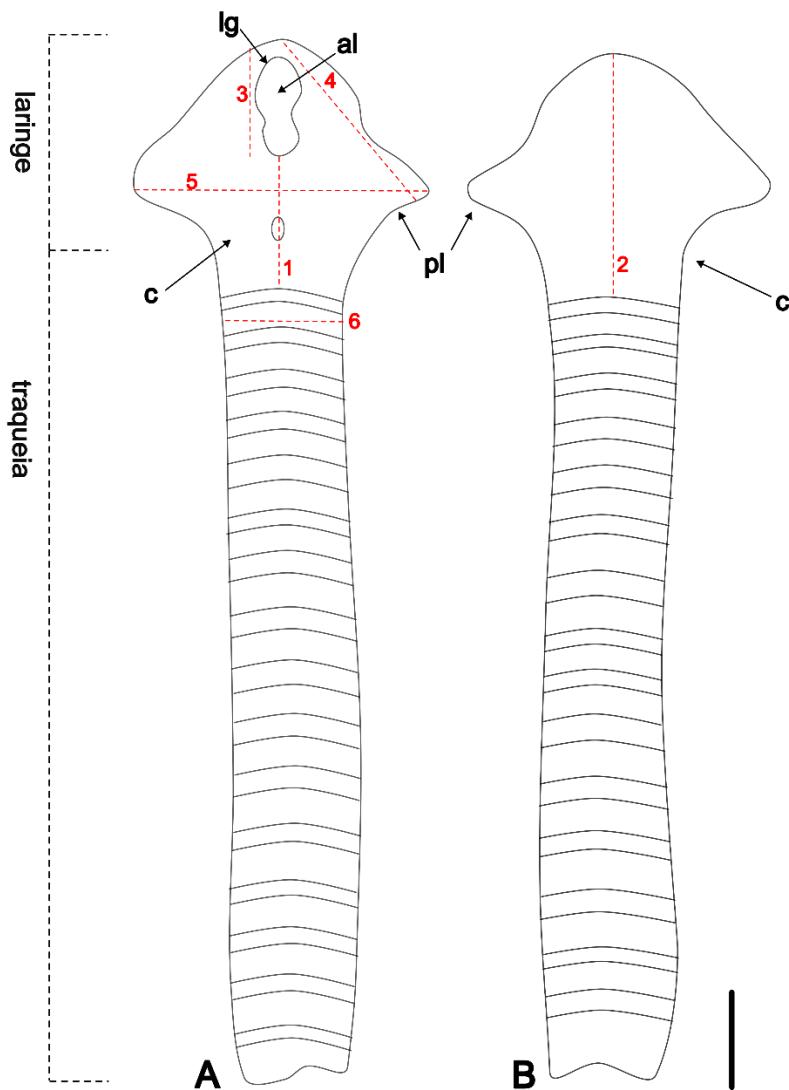


Figura 2. Desenho esquemático da região laringotraqueal de representantes de *Hemidactylus*. Em vista dorsal (A) e ventral (B), ilustrando as medidas realizadas para a caracterização morfométrica linear. As setas pretas indicam as estruturas da laringe: lg – lábio glotal; al – *aditus laryngis*; pl – processo lateral; c – cricoide. As linhas pontilhadas vermelhas indicam as variáveis mensuradas, a saber: 1 – comprimento dorsal da laringe (CDL); 2 – comprimento ventral da laringe (CVL); 3 – comprimento lábio glotal (CLG); 4 – distância do processo lateral lábio glotal (DPLLG); 5 – largura da laringe (LL); 6 – largura da traqueia (LT). Barra de escala = 1 mm.

Após a descrição morfológica da região laringotraqueal, estas estruturas foram selecionadas para que fossem submetidas a dois procedimentos: (1) diafanização ou (2) histologia. O protocolo de diafanização foi modificado a partir de Taylor & Van Dyke (1985) para evidenciar as estruturas cartilaginosas e/ou possivelmente ossificadas nesta região, conforme descrito a seguir. Para as amostras que foram selecionadas para diafanização, após a dissecção, as laringes foram acondicionadas em etanol absoluto (100%) por 48h. Em seguida as amostras foram transferidas para uma solução de azul de alcian para corar cartilagens, por 24h. Após esse período, as mesmas foram submetidas a uma solução de bórax (tetraborato de sódio) supersaturado, para tamponar e ajustar o ph, por 24h, sendo realizado após as 12h a troca por uma solução nova de bórax (tetraborato de sódio). As mesmas foram posteriormente transferidas para uma solução de vermelho de alizarina, para coloração de possíveis ossificações, permanecendo de 6-8h. Após esse processo, as peças foram novamente acondicionadas em bórax por 24h com a troca ao completar 12h por uma nova solução. Posteriormente, as laringes foram imersas em uma solução de KOH 1% por 5 dias de modo a clarificar a musculatura e possibilitar a visualização das estruturas catilaginosas. Uma vez que a cartilagem estava visível e a musculatura clarificada, as laringes foram novamente submetidas a etapa do bórax 24h com a troca de 12h. Finalmente, as estruturas foram preservadas em etanol 70%. A fotografia das peças anatômicas da região laringotraqueal diafanizadas foi feita pela câmera Cânon EOS 5D Mark II disponível no laboratório associada ao software Helicom Remote para a edição das fotos. Para os desenhos esquemáticos foram feitos utilizando o software Inkscape versão 1.3.

A histologia da região laringotraqueal foi realizada para examinar a disposição dos tecidos, permitindo uma análise detalhada da composição histológica da laringe e da traqueia. Uma vez fixadas, todas as amostras foram desidratadas, impregnadas e incluídas em Parafina; os blocos foram cortados longitudinalmente em 10um de espessura com o auxílio de um micrótomo. As lâminas foram coradas com hematoxilina eosina. Para evidenciar as fibras colágenas e elásticas, foi empregado um protocolo adaptado da coloração Tricrômica de Mallory, que é tradicionalmente específico para colágeno. Entretanto, áreas amareladas observadas na coloração podem corresponder a fibras elásticas, embora o método não seja totalmente específico para a detecção de elastina. Inicialmente, as lâminas foram hidratadas por

meio de três banhos sucessivos de 1 minuto cada, primeiro em xanol e, em seguida, em álcool etílico absoluto (100%). Posteriormente, foram coradas sequencialmente: solução A (Fucsina ácida – 0,5 gramas diluída em 100ml de água destilada) por 1 minuto, solução B (Azul de Anilina – 0,5 gramas; Orange G – 2,0 gramas; Ácido fosfotúngstico – 1,0 gramas, todos diluídos em 100ml de água destilada) por 1 minuto e hematoxilina por 1 minuto. Após a coloração, as lâminas foram imersas em álcool etílico a 93% em três banhos de 1 minuto cada. A etapa seguinte consistiu na desidratação, realizada com três banhos de 1 minuto em álcool absoluto (100%) e três banhos de 1 minuto em xanol. As imagens foram obtidas com uma câmera Sony DSC-H1 e um microscópio ótico Olimpus (400x). A técnica de histologia foi realizada no Laboratório de Anatomia Comparada de Vertebrados e no Laboratório de Endocrinofisiologia e Reprodução Animal e Humana da Universidade de Brasília (UnB).

As análises estatísticas foram conduzidas no software R v.4.5.0 (R Core Team, 2025) e Rstudio (Posit Team, 2025). Para avaliar a diferença no tamanho corporal (CRC) entre as três espécies inicialmente foi aplicada uma análise de variância (ANOVA), seguida do teste post hoc de Tukey. Em seguida, testamos a existência de dimorfismo sexual e de diferença interespecífica em sete medidas lineares da laringo-traqueia através de modelos lineares generalizados (GLM). Cada modelo geral foi estruturado tendo uma das medidas laringo-traqueais como variáveis-resposta e o CRC, a interação do CRC com o sexo e a interação do CRC com a espécie como variáveis preditoras.

Resultados

As descrições a seguir estão organizadas com base na estrutura anatômica, iniciando-se com uma caracterização geral que inclui as semelhanças observadas entre as espécies de *Hemidactylus* estudadas. Em seguida, são destacadas as variações e diferenças morfológicas específicas encontradas em cada espécie, caso existam.

Cartilagem cricoide. A cartilagem cricoide (Figura 3) possui um formato de anel, que circunda o lúmen da laringe, orientada verticalmente. Sua região medial é um

pouco estreita, se estendendo para suas extremidades anterior e posterior. Os processos laterais se estendem a partir do corpo da cricoide. Sua região posterior se junta a extremidade anterior da traqueia. Essa cartilagem apresentou morfologia bastante conservada entre todas as espécies.

Em relação à orientação dos processos laterais da cricoide (Figura 3) observou-se variação interespecífica, conforme descrito a seguir. Em *Hemidactylus agrius* os processos laterais são curtos (mais próximos da cricoide) em fêmeas (n= 11; 100%) e machos (n=7;100%) e se orientam lateralmente com a porção distal arredondada (n=18; 100%), em ambos os sexos. Em *H. brasiliensis* os processos laterais são longos tanto em fêmeas (n=6; 100%) quanto em machos (n=6; 100%), se orientam lateralmente em ambos os sexos (n=6; 100%), com a porção distal do processo lateral arredondada (n=12; 100%). Em *Hemidactylus palaichthys* os processos laterais também são curtos se orientando lateralmente em fêmeas (n=4; 100%) e em machos (n= 2; 100%), com a ponta distal mais arredondada em ambos os sexos (n=6; 100%).

A fenestra dorsal da cricoide (Figura 3) é elipsoidal longitudinalmente, recoberta por tecido conjuntivo sendo bem evidente e delimitada. Foi constatada variação interespecífica na fenestra dorsal da cricoide, em relação ao tamanho relativo da fenestra, sendo possível classificá-la em duas categorias: grande e pequena. Em *H. brasiliensis* (n=12; 100%) e *H. palaichthys* (n=6; 100%) a fenestra é grande em ambos os sexos, enquanto que *H. agrius* (n=18; 100%) exibe fenestra pequena. A fenestra da cricoide em vista ventral (Figura 4) também apresentou variação interespecífica. Em *H. agrius* (n=5) machos (n=2; 100%) e fêmeas (n=2; 66,67%) apresentaram uma fenestra elipsoidal transversal ampla (Figura 4, A), e menos comumente elipsoidal transversal com um estreitamento medial anterior e posterior em uma fêmea (n=1;33,33%). Em *H. brasiliensis* (n=2; 100%) ambos os sexos a fenestra é elipsoidal transversal com um estreitamento medial anterior (Figura 4, B). Em *H. palaichthys* (n=2; 100%) ambos os sexos a fenestra é elipsoidal transversal com um estreitamento medial anterior e posterior (Figura 4, C).

Cartilagens aritenoides. Na porção anterior da laringe, se originam as cartilagens aritenoides (Figura 3) que são pareadas e pequenas com formato de bastonete, se estendendo um pouco além dos lábios glóticos nas laterais e contíguas a cartilagem cricoide. Essa estrutura mostrou-se semelhante entre todas as espécies.

Na porção medial dorsal da cricoide, entre as aritenoides, se apresenta um sulco, o *aditus laryngis*, orientado verticalmente com extensão uniforme entre os exemplares analisados.

Traqueia. Se estende posteriormente a partir da laringe e apresenta um formato cilíndrico (Figura 3). É majoritariamente composta pelos anéis traqueais, que possuem um formato retangular levemente arredondado nas pontas e são uniformes em espessura e porções membranosas ao longo da extensão da traqueia, por toda a sua circunferência. Esses anéis são conectados por inter-espacos de tecido conjuntivo. Além disso, a espessuras dos anéis podem variar, mas no geral são uniformes tanto na vista dorsal quanto ventral. Essa estrutura apresentou morfologia bastante conservada entre todas as espécies.

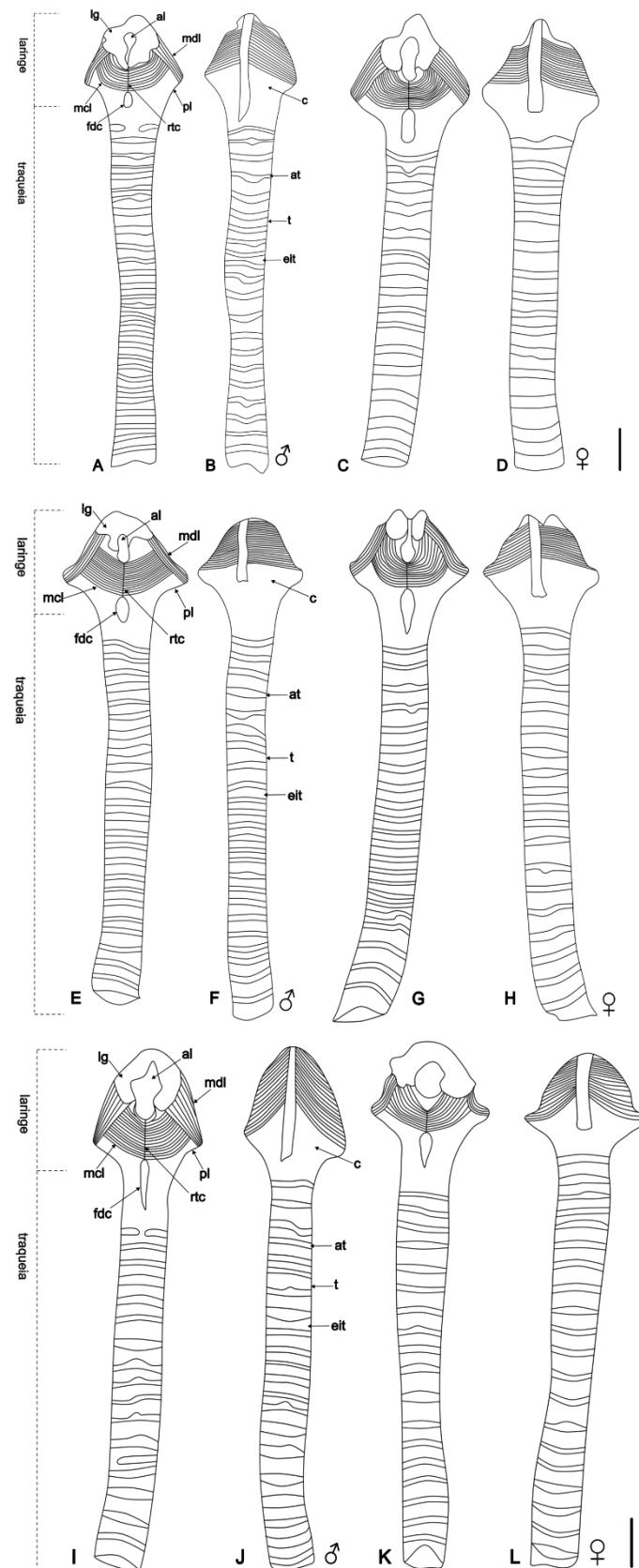


Figura 3: Desenhos esquemáticos da região laringotraqueal das espécies estudadas: um macho (A, B) (CHSAR 2226) e uma fêmea (C, D) (CHSAR 550) de *Hemidactylus*

agrius em vista dorsal (A, C) e ventral (B, D); um macho (E, F) (CHSAR 2461) e uma fêmea (G, H) (CHSAR 2461) de *Hemidactylus brasiliensis* em vista dorsal (E, G) e ventral (F, H); um macho (I, J) (INPA-H43598) e uma fêmea (K, L) (INPA-H43596) de *Hemidactylus palaichthys* em vista dorsal (I, K) e ventral (J, L). A saber: lg - lábio glotal, al - aditus-laringe, mdl - *m. dilator laryngis*, mcl - *m. constrictor laryngis*, rafe - rafe de tecido conjuntivo, fdc - fenestra dorsal da cricoide, pl - processo lateral, c - cricoide, at - anel traqueal, t - traqueia e eit - espaço inter-anel traqueal. Barra de escala = 1 mm.

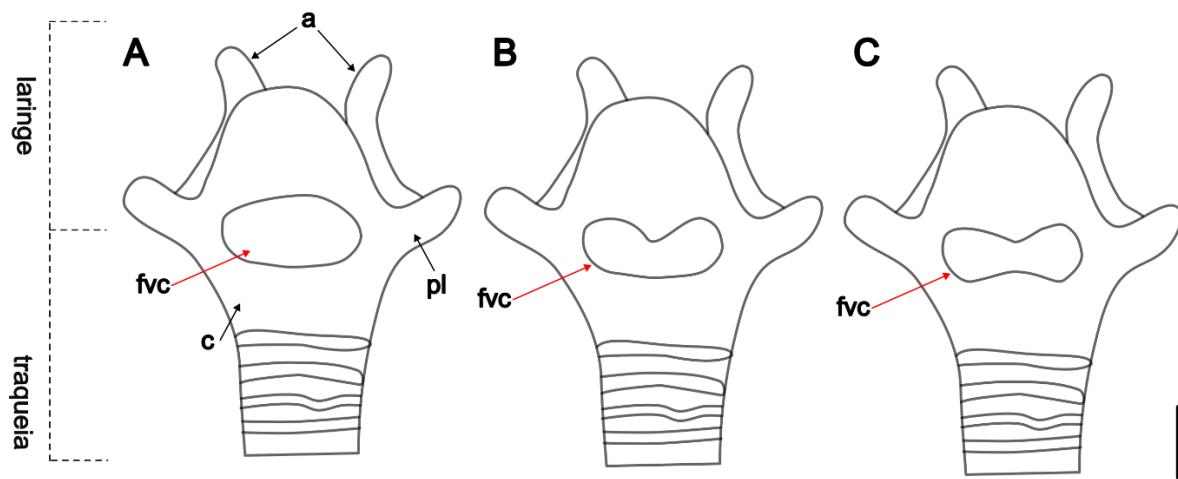


Figura 4. Desenhos esquemáticos do tipo de fenestra ventral da cricoide encontrados nos espécimes. A seta vermelha indica a estrutura que apresentou variação. A) fenestra elipsoidal transversal ampla (*Hemidactylus agrius*); B) fenestra elipsoidal transversal com um estreitamento medial anterior (*Hemidactylus brasiliensis*); C) fenestra elipsoidal transversal com um estreitamento medial anterior e posterior (*Hemidactylus palaichthys*). Siglas: a - aritenoides, fvc - fenestra ventral da cricoide, pl - processo lateral, c - cricoide. Barra de escala = 1 mm.

Musculatura associada. A laringe é recoberta por dois músculos, o *M. constrictor laryngis* e o *M. dilator laryngis*.

Musculus constrictor laryngis (MCL): Representa o músculo mais volumoso da laringe (Figura 3 e Figura 5), ele está presente sob a cartilagem cricoide, recobrindo grande parte da porção anterior e lateral, em suas faces dorsal e ventral. Ventralmente, este músculo se origina na rafe medial a partir do basihioide (formato de haste), suas duas metades com fibras musculares se orientando de forma oblíqua ao redor dos processos laterais para se inserir ventralmente ao *m. dilator laryngis* na linha media dorsal da cricoide, separados por uma rafe. Na parte ventral ele recobre a maior parte da cartilagem cricoide, se orientando anteromedialmente com fibras paralelas.

Em todas as espécies analisadas, foi observada variação intraespecífica na orientação das fibras musculares (Figura 5) em vista dorsal, de modo que essas fibras se dispõem em diagonal e diferem no grau de obliquidade e concavidade das fibras. O padrão denominado côncavo (Figura 5, A), apresenta uma curvatura mais aparente, com suas fibras se unindo na linha média dorsal. Já o padrão paralelo (Figura 5, B), exibe fibras mais retilíneas e oblíquas, que também se unem na linha média dorsal, mas com menor curvatura. Adicionalmente, todos os padrões foram observados em machos e fêmeas de todas as espécies, conforme descrito a seguir. Em *Hemidactylus agrius* foi possível observar na maioria das fêmeas o padrão paralelo (n=9; 81,82%), comparado ao padrão côncavo (n=2; 18,19%). Já em machos o padrão côncavo foi o mais presente para todos os indivíduos (n=7; 100%). *Hemidactylus brasilianus* em fêmeas foi possível observar o padrão côncavo (n=3; 50%) e o paralelo (n=3; 50%). Já em machos é nítido que o padrão côncavo foi o predominante (n=5; 83,33%), e menos comumente o padrão paralelo (n=1; 16,67%). Em *Hemidactylus palaichthys* o padrão paralelo em fêmeas foi predominante (n=3; 75%), sendo menos comumente o padrão côncavo (n=1; 25%). Em machos, um indivíduo (50%) com o padrão paralelo e o outro (50%) com fibras com o padrão côncavo.

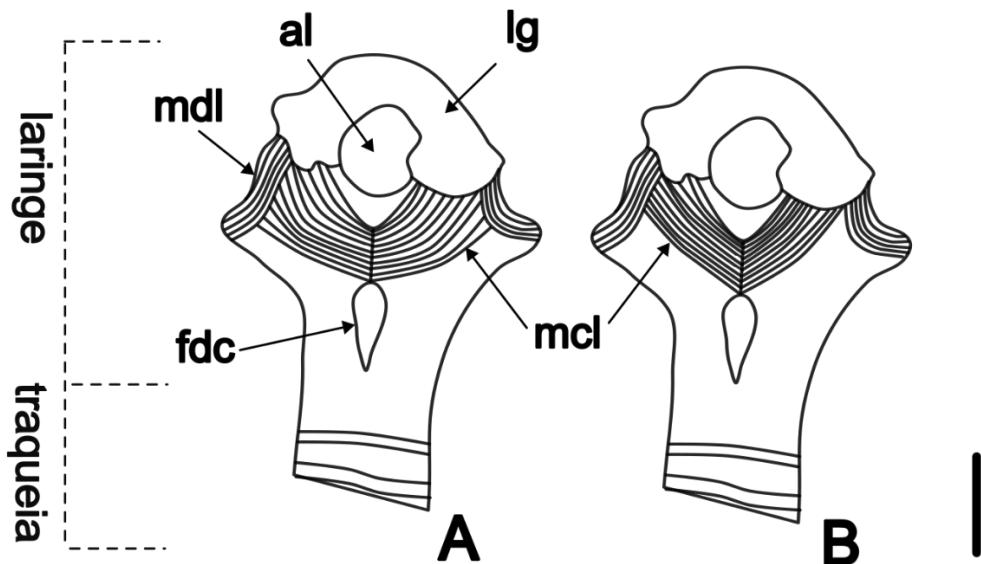


Figura 5: Desenho esquemático em relação a variação encontrada em vista dorsal das fibras do *m. constrictor laryngis*. A) representa o padrão côncavo, com fibras que apresentam uma curvatura mais aparente e que se unem na linha média dorsal. B) representa o padrão paralelo, com fibras que se dispõem de forma mais retilínea e oblíqua e se unem na linha média dorsal. Siglas: al – *aditus laryngis*; lg – lábio glotal; mdl - *m. dilator laryngis*; mcl - *m. constrictor laryngis*; fdc – fenestra dorsal da cricoide. Barra de escala = 1 mm.

A junção das fibras musculares na linha médio dorsal da cricoide (figura 6) em alguns espécimes de ambos os sexos se encontravam (A) imediatamente anteriormente à fenestra da cricoide, (B) anterior a fenestra com uma lacuna entre ambos ou (C) sobre à mesma. Em *H. agrius* as fêmeas apresentaram o padrão (B) ($n=10$; 90,9%) mais recorrente do que o padrão (C) ($n=1$; 9,09%). Em machos desta espécie, o padrão (B) ($n=4$; 57,14%) foi mais constante do que o padrão (A) ($n=3$; 42,8%). Em *H. brasiliianus* nas fêmeas o padrão (A) ($n=3$; 50%) foi o mais recorrente, seguido do padrão (C) ($n=2$; 33,33%) e por último o padrão (B) ($n=1$; 16,67%). Em machos o padrão predominante foi (A) ($n=4$; 66,67%), seguido do padrão (B) ($n=1$; 16,67%) e do padrão (C) ($n=1$; 16,67%). Em *H. palaichthys* as fêmeas apresentaram o padrão (A) ($n=2$; 50%) e o padrão (B) ($n=2$; 50%). Já nos machos, um indivíduo (50%) apresentou o padrão (B) e o outro (50%) apresentou o padrão (C).

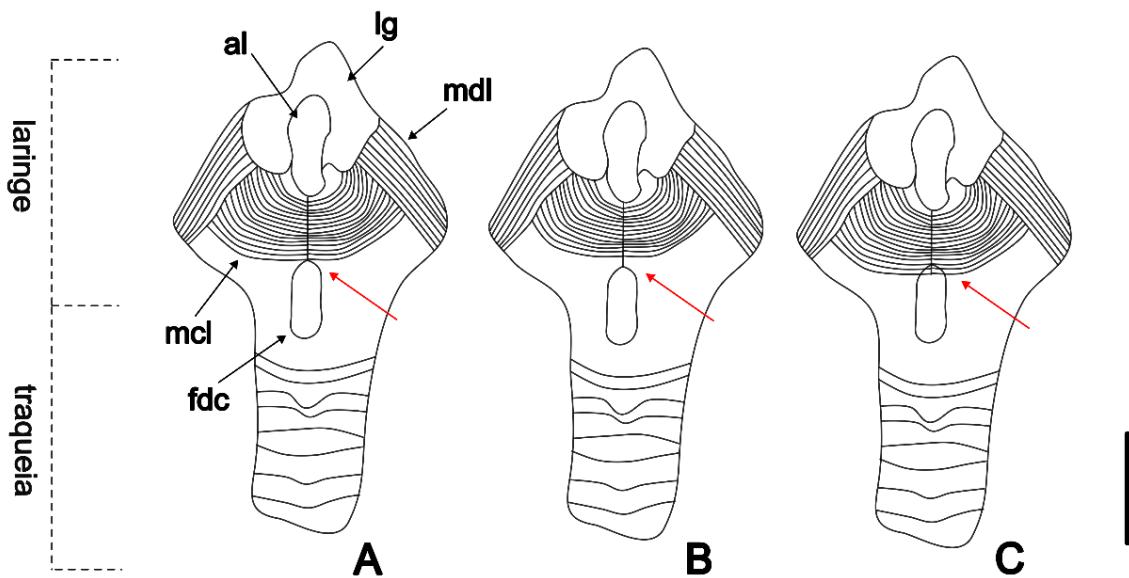


Figura 6: Legenda: Desenho esquemático em relação a variação observada da junção das fibras do *m. constrictor laryngis* (MCL) na linha média em vista dorsal dos padrões observados: (A) imediatamente anteriormente à fenestra da cricoide, (B) anterior a fenestra com uma lacuna entre ambos ou (C) sobre à mesma. A seta em vermelho indica o local de variação. Siglas: al – *aditus laryngis*; lg – lábio glotal; mdl - *m. dilator laryngis*; mcl - *m. constrictor laryngis*; fdc – fenestra dorsal da cricoide. Barra de escala: 1 mm.

Foi constatada variação intra- e interespecífica nos padrões de orientação das fibras musculares em vista ventral (Figura 7). As fibras do *m. constrictor laryngis* se orientam anteromedialmente com fibras paralelas, diferindo em relação a curvatura das fibras. No geral todas as fibras se apresentavam de forma oblíqua, podendo variar em: oblíquas e côncavas (Figura 7, A), oblíquas e convexas (Figura 7, B) ou oblíquas e retas (Figura 7, C). Em *Hemidactylus agrius* (n=18; 100%) o padrão observado foi obliquo e côncavo (Figura 7, A); *Hemidactylus brasilianus* (n=12; 100%) foi obliquo e convexa (Figura 7, B); Em *Hemidactylus palaichthus* (n=5; 83,33%) foi obliquo e convexa (Figura 7, B) e um indivíduo macho (n=1; 16,66%) foi obliquo e reto (Figura 7, C).

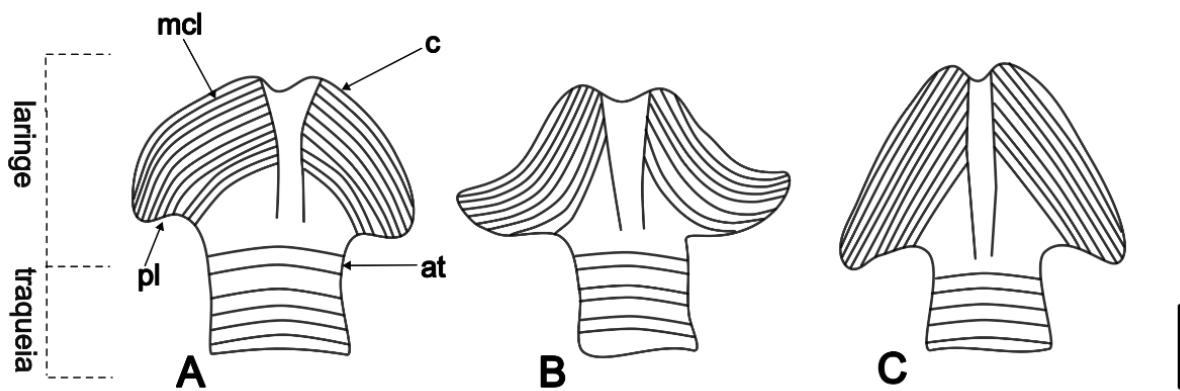


Figura 7: Desenho esquemático da região laringotraqueal mostrando os tipos padrão de orientação de fibras. A) fibras oblíquas e côncavas; B) fibras oblíquas e convexas; C) fibras oblíquas e retas. Siglas: mcl - *m. constrictor laryngis*; c – cricoide; pl – processos laterais; at- anel traqueal. Barra de escala: 1 mm.

Foi observada variação quanto ao tamanho relativo do *m. constrictor laryngis*, sendo possível classificá-lo em três categorias: grande, moderado e pequeno. Essa classificação foi com base no volume visual do músculo. Em *H. agrius* as fêmeas (n=10; 90,91%) apresentavam tamanho moderado, e menos comumente grande (n=1; 9,01%). Nos machos (n=7; 100%) o tamanho foi exclusivamente moderado. Em *H. brasiliensis*, as fêmeas apresentaram tamanhos moderado (n= 3; 50%), grande (n=2; 33,33%) e pequeno (n= 1; 16,67%). Em machos o tamanho moderado (n=5; 83,33%) foi mais comumente do que o tamanho pequeno (n= 1; 16,67%). Em *H. palaichthys*, as fêmeas apresentaram exclusivamente tamanho moderado (n=4; 100%) e os machos tamanho grande (n=2; 100%).

Musculus dilator laryngis (MDL): Visível em vista dorsal, tem sua origem nos processos laterais da cartilagem cricoide (Figura 3), com seus dois ventres de fibras musculares paralelas inserindo-se nas cartilagens aritenoides mais anteriormente, na *aditus laryngis*, ao redor da cartilagem cricoide. Em vista ventral recobrem apenas a parte mais lateral da cartilagem cricoide. Foi observada variação quanto ao tamanho relativo do *m. dilator laryngis*, sendo possível classificá-lo em duas categorias: moderado e pequeno. Essa classificação foi com base no volume visual do músculo. Em *H. agrius* as fêmeas apresentaram *m. dilator laryngis* moderado (n=7; 63,64%) e

pequeno (n=4; 36,36%), e similarmente machos apresentaram tamanho moderado (n=5; 71,42%) e pequeno (n=2; 28,57%). *H. brasilianus* as fêmeas apresentaram tamanho pequeno (n=4; 66,67%) e moderado (n=2; 33,33%), e similarmente os machos apresentaram tamanho pequeno (n=4; 66,67%) e moderado (n=2; 33,33%). *H. palaichthys* as fêmeas apresentaram tamanho pequeno (n=4; 100%) e os machos tamanho moderado (n=2; 100%).

Espécie	Sexo	Processo lateral		MCL dorsal			MCL ventral	MDL dorsal	Fenestra ventral
		Comprimento	Orientação das fibras	Junção dorsal média	Tamanho	Orientação das fibras			
<i>H. agrius</i>	F	Curto	Paralelo	Anterior com lacuna	Moderado	Oblíqua e côncava	Moderado		elipsoidal ampla
	M	Curto	Côncavo	Anterior com lacuna	Moderado	Oblíqua e côncava	Moderado		elipsoidal ampla
<i>H. brasiliensis</i>	F	Longo	Paralelo e Côncavo	Anterior a fenestra	Moderado	Oblíqua e convexa	Pequeno		elipsoidal com estreitamento anterior
	M	Longo	Côncavo	Anterior a fenestra	Moderado	Oblíqua e convexa	Pequeno		elipsoidal com estreitamento anterior
<i>H. palaichthys</i>	F	Curto	Convergente	Anterior a fenestra	Moderado	Oblíqua e convexa	Pequeno		elipsoidal com estreitamento anterior e posterior
	M	Curto	Paralelo e Côncavo	Anterior a fenestra e sobre a mesma	Grande	Oblíqua e convexa ou reta	Moderado		elipsoidal com estreitamento anterior e posterior

Tabela 1. Principais variações interespecíficas e intraespecíficas observadas nas espécies de *Hemidactylus* estudadas. As espécies estão separadas por sexo (F – fêmea; M – macho). A tabela inclui o tipo do comprimento do processo lateral da cricoide; característica do *m. constrictor laryngis* (MCL): orientação das fibras junção e tamanho; tamanho *m. dilator laryngis* (MDL) e o formato da fenestra ventral da cricoide.

Descrição histológica

A anatomia macroscópica da laringe e da traqueia (Figura 8 e 9) das três espécies de *Hemidactylus* analisadas é muito semelhante e não foi constatada variação inter- ou intraespecífica na histologia da laringe e traqueia, tampouco de cunho sexual (Figura 8) (n=17; *H. agrius* 8, *H. brasiliensis* 6, *H. palaichthys* 3). Foram utilizadas seções de cortes longitudinais de cada uma das espécies para obter detalhes morfológicos e a estrutura dos lábios da glote, das cartilagens cricoide, aritenoides e da traqueia, dos ligamentos aritenoides-cricoides e da presença ou ausência das cordas vocais.

Lábios da glote. Apresentam uma aparência lobular, compostos pelo epitélio de transição com porções de tecido conjuntivo frouxo (Figura 8 A, B e C). Na matriz de tecido conjuntivo estão presentes fibras de colágeno. A mucosa respiratória da laringe passa por algumas mudanças estruturais ao longo dos lábios da glote até a traqueia.

Cartilagens Cricoide, Aritenoides e Traqueia. As cartilagens aritenoides e a cricoide (Figura 9) são compostas tecido conjuntivo cartilaginoso, a cartilagem presente é a hialina, com células em formato cilíndrico espaçadas pela matriz celular presente entre elas. A traqueia (Figura 8, D) é composta em sua maioria também pela cartilagem hialina presente nos anéis traqueais, em sua extremidade a cartilagem é revestida por uma camada de tecido conjuntivo chamada de pericôndrio. O lúmen da traqueia é revestido pela mucosa respiratória - epitélio simples ou estratificado colunar ciliado.

Ligamento aritenoide-cricoide. As cartilagens são conectadas pelo ligamento aritenoide-cricoide (Figura 9, B, D e F) composto por tecido conjuntivo denso, apresentando fibras de colágeno.

Cordas Vocais. A laringe é revestida internamente por dois epitélios, o epitélio estratificado colunar (Figura 9, A, C e E) que é onde estão localizadas as cordas vocais. Esse epitélio está presente entre as cartilagens aritenoides e cricoide.

Podendo ocorrer antes e sobre as cordas vocais. Abaixo desse epitélio é onde estão localizadas as cordas vocais, compostas de tecido conjuntivo frouxo (Figura 9, A, C e E) com fibras de colágeno. O outro epitélio presente é o epitélio simples ou estratificado colunar ciliado (mucosa respiratória) que recobre o restante do lúmen da laringe e da traqueia.

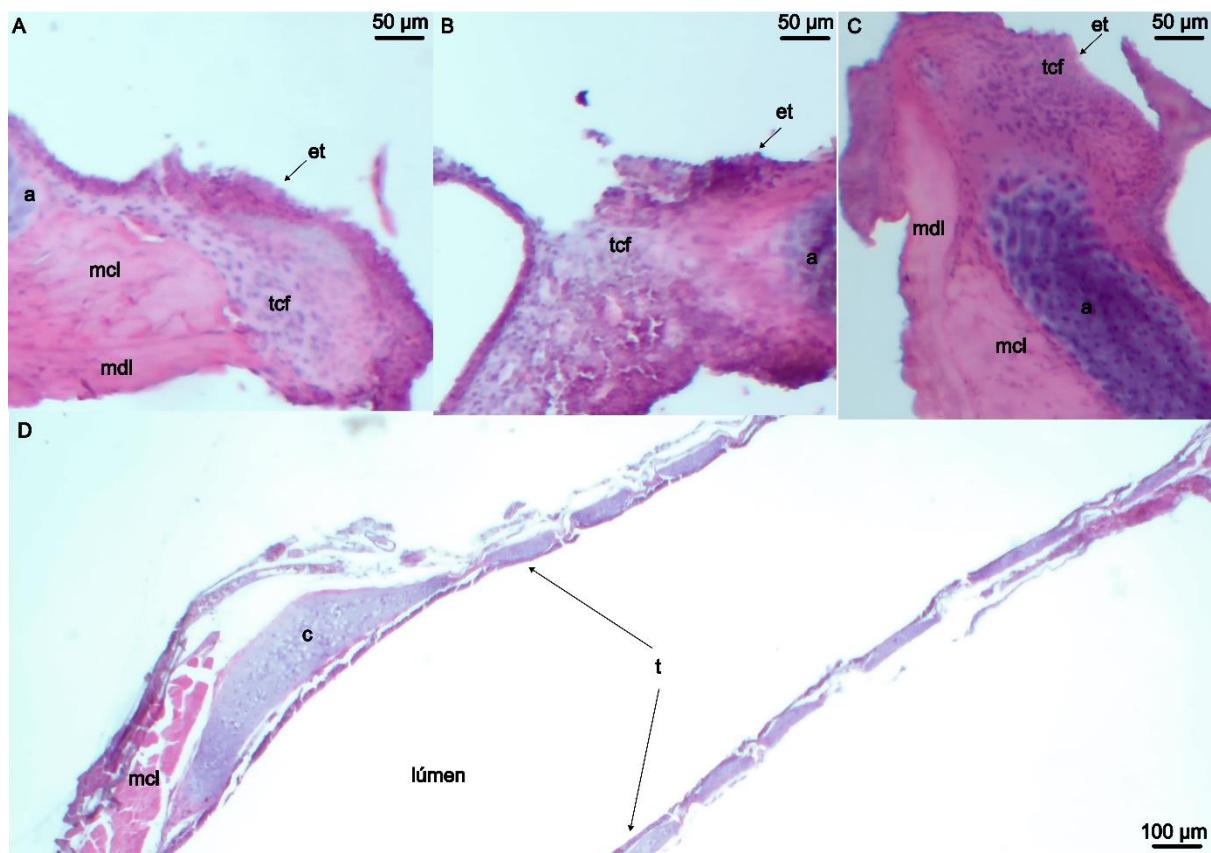


Figura 8. Cortes histológicos longitudinais da laringe, com foco em mostrar a composição do lábio glótico, e a traqueia das espécies estudadas. *Hemidactylus brasilianus* (CHRPO5460) (A e D); *Hemidactylus palaichthys* (INPA-H43596) (B); *Hemidactylus agrius* (CHSAR2229) (C). Siglas: mcl – *m. constrictor laryngis*; mdl – *m. dilator laryngis*; a – aritenoide; tcf – tecido conjuntivo frouxo; et – epitélio de transição; t - traqueia. Tipo de coloração: Hematoxilina & Eosina (A, B, C, D).

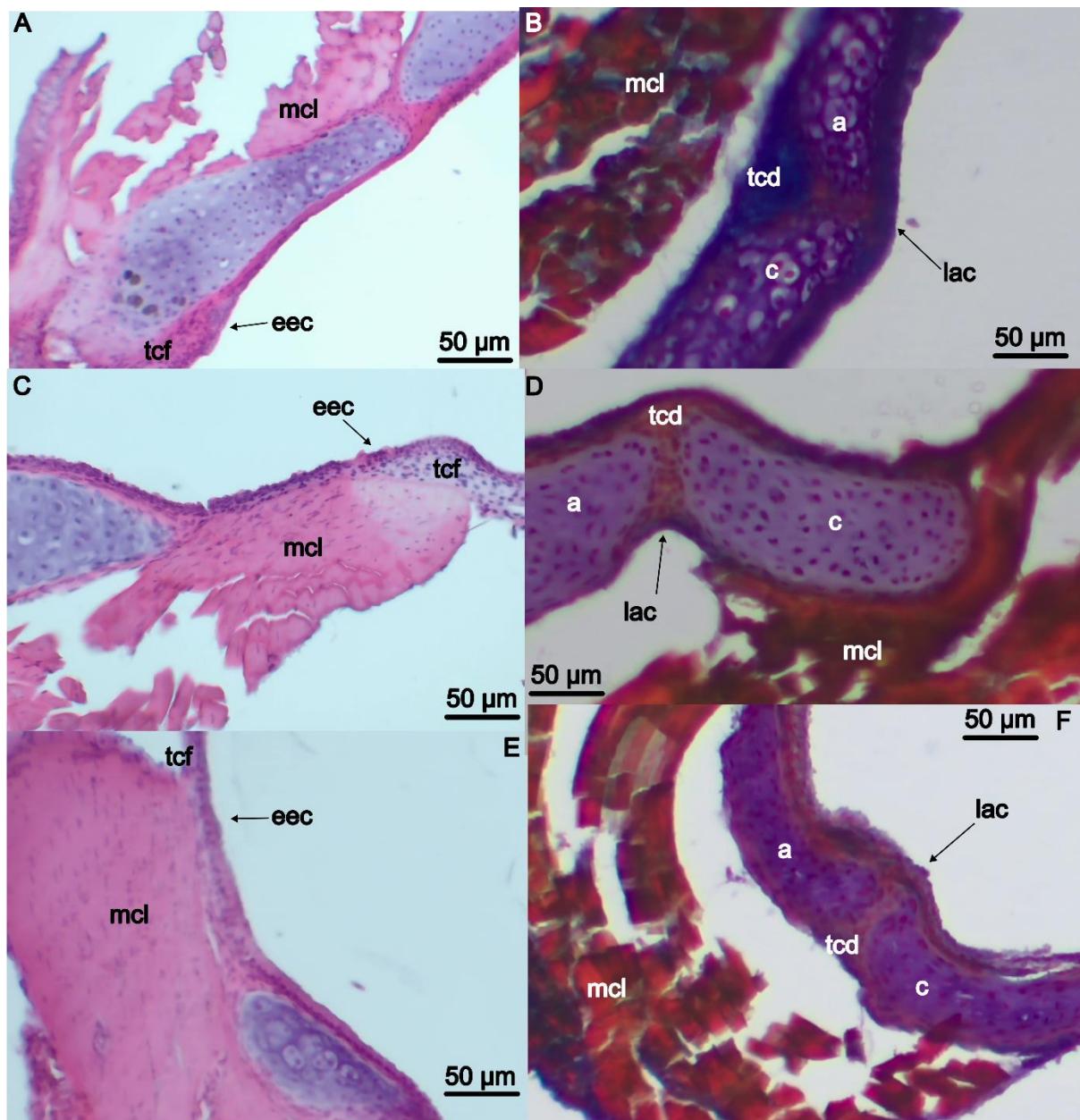


Figura 9. Cortes histológicos longitudinais da laringe das espécies estudadas. *Hemidactylus agrius* (CHSAR2228 e CHSAR2229) (A e B); *Hemidactylus brasilianus* (CHRPO5460 e CHSAR2461 (C e D); *Hemidactylus palaichththus* (INPA-H43596 e INPA-H43597) (E e F); as regiões com coloração amarelada nas imagens (B, D e F) são indícios da possível presença de fibras elásticas junto as fibras colágenas em coloração azulada. Siglas: mcl – *m. constrictor laryngis*; c – cricoide; a – aritenoide; tcd – tecido conjuntivo denso; tcf – tecido conjuntivo frouxo; eec – epitélio estratificado colunar; lar – ligamento aritenoide-cricoide. Tipo de coloração: Hematoxilina & Eosina (A, C, E) e coloração Tricrômica de Mallory (B, D, F).

Comparação entre espécies

Houve diferenças no comprimento rostro-cloacal (CRC) entre as espécies estudadas (ANOVA – $F_{2,27}=8,29$; $P<0,01$; Figura 10, A), sendo *H. brasiliensis* a espécie de menor tamanho corpóreo, não havendo diferenças entre *H. agrius* e *H. palaichthys* (post-hoc Tukey - $P=0,40$; Figura 10, A). O comprimento rostro-aditus (CRA) foi positivamente relacionado ao CRC (GLM - $t = 5,11$; $P<0,01$; Tabela 2, Figura 10, B). De modo geral o CRA não diferiu entre as espécies (GLM - $P>0,05$; Tabela 2, Figura 10, B), nem houve dimorfismo sexual no CRA (GLM - $t = 0,30$; $P= 0,78$; Tabela 2, Figura 10, B).

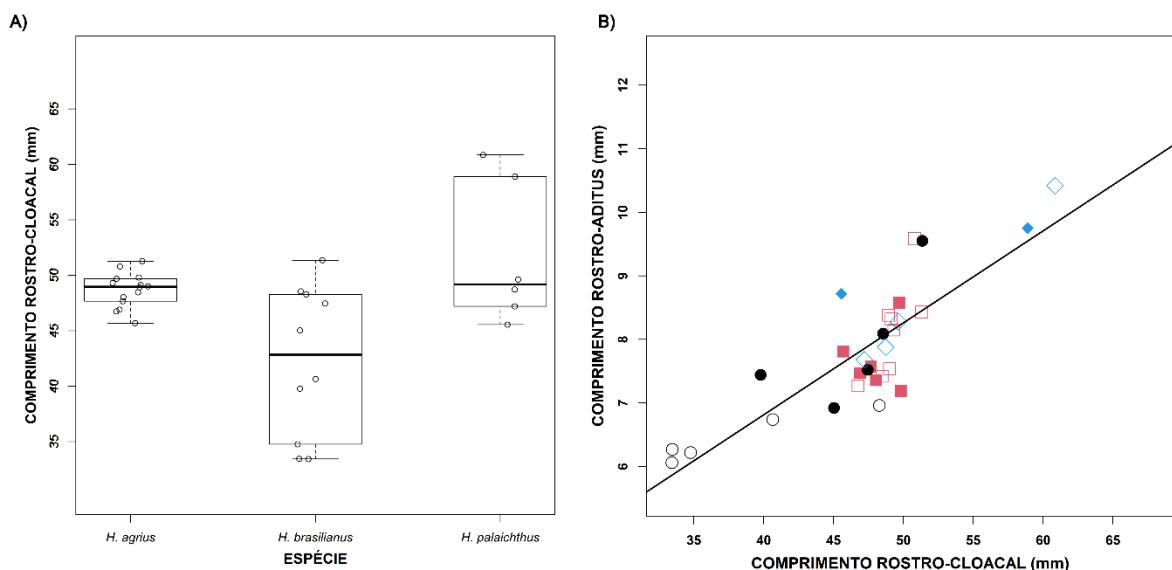


Figura 10. Gráfico (A) Boxplot do tamanho corporal (CRC) em milímetros para as três espécies de *Hemidactylus* analisadas, com base na ANOVA ($F_{2,27}=8,29$; $P<0,01$). (B) Gráfico de dispersão mostra a relação entre o comprimento rostro-aditus (CRA) e comprimento rostro-cloacal (CRC) para as espécies de *Hemidactylus*. Cada ponto representa um indivíduo, o formato do ponto indica a espécie (*H. brasiliensis* = círculo; *H. agrius* = quadrado, *H. palaichthys* = losango) e o preenchimento indica o sexo (pontos preenchidos = machos; não preenchidos = fêmeas).

O comprimento dorsal da laringe (CDL) não foi influenciado pelo CRC (GLM - $t = 1,40$; $P=0,17$; Tabela 2, Figura 11, A), assim como também não diferiu entre as espécies ($P>0,05$; Tabela 2, Figura 11, A), nem houve dimorfismo sexual do CDL

(GLM - $t = 2,50$; $P= 0,02$; Tabela 2, Figura 11, A). O comprimento ventral da laringe (CVL) foi influenciado pelo CRC (GLM - $t = 2,73$; $P=0,01$; Tabela 2, Figura 11, B) e diferiu entre as espécies ($P<0,05$; Tabela 2, Figura 11, B), com diferenças significativas entre *H. brasilianus* e *H. agrius* (GLM - $t = 2,27$; $P=0,03$), e entre *H. brasilianus* e *H. palaichthys* (GLM - $t = -2,21$; $P=0,03$). Não houve dimorfismo sexual do CVL (GLM - $t = 1,17$; $P=0,25$; Tabela 2, Figura 11, B).

O comprimento do lábio glotal (CLG) não foi influenciado pelo CRC (GLM - $t = 0,31$; $P=0,76$; Tabela 2, Figura 11, C), nem diferiu entre as espécies ($P>0,05$; Tabela 2, Figura 11, C). Houve dimorfismo sexual do CLG (GLM - $t = 3,82$; $P<0,01$; Tabela 2, Figura 11, C), com machos tendo CLG maior que as fêmeas, para todas as espécies. A distância do processo lateral ao lábio glotal (DPLLG) não foi influenciada pelo CRC (GLM - $t = 1,17$; $P=0,25$; Tabela 2, Figura 11, D), nem diferiu entre as espécies ($P>0,05$; Tabela 2, Figura 11, D). Houve dimorfismo sexual do DPLLG (GLM - $t = 3,44$; $P<0,01$; Tabela 2, Figura 11, D), com machos tendo DPLLG maior que as fêmeas, para todas as espécies.

A largura da laringe (LL) não foi influenciada pelo CRC (GLM - $t = 1,36$; $P=0,18$; Tabela 2, Figura 11, E), nem diferiu entre as espécies ($P>0,05$; Tabela Y, Figura 11, E) nem entre os sexos (GLM - $t = 2,58$; $P=0,02$; Tabela 2, Figura 11, E). A largura da traqueia (LT) não foi influenciada pelo CRC (GLM - $t = 0,13$; $P=0,89$; Tabela 2, Figura 11, F), nem diferiu entre as espécies ($P>0,05$; Tabela 2, Figura 11, F). Houve dimorfismo sexual do LT (GLM - $t = 3,20$; $P<0,01$; Tabela 2, Figura 11, F), com machos tendo LT maior que as fêmeas, para todas as espécies.

Medida	Condição analisada	Valor de <i>t</i>	Valor de <i>P</i>
	Influência do CRC	5,11	<0,01
CRA	Diferença entre as espécies		>0,05
	Dimorfismo sexual	0,30	0,78
CDL	Influência do CRC	1,40	0,17
	Diferença entre as espécies		>0,05
	Dimorfismo sexual	2,50	0,02

	Influência do CRC	-2,73	0,01
CVL	Diferença entre as espécies		<0,05
	Dimorfismo sexual	1,17	0,25
	Influência do CRC	0,31	0,76
CLG	Diferença entre as espécies		>0,05
	Dimorfismo sexual	3,82	<0,01
	Influência do CRC	0,31	0,76
DPLLG	Diferença entre as espécies		>0,05
	Dimorfismo sexual	3,44	<0,01
	Influência do CRC	1,36	0,18
LL	Diferença entre as espécies		>0,05
	Dimorfismo sexual	2,58	0,02
	Influência do CRC	0,13	0,89
LT	Diferença entre as espécies		>0,05
	Dimorfismo sexual	3,2	<0,01

Tabela 2. Resultados dos modelos lineares generalizados (GLM) aplicados às variáveis morfométricas analisadas. A tabela apresenta, para cada medida, a condição testada, bem como os respectivos valores de *t* e *P*. Siglas: CRA - comprimento rostro-aditus; CDL - comprimento dorsal da laringe; CVL – comprimento ventral da laringe; CLG – comprimento lábio glotal; DPLLG – distância do processo lateral lábio glotal; LL – largura da laringe; LT – largura da traqueia.

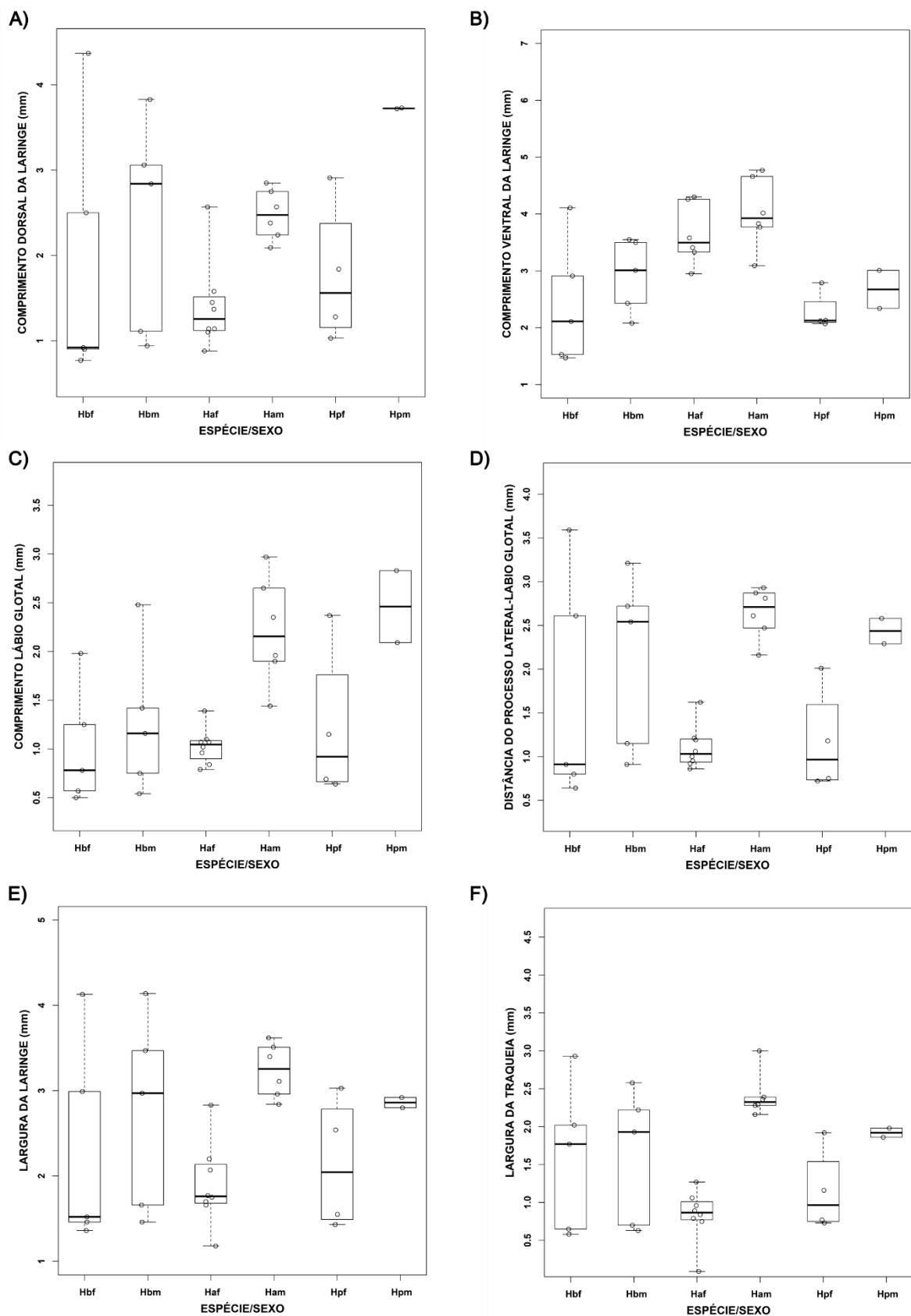


Figura 11. Gráficos boxplots das medidas laringotraqueais entre espécies de *Hemidactylus*, com separação por sexo. Os pontos representam os valores individuais

amostrados, enquanto os boxplots indicam a mediana e os quartis de cada grupo. O eixo X representa as espécies, com separação por sexo, e o eixo Y corresponde à medida em milímetros. Os dados apresentados foram utilizados nas análises estatísticas com modelos lineares generalizados (GLMs). Gráfico A) comprimento dorsal da laringe (CDL); gráfico B) comprimento ventral da laringe (CVL); gráfico C) comprimento do lábio glotal (CLG); gráfico D) distância do processo lateral da cricoide ao lábio glotal (DPLLG); gráfico E) largura da laringe (LL); e gráfico F) largura da traqueia (LT). Siglas: Hbf – *H. brasilianus* fêmea; Hbm – *H. brasilianus* macho; Haf – *H. agrius* fêmea; Ham - *H. agrius* macho; Hpf – *H. palaichthys* fêmea; Hpm – *H. palaichthys* macho.

Discussão

Neste estudo fornecemos a primeira descrição detalhada e comparada da região laringotraqueal para representantes do gênero *Hemidactylus*. Com base em nossos resultados a morfologia macroscópica da região laringotraqueal para as três espécies descritas é bastante semelhante a outros representantes do gênero com descrições disponíveis. Mahendra (1974) fornece uma descrição detalhada de *Hemidactylus flaviviridis* e Rohtla et al (2019) de *Hemidactylus turcicus*, onde a laringe é sustentada por uma cartilagem cricoide em formato de anel, que lateralmente se projeta dois processos laterais, e um par de aritenoides fundidos a parte anterodorsal da cricoide em ambos os lados, que se articulam com as porções dorsolaterais da cricoide são característicos do gênero em questão. A traqueia é sustentada por anéis de cartilagem ao longo de toda sua extensão. Esse padrão geral da região laringotraqueal também foi encontrada para outros representantes de Gekkota (eg *Pachydactylus bibronii*; *Afroedura pondolia*;) (Moore et al, 1991; Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000; Russell et al, 2014), indicando que a morfologia geral desta região é bastante conservada nesta linhagem.

Apesar da morfologia da cricoide ser conservada nas espécies de *Hemidactylus*, foi possível identificar variações macroscópicas no comprimento dos processos laterais, na fenestra ventral e nos músculos associados a laringe. Os processos laterais se apresentaram morfologicamente muito semelhantes, se orientando lateralmente com variação no comprimento, com *H. agrius* e *H. palaichthys*,

possuindo processos mais curtos do que *H. brasiliensis*, que por sua vez apresentou processos mais longos. Não parece existir uma correlação entre o formato da cricoide e a orientação da projeção desses processos. Essa variação em relação aos processos já foi documentada para Gekkota (Russell et al, 2000).

Nas espécies examinadas de *Hemidactylus*, a fenestra dorsal apresentou um formato elipsoidal longitudinal, recoberta de tecido conjuntivo, bem evidente e delimitada. Esta estrutura apresentou ampla variação tanto inter- quanto intraespecífica, podendo ser grande e evidente ou reduzida. Já a fenestra ventral da cricoide apresentou um formato geral elipsoidal transversal, com variações interespecíficas muito sutis. Estudos prévios (e.g. Moore et al, 1991; Russell et al, 2000) indicaram que as fenestras na cartilagem cricoide estão relacionadas com o grau de fusão entre a cricoide e os anéis traqueais anteriores que certos táxons de Gekkota podem apresentar, podendo variar amplamente entre espécie e até mesmo indivíduos. Desta maneira, o grau de variação encontrado para as espécies examinadas está em consonância com o padrão esperado para Gekkota, com esta variabilidade ocorrendo tanto intra- quanto interespecíficamente.

As cartilagens aritenoides em *Hemidactylus* não apresentaram variação, mantendo o padrão geral de Gekkota, localizando-se na porção anterior da laringe, e estendendo um pouco além dos lábios glóticos nas laterais e contíguas a cartilagem cricoide, conforme foi descrito para *H. turcicus* (Rohtla et al, 2019). As aritenoides de *H. flaviviridis* e *H. garnotii* se assemelham em sua inserção e orientação, se articulando com as porções dorsolaterais da cricoide para sustentar o lábio glótico (Mahendra, 1947). Embora não tenham sido analisadas em detalhes, o formato simples e vertical que a cartilagem cricoide apresenta sugere, com base na literatura (Russell et al, 2000), que as aritenoides apresentem o tipo reto, em formato de bastonete, dado que essa morfologia está associada a cricoides mais simples. Entre as aritenoides, se apresenta um sulco, o *aditus laryngis*, que manteve extensão uniforme entre as espécies.

A traqueia não apresentou variações significativas, se estendendo posteriormente a laringe com anéis traqueais em formato retangular arredondado nas pontas, sendo uniformes em espessura e porções membranosas, chamadas interespaços, ao longo de toda sua extensão. Isso se assemelha ao que já foi descrito

para *H. flaviviridis* e *H. turcicus* (Mahendra, 1947; Rohtla et al, 2019) assim como para outros representantes de Gekkota (Russell et al, 2000). De modo geral, a variação encontrada na região traqueal se deu em virtude de distintas espessuras dos anéis, não havendo qualquer padrão evidente que indicasse uma possível variação oriunda de dimorfismo sexual. O dimorfismo sexual relatado na literatura sobre a traqueia está relacionado a estrutura dos anéis traqueais, sendo fusionados ou ramificados onde fêmeas são mais variáveis (Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000). A estrutura geral da traqueia parece estar relacionada com a capacidade de produção de sons mais altos, como no gênero *Ptenopus* e *Uroplatus*, que possuem uma capacidade de dilatação traqueal que beneficia mais armazenamento de ar e a produção de sons mais altos, além disso essas membranas que separam os anéis traqueais estão relacionadas a capacidade de vibração, que podem ser amplificadas pela laringe e pela cavidade oral (Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998). Em *Hemidactylus* essa dilatação está ausente e a traqueia possui uma circunferência uniforme ao longo de todo seu comprimento e largura, o que indica que a produção sonora possa não ser tão alta quanto a dos gêneros supracitados.

A musculatura associada à laringe é responsável pela movimentação das cartilagens aritenoides em relação a cricoide, de modo que a contração do *m. dilator laryngis* faz as aritenoides girarem posteriormente e lateralmente de modo a permitir que a abertura da glote (*aditus laryngis*) seja ampliada; já o *m. constrictor laryngis* contrai as aritenoides aumentando o ângulo entre elas e a cricoide, além de ser responsável por aproximar as faixas de elastina presentes na submucosa respiratória da laringe (cordas vocais) (Moore et al, 1991; Russell et al, 2000). Gêneros como *Ptenopus* e *Uroplatus* possuem o *m. dilator* mais robusto que o *m. constrictor*, e são conhecidas por vocalizarem mais alto (Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998). A associação de uma musculatura mais robusta está relacionada a capacidade emitir sons mais altos, mesmo que *Hemidactylus* não apresenta uma musculatura assim, é registrado que são capazes de produzir diferentes tipos de chamados (Mahendra, 1947; Marcellini, 1974 e 1997; Frankenberg, 1982; Regalado, 2003; Passos & Wachlevski, 2019).

Em relação a musculatura associada nas espécies de *Hemidactylus* examinadas, foi possível observar algumas variações. Os locais de origem e inserção muscular,

com o *m. dilator laryngis* se originando no processo lateral e se inserindo na aritenoide, como o *m. constrictor laryngis* se originando no basihioide (ventral) e se inserido na linha media dorsal da cricoide, esse padrão descrito segue para a grande maioria de espécies de Gekkota incluindo o gênero *Hemidactylus* (Moore et al 1991; Mahendra 1947; Rittenhouse et al, 1998; Rohtla et al, 2019; Russell et al, 2000), apesar de em alguns gênero – e.g. *Uroplatus* – esta anatomia se apresentar distinta dos demais táxons. Desses dois músculos, apenas o *m. constrictor laryngis* apresentou variações conspícuas no presente estudo. Esse músculo apresentou um tamanho moderado, em relação ao *m. dilator laryngis*, na maioria das espécies sem distinção sexual, embora em *H. palaichthus* tenha sido constatada uma diferença sexual com fêmeas com tamanho moderado e machos com tamanho grande. No entanto, tendo em vista que a amostragem de machos para essa espécie foi muito pequena, estudos futuros são necessários para confirmar se a variação encontrada reflete uma variação de cunho sexual, ou se representa uma variação intraespecífica presente em ambos os sexos.

De acordo com os resultados encontrados, as fibras do *m. constrictor laryngis* podem ocorrer de forma diagonal, e as sutis diferenças estão em relação ao grau de obliquidade e curvatura. Em *H. agrius* a maioria das fêmeas apresentou fibras mais retilíneas e oblíquas com menor curvatura (aqui denominado padrão paralelo), já os machos apresentam fibras côncavas (aqui denominado padrão côncavo). *Hemidactylus brasiliensis* e *H. palaichthus*, apresentam a presença dos dois tipos de fibras em indivíduos do mesmo sexo, sem uma distinção clara. Embora, machos de *H. brasiliensis* apresentarem exclusivamente o padrão côncavo e em fêmeas de *H. palaichthus* apresentarem exclusivamente o padrão paralelo. Considerando o conjunto de espécies analisadas, o padrão paralelo ocorreu muito mais em fêmeas e o padrão côncavo em machos. Isso pode sugerir que determinado padrão esteja associado ao sexo, de modo que *H. agrius* é a espécie que deixa essa variabilidade mais evidente. A presença de dimorfismo sexual no *m. constrictor laryngis* já foi relatada para algumas espécies (eg. *Colopus wahlbergi*, *Homopholis wahlbergi*, *Palmatogecko rangei*, *Paragehyra gabriellae*, *Paroedura stumpffi*, *Phelsuma madagascariensis*, *Pachydactylus bibronii* e *Ptenopus garrulus*), entretanto apenas a variação ventral apresentou diferenças significativas (Russell et al, 2000). Desta

forma, este representa o primeiro estudo o a relatar uma diferença de cunho sexual relevante do *m. constrictor laryngis* em sua porção dorsal.

As fibras musculares do *m. constrictor laryngis* convergem para se juntar na linha media dorsal da cricoide se inserindo em uma rafe. Essa junção apresentou certa variação interespecífica, de modo que em *H. agrius* a junção ocorria anterior a fenestra com uma lacuna entre ambas, em *H. brasiliensis* a junção era imediatamente anterior à fenestra e *H. palaichthys* apresentou todas as variações sem uma distinção aparente. Tendo em vista que tais variações foram encontradas em ambos os sexos, não foi possível relacionar essa diferença a um dimorfismo sexual. A literatura descreve variações sobre a convergência ou não das fibras na linha média dorsal da cricoide, que podem estar separadas em algumas espécies, enquanto em outras se inserem em uma rafe comum de tecido conjuntivo ou se entrelaçam (Russell et al, 2000). Desse modo também reportamos pela primeira vez uma variação entre a junção das fibras na linha média dorsal e a fenestra da cricoide. No entanto, estudos futuros são necessários para compreender uma possível relação entre produção e modulação de sons e a variabilidade aqui descrita para as espécies.

Na vista ventral, a orientação das fibras do *m. constrictor laryngis* apresenta consistência dentro de cada espécie. Todas se orientam anteromedialmente com fibras paralelas, e a diferença sutil observada é em relação a curvatura das fibras. Em *H. agrius* as fibras são oblíquas e côncavas, em *H. brasiliensis* e *H. palaichthys* as fibras são oblíquas e convexas, embora um macho de *H. palaichthys* tenha apresentado um padrão totalmente diferente com fibras oblíquas e retas. Não foi possível notar uma correlação entre a orientação das fibras e o sexo. A variação encontrada no *m. constrictor laryngis* ventralmente já foi relatada para várias espécies de Gekkota (eg. *Colopus wahlbergi*, *Homopholis wahlbergi*, *Palmatogecko rangei*, *Paragehyra gabriellae*, *Paroedura stumpffi*, *Phelsuma madagascariensis*, *Pachydactylus bibronii* e *Ptenopus garrulus*), onde a orientação ventral das fibras musculares exibe diferenças evidentes associadas ao sexo, mas sem um padrão consistente ou comum a todas as espécies (Russell et al, 2000). Apesar das razões evolutivas ou funcionais não estarem claras a partir deste estudo, estudos futuros devem considerar esta variação como uma possível característica relevante em termos sistemáticos e/ou acústicos.

O *m. dilator laryngis* variou ligeiramente quanto ao seu tamanho relativo, entre moderado e pequeno, em comparação ao *m. constrictor laryngis*. De modo geral o tamanho moderado foi mais recorrente para *H. agrius* em ambos os sexos. Em *H. brasiliensis* e *H. palaichthys* o tamanho pequeno foi o mais presente, embora *H. palaichthys* o tamanho pequeno foi exclusivo de fêmeas enquanto o tamanho moderado foi de machos. O número amostral de *H. palaichthys* foi consideravelmente baixo, limitando a detecção clara de variação sexual nessa espécie. O que foi observado em *Hemidactylus* condiz com a literatura que aborda que as principais variações desse músculo estão na orientação das fibras musculares e em relação ao seu tamanho comparado ao *m. constrictor laryngis* (Russell et al, 2000). A maior robustez que este músculo pode exibir contribui para uma vocalização de maior intensidade (alta), uma característica que gêneros como *Ptenopus* e *Uroplatus* apresentam (Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998).

Em termos de variação na composição microscópica da laringe, foi observado que em representantes de *Hemidactylus* examinados apresentam uma morfologia semelhante ao encontrado na literatura para representantes de Gekkota, a saber: os lábios glóticos apresentam um epitélio transicional (Moore et al, 1991; Rittenhouse et al, 1997; Russell & Bauer, 2020) que exibe uma quantidade moderada ou pequena de tecido conjuntivo frouxo (Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000). As fibras elásticas podem ou não estar presentes nos lábios, e, quando presentes, podem apresentar uma orientação ou serem aleatórias (Moore et al, 1991; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000). O ligamento aritenoide-cricoide conecta as cartilagens aritenoides a cartilagem cricoide sendo composto tecido conjuntivo denso com fibras de colágeno e elásticas (Moore et al, 1991; Russell et al., 2000). De acordo com dados de outras linhagens (Russel et al 2000), esse ligamento pode variar quanto sua largura e extensão, podendo ser restrito a articulação aritenoide-cricoide ou mais extenso. Para *Hemidactylus*, nos lábios glóticos foi nítido observar o epitélio transicional com quantidade moderada de tecido conjuntivo frouxo e fibras colágenas. Já o ligamento nessas espécies parece estar restrito a articulação aritenoide-cricoide, onde a concentração de fibras colágenas era aparente.

Embora não tenha sido viável a observação da presença de fibras elásticas por conta do tido de coloração utilizada nas lâminas histológicas a coloração Tricômica de

Mallory pode evidenciar em amarelo áreas que apresentem fibras elásticas, o que esteve evidente no ligamento aritenoide-cricoide. Além disso fibras de colágeno, na laringe, podem estar associadas a fibras elásticas. A literatura não indica se existe algum tipo de dimorfismo sexual em relação a composição das cordas vocais em representantes de Gekkota (Russell et al, 2000). Adicionalmente, estudos prévios indicam que o epitélio antes das cordas vocais é colunar estratificado, enquanto as cordas vocais em si são compostas de tecido conjuntivo frouxo derivado da submucosa e contém proporções aproximadamente iguais de fibras colágeno e elastina dispostas em várias orientações (Moore et al. 1991).

Em *Hemidactylus* está evidente um epitélio colunar estratificado bem evidenciado, assim como um tecido conjuntivo frouxo com fibras de colágeno ventral ao primeiro, indicando a presença das cordas vocais nos exemplares examinados. Adicionalmente, as cordas possuem - além das fibras colágenas - feixes de fibras elásticas (Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000; Russell & Bauer, 2020). O epitélio identificado nos exemplares de *Hemidactylus* está em posição equivalente à que as cordas vocais estão presentes – i.e, entre a cartilagem aritenoide e a cricoide (Russell & Bauer, 2020). Mas infelizmente mesmo apresentando o mesmo epitélio mencionado não é possível inferir se as fibras elásticas estão presentes juntamente as fibras de colágeno observadas. Tal característica é a que diferencia a presença de cordas vocais verdadeiras em diversos outros taxas de Gekkota (Moore et al, 1991; Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000; Russell & Bauer, 2020).

Em Gekkota, as cordas vocais também podem aparecer como pregas suaves no lúmen da laringe de muitas espécies destes representantes, podendo estar associadas aos ligamentos aritenoide-cricoide complementando ou até substituindo as verdadeiras cordas vocais em outras espécies (Russell et al, 2000), como ocorre em *H. flaviviridis*, onde as cordas vocais presentes são caracterizadas pela presença de pregas horizontais proeminentes do revestimento da laringe (Mahendra, 1947). A visualização de pregas nas espécies de *Hemidactylus* aqui examinadas não foi possível, de modo que estudos futuros devem focar na identificação de tal estrutura. Outra variação encontrada em representantes de *Hemidactylus* inclui as diversas peculiaridades anatômicas de *H. garnotii*, onde cordas vocais estão ausentes, mas a

vibração do ligamento aritenoide-cricoide é capaz de produzir sons (Mahendra 1947). Nas espécies estudadas o epitélio da corda vocal, seu tecido conjuntivo frouxo mais o ligamento aritenoide-cricoide são indícios de que a vocalização nesses animais pode ocorrer por essas estruturas, só não é possível afirmar se essa vocalização é verdadeira pois as fibras elásticas não foram possíveis de observar por conta da coloração não ser específica para fibras elásticas.

As espécies estudadas diferiram em seu tamanho corporal (CRC), exceto entre *H. agrius* e *H. palaichthus* que tem dimensões corpóreas similares. Dessa forma, isso deve afetar direta ou indiretamente a morfologia das variáveis laringotraqueais. A posição da laringotraqueia dentro da cabeça (CRA) e o comprimento ventral da laringe (CVL) foram afetadas positivamente pelo tamanho corporal (CRC). Sendo assim, é possível relacionar essas medidas ao tamanho da cabeça, onde quanto maior o indivíduo maior são as medidas supramencionadas. Para o CRA, apenas o tamanho corporal teve influência, sem diferir entre as espécies ou o sexo, mostrando que a posição da laringotraqueia varia entre os indivíduos. O CVL por outro lado além de ter sido influenciado pelo tamanho corpóreo também foi influenciado pela espécie, mostrando uma variação interespecífica que pode refletir alguma diferença evolutiva entre as espécies de *Hemidactylus*. A literatura mostra que certos aspectos físicos da anatomia influenciam diretamente como a emissão de sons pode se comportar (Rohtla et al, 2019), de modo que tais variações encontradas podem ter relação com os padrões acústicos (vocalização) das espécies.

O comprimento dorsal da laringe (CDL) e a largura da laringe (LL) não foram afetadas por nenhuma das variáveis observadas, o que mostra que essas medidas se mantêm constante entre as espécies. O comprimento do lábio glotal (CLG), a distância dos processos laterais da cricoide ao lábio glotal (DPLLG) e a largura da traqueia (LT) apresentaram dimorfismo sexual para todas as espécies, com machos sendo maiores que as fêmeas. No entanto, nenhuma delas foi influenciada pelo tamanho corpóreo ou pela espécie. Um estudo realizado por Rohtla et al. (2019) mostrou que o formato e o tamanho da laringe e da traqueia influenciam a frequência, potência e dinâmica dos sons emitidos em *Gekkota*. A qualidade do som produzido depende de diversos fatores, como a forma e as dimensões das estruturas vibratórias, a tensão aplicada sobre essas estruturas e a presença ou não de uma câmara de

ressonância para ampliação do som (Russell et al, 2000). Além disso, alterações na abertura da glote durante a fonação podem influenciar a produção de diferentes tipos de chamados (Moore et al, 1991; Russell et al, 2000). Sendo assim, as variações encontradas neste estudo podem estar diretamente relacionadas à diferentes capacidades de vocalização em machos e fêmeas.

De acordo com estudos anteriores, medidas como largura da laringe apresentaram uma correlação positiva com a intensidade dos *advertisement calls* (chamados de anúncio) enquanto o comprimento do lábio glotal tinha correlação positiva com os *distress calls* (chamados de alarme) (Rohtla et al, 2019). Os dados obtidos para *Hemidactylus* mostram que mesmo apresentando uma largura de laringe conservada, os machos (por serem maiores) podem expulsar mais ar pelo *aditus laryngis* durante a vocalização que as fêmeas e, consequentemente, produzirem de chamados mais intensos (Rohtla et al, 2019). Adicionalmente, a largura da traqueia relativa ao tamanho do corpo está positivamente associada a diversas medidas de frequências, e essas medidas estão negativamente correlacionadas ao tamanho dalaringe, ou seja, maiores laringes com frequências mais baixas (graves) (Rohtla et al, 2019). Com isso, é possível que machos, por apresentarem medidas de largura traqueal maior que as fêmeas, tenham a característica de emitir sons mais graves. É importante destacar que o número de indivíduos por espécie variou consideravelmente, o que pode ter influenciado os resultados obtidos.

Conclusão

Finalmente, nossos resultados mostram que as espécies de *Hemidactylus* aqui estudadas seguem um padrão morfológico de laringe e traqueia conservados em relação a outros representantes de Gekkota. Foi possível também identificar certas diferenças interespecíficas diante de algumas características dessa morfologia, assim como apontar dimorfismo sexual evidentes em alguns caracteres observados. Por meio da histologia foi possível identificar transições epiteliais na mucosa interna da laringe que apresentam estruturas características das cordas vocais, embora essa confirmação ainda demande de métodos adicionais no futuro com corantes específicos de elastina para a comprovação da presença da mesma, uma vez que esta constitui a característica principal que define os representantes de Gekkota como vocalizadores verdadeiros. Ainda ressaltamos a importância de mais estudos morfo-

anatomicos para entender como a relação da morfologia laringotraqueal está associada a vocalização nesses animais.

Referências Bibliográficas

- Almeida-Gomes, M., Vrcibradic, D., Siqueira, C. C., Kiefer, M. C., Klaion, T., Almeida-Santos, P., Nascimento, D., Ariani, C. V., Borges, V. N. T., Freitas-Filho, R. F., Van Sluys, M., & Rocha, C. F. D. (2008). Herpetofauna of an Atlantic rainforest area (Morro São João) in Rio de Janeiro State, Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 80(2), 291–300. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652008000200007>
- Andrade, M. J. (2014). *Ecologia e história natural de população Hemidactylus agrius (Squamata: Gekkonidae) em área de Caatinga, com avaliação da distribuição das espécies nativas do gênero no nordeste do Brasil* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.
- Andrade, M. J. M. de. (2018). *Ecologia comportamental de Hemidactylus agrius Vanzolini, 1978 e H. brasilianus (Amaral, 1935) (Squamata: Gekkonidae) em diferentes fitofisionomias de caatinga no nordeste do Brasil* (Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte). Centro de Biociências.
- Andrade, M. J. M., Sales, R., & Freire, E. M. X. (2020). Autecology of the gecko *Hemidactylus agrius* in a protected area of the Brazilian semiarid Caatinga. *Herpetological Conservation and Biology*, 15, 567.
- Anjos, L. A. dos, & Rocha, C. F. D. (2008). A Lagartixa *Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnes, 1818 (Gekkonidae): uma espécie exótica e invasora amplamente estabelecida no Brasil. *Natureza & Conservação*, 6(1), 78–89.
- Anjos, L. A., Bezerra, C. H., Passos, D. C., Zanchi, D., & Galdino, C. A. B. (2011). Helminth fauna of two gecko lizards, *Hemidactylus agrius* and *Lygodactylus klugei* (Gekkonidae), from Caatinga biome, northeastern Brazil. *Neotropical Helminthology*, 5(2), 285–290.
- Capshaw, G., Willis, K. L., Han, D., & Bierman, H. S. (2021). Reptile sound production and perception. *Neuroendocrine Regulation of Animal Vocalization: Mechanisms and Anthropogenic Factors in Animal Communication*, 101–118.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815160-0.00007-4>

Carranza, S., & Arnold, E. N. (2006). Systematics, biogeography, and evolution of *Hemidactylus* geckos (Reptilia: Gekkonidae) elucidated using mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 38(2), 531–545. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2005.07.012>

Carranza, S., & Arnold, E. N. (2012). A review of the geckos of the genus *Hemidactylus* (Squamata: Gekkonidae) from Oman based on morphology, mitochondrial and nuclear data, with descriptions of eight new species. *Zootaxa*, 3378, 1–95. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3378.1.1>

Chen, J., Jono, T., Cui, J., Yue, X., & Tang, Y. (2016). The acoustic properties of low intensity vocalizations match hearing sensitivity in the webbed-toed gecko, *Gekko subpalmatus*. *PLoS ONE*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146677>

Chen, Z., & Wiens, J. J. (2020). The origins of acoustic communication in vertebrates. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14356-3>

Colafrancesco, K. C., & Gridi-Papp, M. (2016). *Vocal Sound Production and Acoustic Communication in Amphibians and Reptiles*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27721-9_3

Costa, H. C., & Bérnls, R. S. (2018). Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista de espécies Macroecology and Biogeography of Tropical Vertebrates View project. *Herpetologia Brasileira*, 1930(April). www.sbherpetologia.org.br

Fernandes, I. Y., Koch, E. D., & Mônico, A. T. (2023). First record of a snake call in South America: the unusual sound of an ornate snail-eater *Dipsas catesbyi*. *Acta Amazonica*, 53(3), 243–245. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202300431>

Frankenberg, E., & Werner, Y. L. (1991). Vocal communication in the Reptilia - facts and questions. *Acta Zoologica*, 41(March), 45–62.

Frankenberg, E. (1978). Interspecific and seasonal variation of daily activity times in gekkonid lizards (Reptilia, Iacertilia). *Journal of Herpetology*, 12(4), 505. <https://doi.org/10.2307/1563356>

Frankenberg, Eliezer. (1975). Distress calls of gekkonid lizards from Israel and Sinai. *Israel Journal of Zoology*, 24(1–2), 43–53. <https://doi.org/10.1080/00212210.1975.10688410>

Frankenberg, Eliezer. (1982). Social Behaviour of the Parthenogenetic Indo-Pacific Gecko, *Hemidactylus garnotii*. *Zeitschrift Für Tierpsychologie*, 59(1), 19–28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1982.tb00329.x>

Gamble, T., Greenbaum, E., Jackman, T. R., & Bauer, A. M. (2015). Into the light: diurnality has evolved multiple times in geckos. *Biological Journal of the Linnean Society*, 115(4), 896–910. <https://doi.org/10.1111/bij.12536>

Gans, C., & Maderson, P. F. A. (1973). Sound producing mechanisms in recent reptiles: Review and comment. *Integrative and Comparative Biology*, 13(4), 1195–1203. <https://doi.org/10.1093/icb/13.4.1195>

Haacke W, D. (1969). The call of the barking geckos (Gekkonidae Reptilia). *Scientific Papers of the Namib Desert Research Station*, 46, 83–93.

Hibbitts, T. J., Whiting, M. J., & Stuart-Fox, D. M. (2007). Shouting the odds: Vocalization signals status in a lizard. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61(8), 1169–1176. <https://doi.org/10.1007/s00265-006-0330-x>

Jono, T., & Inui, Y. (2012). Secret calls from under the eaves: Acoustic behavior of the Japanese house Gecko, *Gekko japonicus*. *Copeia*, 2012(1), 145–149. <https://doi.org/10.1643/CE-10-169>

Kluge, A. G. (1969). The evolution and geographical origin of the New World *Hemidactylus mabouia-brookii* complex (Gekkonidae, Sauria). *Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology, University of Michigan*, 138, 1–78.

Labra, A., Silva, G., Norambuena, F., Velásquez, N., & Penna, M. (2013). Acoustic features of the weeping Lizard's Distress call. *Copeia*, 2, 206–212. <https://doi.org/10.1643/CE-12-026>

Labra, A., Sufán-catalán, J., Solis, R., & Penna, M. (2015). Hissing Sounds by the Lizard *Pristidactylus volcanensis*. American Society of Ichthyologists and

Herpetologists (ASIH). 2007(4), 1019–1023.

Mahendra, B. C. (1947). Contributions to the bionomics, anatomy, reproduction and development of the Indian house-gecko *Hemidactylus flaviviridis* Rüppel. IV. The respiratory and vocal organs. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences, Section B*, 25(3), 57–73.

Marcellini, D. L. (1974). Acoustic behavior of the gekkonid lizard, *Hemidactylus frenatus*. *Herpetologica*, 30, 44–52.

Marcellini, D. (1977). Acoustic and visual display behavior of gekkonid lizards. *Integrative and Comparative Biology*, 17(1), 251–260. <https://doi.org/10.1093/icb/17.1.251>

Moore, B. A., Russell, A. P., & Bauer, A. M. (1991). Structure of the larynx of the tokay gecko (*Gekko gecko*), with particular reference to the vocal cords and glottal lips. *Journal of Morphology*, 210(3), 227–238. <https://doi.org/10.1002/jmor.1052100303>

Paschoal, Á. A., de Oliveira, Y. B. B., Gregori, V. F., Passos, D. C., & Martins, A. R. (2021). Squamate Acoustic Communication. *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*, 1–7. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47829-6_143-1

Passos, D. C., Galdino, C. A. B., Bezerra, C. H., & Zanchi-Silva, D. (2015). On the natural history of the poorly known neotropical lizard *Hemidactylus agrius* (Squamata: Gekkonidae). *North-Western Journal of Zoology*, 11(1), 133–137.

Passos, D. C., & Wachlevski, M. (2019). As vozes dos lagartos brasileiros: Descrição das vocalizações de três lagartos (Gekkota). In *Anais do IX Congresso Brasileiro de Herpetologia, Campinas, SP*. Galoá. Available at <https://proceedings.science/cbh-2019/trabalhos/as-vozes-dos-lagartos-brasileiros-descricao-das-vocalizacoes-de-tres-lagartos-ge?lang=pt-br>

Phongkangsananan, N., Schwarzkopf, L., & Pike, D. A. (2014). Chatty females and quiet males: Complex vocal communication in the Northern Dtella, *Gehyra dubia*. *Herpetological Conservation and Biology*, 9(2), 285–296.

Posit Team. (2025). *RStudio: Integrated development environment for R*. Posit Software, PBC. <http://www.posit.co/>

R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

Regalado, R. (2003). Roles of visual, acoustic, and chemical signals in social interactions of the Tropical House Gecko (*Hemidactylus mabouia*). *Caribbean Journal of Science*, 39(3), 307–320.

Ribeiro, M. A. (2015). Catalogue of distribution of lizards (Reptilia: Squamata) from the Brazilian Amazonia. II. Gekkonidae, Phyllodactylidae, Sphaerodactylidae. *Zootaxa*, 3981(1), 1–55. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3981.1.1>

Rittenhouse, D. R., Russell, A. P., & Bauer, A. M. (1997). Laryngotracheal morphology of the *Uroplatus fimbriatus* complex (Reptilia: Gekkonidae): Yet another autapomorphic organ system in a group of highly aberrant geckos. *African Journal of Herpetology*, 46(1), 36–48. <https://doi.org/10.1080/21564574.1997.9649974>

Rittenhouse, D. R., Russell, A. P., & Bauer, A. M. (1998). The larynx and trachea of the barking gecko, *Ptenopus garrulus maculatus* (Reptilia: Gekkonidae) and their relation to vocalization. *South African Journal of Zoology*, 33(1), 23–30. <https://doi.org/10.1080/02541858.1998.11448449>

Rödder, D., Solé, M., & Böhme, W. (2008). Predicting the potential distributions of two alien invasive house geckos (Gekkonidae: *Hemidactylus frenatus*, *Hemidactylus mabouia*). *North-Western Journal of Zoology*, 4(2), 236–246.

Rohtla, E. A., Jr, Russell, A. P., & Bauer, A. M. (2019). Sounding Off: Relationships between call properties, body size, phylogeny, and laryngotracheal form of geckos. *Herpetologica*, 75(3), 175–197. <https://doi.org/10.1655/D-19-00021>

Russell, A. P., Rittenhouse, D. R., & Bauer, A. M. (2000). Laryngotracheal morphology of Afro-Madagascan geckos: A comparative survey. *Journal of Morphology*, 245(3), 241–268. Suthers, R. A., Fitch, W. T., Fay, R. R., & Popper, A. N. (2016). *Vertebrate sound production and acoustic communication*. Springer.

Russell, A. P., Hood, H. A., & Bauer, A. M. (2014). Laryngotracheal and cervical muscular anatomy in the genus *Uroplatus* (Gekkota: Gekkonidae) in relation to distress call emission. *African Journal of Herpetology*, 63(2), 127–151, <http://dx.doi.org/10.1080/21564574.2014.940065>

Russell, A. P., & Bauer, A. M. (2020). Vocalization by extant nonavian reptiles: A synthetic overview of phonation and the vocal apparatus. *Anatomical Record*, 304(7), 1478–1528. <https://doi.org/10.1002/ar.24553>

Tang, Y. Z., Zhuang, L. Z., & Wang, Z. W. (2001). Advertisement calls and their relation to reproductive cycles in *Gekko gecko* (Reptilia, Lacertilia). *Copeia*, 2001(1), 248–253. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2001\)001\[0248:ACATRT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2001)001[0248:ACATRT]2.0.CO;2)

Taylor, W. R., & Van Dyke, G. C. (1985). Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. *Cybium*, 9, 107–119.

Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R., Reyes, F., Kudera, J., & Hošek, J. (Eds.). (2025). *The reptile database*. <http://www.reptile-database.org> (Accessed June 25, 2025)

CAPÍTULO 2

A ser submetido para a revista The Anatomical Record (A4; Percentil 77)

Título: Morfologia da região laringotraqueal de *Hemidactylus mabouia* (Moreau De Jonnès, 1818) (Squamata, Gekkota).

Autores: Adriana Monteiro de Moraes², Daniel Cunha Passos³, Fernanda Paulini¹, Angele Martins^{2,4}

¹Departamento de Ciências Fisiológicas, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, Brazil.

²Laboratório de Anatomia Comparada dos Vertebrados, Departamento de Ciências Fisiológicas, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Asa Norte, Brasília, DF, Brazil.

³Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal (LECA), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Departamento de Biociências, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brazil

⁴Setor de Herpetologia, Departamento de Vertebrados, Museu Nacional/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Resumo: Espécies invasoras podem exibir atributos que os conferem vantagens sobre espécies endêmicas, de modo que a plasticidade adaptativa que espécies invasoras possuem é o que facilita sua colonização e persistência em novos ambientes. “Lagartos” do grupo Gekkota são particularmente adaptados a dispersão transoceânica, podendo colonizar outros continentes e se tornarem espécies invasoras. Dentro de Gekkonidae, o gênero *Hemidactylus* possui espécies com alto grau invasor, que apresentam variação em características morfológicas, inclusive entre populações. No Brasil, ocorrem quatro espécies deste gênero, sendo *H.*

mabouia uma espécie exótica invasora consolidada no país. Diversos estudos descrevem vocalizações de espécies de *Hemidactylus*, mas a maioria foca na caracterização acústica, com poucas informações morfológicas disponíveis desde os primeiros estudos no século XIX. Essa lacuna evidencia a necessidade de estudos anatômicos, especialmente da laringe, para compreender melhor a base morfológica da vocalização em espécies invasoras amplamente distribuídas. Este estudo tem como objetivo descrever a morfologia da região laringotraqueal de *Hemidactylus mabouia*, avaliando a presença de dimorfismo sexual e variação intraespecífica na espécie. Os resultados demonstram que a morfologia laringotraqueal geral em *H. mabouia* é conservada em relação a outras espécies do gênero e demais representantes de Gekkota, embora tenha sido observado variação intraespecífica na fenestra ventral da cricoide e um dimorfismo sexual em relação ao *m. constrictor laryngis* e o *m. dilator laryngis*. A histologia confirmou a presença de cordas vocais. A estatística revelou que a posição da laringotraqueia pode variar sendo influenciada pelo tamanho corporal, pelo sexo e pela localidade. Além disso, a maioria das medidas da região laringotraqueal foram fortemente influenciadas pela localidade, indicando que esta espécie pode apresentar um grau de plasticidade fenotípica de acordo com a distribuição geográfica.

Palavras-chaves: Laringe; Traqueia; Gekkota; Espécies invasoras, Anatomia, Vocalização

Abstract: Invasive species may exhibit traits that confer advantages over endemic species, such that the adaptive plasticity they possess facilitates their colonization and persistence in new environments. “Lizards” of the Gekkota group are particularly well adapted to transoceanic dispersal, allowing them to colonize other continents and become invasive species. Within Gekkonidae, the genus *Hemidactylus* includes species with a high invasive potential, which exhibit variation in morphological traits, including among populations. In Brazil, four species of this genus occur, with *H. mabouia* being a well-established exotic invasive species in the country. Several studies have described vocalizations in species of *Hemidactylus* however, most focus on acoustic characterization, with limited morphological data available since the earliest studies in the 19th century. This gap highlights the need for anatomical investigations, particularly of the larynx, to better understand the morphofunctional basis of vocalization in widely distributed invasive species. This study aims to describe

the morphology of the laryngotracheal region in *H. mabouia*, assessing the presence of sexual dimorphism and intraspecific variation within the species. The results show that the general laryngotracheal morphology in *H. mabouia* is conserved relative to other species of the genus and to other representatives of Gekkota, although intraspecific variation in cricoid ventral fenestra and sexual dimorphism in relation to *m. constrictor laryngis* and *m. dilator laryngis* were observed. Histology confirmed the presence of vocal cords. Statistical analysis revealed that the position of the larynx may vary, being influenced by body size, sex, and locality. Furthermore, most measurements of the laryngotracheal region were strongly influenced by locality, indicating that the phenotypic plasticity of this invasive species operates in a geographic manner.

Key-words: Larynx; Trachea; Gekkota; Invasive species, Anatomy, Vocalization

Introdução

Espécies invasoras são aquelas que possuem uma alta capacidade de perturbar ecossistemas nativos e causar declínios ou extinções de espécies nativas (Lapwong et al, 2021), podendo alterar relações mutualísticas, dinâmicas de comunidades, funcionamento de ecossistemas e distribuição de recursos. A globalização levou a um aumento na disseminação de espécies exóticas invasoras, consideradas uma das principais perturbações de origem antrópica (Rödder, et al, 2008), de modo que estas espécies podem exibir atributos que os conferem vantagens sobre espécies endêmicas, que ficam em desvantagem por não estarem adaptadas a competir com o invasor, gerando prejuízos na competição por recursos, predação, transmissão de doenças e declínio ou extinção de espécies nativas (Garner et al, 2020; Pinho et al, 2023). Espécies invasoras são capazes de se espalhar em uma variedade de ambientes, enfrentando novas condições e pressões seletivas ao longo da área invadida. A manutenção da aptidão populacional nesse contexto pode ocorrer por meio da plasticidade fenotípica, da adaptação evolutiva ou uma combinação de ambas (Jardeleza et al, 2021). Essa plasticidade adaptativa que espécies invasoras possuem é o que facilita sua colonização e persistência em novos ambientes (Jardeleza et al, 2021). “Lagartos” do grupo Gekkota são particularmente adaptados

a dispersão transoceânica, podendo colonizar outros continentes e se tornarem espécies invasoras (Kluge, 1969; Vences et al, 2004)

Gekkota, um clado inserido em Lepidosauria, abriga cerca de 2.417 espécies descritas distribuídas em sete famílias: Carpodactylidae, Diplodactylidae, Eublepharidae, Gekkonidae, Phyllodactylidae, Pygopodidae e Shaerodactylidae (Gamble et al., 2008; Gamble et al., 2011; Bauer, 2013; Daza et al., 2014; Russell & Bauer, 2020; Uetz et al., 2025). Suas espécies estão associadas a hábitos noturnos, dieta insetívora e a uma ecologia escansorial (escaladora) (Meyer et al., 2023), ocupando uma ampla variedade de habitats tropicais e subtropicais em áreas continentais e ilhas oceânicas, estando ausentes em regiões polares como a Antártica, Groenlândia e Islândia, além de zonas mais ao norte da América do Norte e da Ásia (existindo registros em porções temperadas desses continentes) (Bauer, 2013). Os geckos se destacam por sua capacidade vocal, com registros de vocalizações em todas as famílias do clado (Rohtla et al., 2019; Russell & Bauer, 2020). A família Gekkonidae é a mais diversa em Gekkota, com 112 gêneros e aproximadamente 2389 espécies amplamente distribuídas geograficamente, na África, nas Américas e Ásia (Gamble et al., 2008; Rohtla et al., 2019; Uetz et al., 2025). Desses 112 gêneros, espécies de pelo menos 20 gêneros produzem sons (Phongkangsananan et al, 2014). Além disso, esses animais apresentam sensibilidade auditiva elevada, o que confere a importância dos sinais acústicos na comunicação social (Labra et al, 2007; Jono & Inui 2012; Labra et al, 2013; Baeckens et al, 2019; Fernandes et al, 2023).

Essa família é reconhecida por apresentar um extenso repertório vocal, possuindo estruturas especializadas, que integra a laringe e cordas vocais verdadeiras, compostas de fibras de elastina, que vibram e produzem sons mais elaborados (Gans & Maderson, 1973; Marcellini, 1974; Marcellini, 1977; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al., 2000; Jono & Inui, 2012; Labra et al, 2013; Colafrancesco & Gridi-Papp, 2016; Chen et al, 2016; Russell & Bauer, 2020). As vocalizações desempenham funções importantes tanto em interações interespecíficas e intraespecíficas, estando associadas a comportamentos como territorialidade e acasalamento (Chen et al, 2016; Hibbits et al ,2007; Rohtla et al, 2019; Russell & Bauer, 2020; Fernandes et al, 2023). Alguns táxons são bem representados em estudos de vocalização, como, por exemplo, o gênero *Hemidactylus* (Russell & Bauer, 2020).

O gênero *Hemidactylus* Oken 1817, pertencente à família Gekkonidae, sendo atualmente o gênero mais rico deste grupo, com aproximadamente 194 espécies reconhecidas (Kluge, 1969; Carranza & Arnold, 2006; Anjos & Rocha, 2008a; Karanth 2010; Andrade et al., 2020; Uetz et al, 2025). Seus principais centros de especiação concentram-se na África, especialmente em regiões áridas do nordeste africano, e no sul e sudeste da Ásia, abrangendo áreas tropicais e subtropicais, como o sudoeste asiático e a região mediterrânea. A presença na América do Sul tem sido atribuída tanto a eventos de dispersão natural quanto introduções antrópicas, possivelmente por meio de embarcações oriundas do continente africano ou jangadas naturais (Carranza & Arnold, 2006; Anjos & Rocha, 2008a). Além disso, *Hemidactylus* está presente em diversas ilhas continentais e oceânicas situadas em regiões tropicais e subtropicais (Carranza & Arnold, 2012). Embora a ampla distribuição, a maioria das espécies possui áreas de ocorrência geograficamente restritas e elevado grau de endemismo, sendo poucas aquelas com ocorrência mais extensa (Carranza & Arnold, 2006).

Muitas espécies de *Hemidactylus* possuem alto potencial invasor, capazes de causar impactos ambientais significativos, com a alteração na estrutura e composição de comunidades e a interferência em processos e serviços ecossistêmicos (Whitney & Gabler, 2008; Luzete et al, 2022). Espécies como *H. turcicus*, *H. brookii*, *H. frenatus*, *H. garnotii* e *H. mabouia* possuem distribuição global e já invadiram quase todas as regiões tropicais, subtropicais e mediterrâneas (Carranza & Arnold, 2006; Rödder et al, 2008; Weterings & Vetter, 2018; Luzete et al, 2022). Embora seja considerado morfologicamente conservado em muitas características externas, estudos demonstram que esses animais podem exibir alta plasticidade nessas características tanto intraespecífica quanto interespecífica (exemplo: tamanho corporal, proporções da cabeça, membros e cauda entre outros) (Carranza & Arnold, 2006, McMahan & Zug 2007; Hosseinzadeh & Rastegar-Pouyani, 2014). Além disso, algumas características morfométricas externas podem variar entre populações de *Hemidactylus* (Hosseinzadeh & Rastegar-Pouyani, 2014; Luzete et al, 2022).

No Brasil estão presentes quatro espécies do gênero *Hemidactylus*, a saber: *H. agrius*, *H. brasiliensis*, *H. mabouia* e *H. palaichthus*. Entre elas *Hemidactylus mabouia* (Moreau De Jonnès, 1818) é a única espécie exótica invasora de origem Africana que é consolidada no Brasil (Carranza & Arnold, 2006; Rocha & Bergallo, 2011). A espécie

exibe hábitos noturnos e periantropicos, em geral é restrita a ambientes antrópicos, mas tem sido encontrada em ambientes naturais, como os biomas Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Restingas e algumas ilhas da costa brasileira, se estabelecendo rapidamente e interagindo com espécies locais (Almeida-Gomes et al, 2008; Anjos e Rocha, 2008a; Anjos e Rocha, 2008b, Rocha & Bergallo, 2011; Costa & Bérnuls, 2018; Agarwal et al, 2021). Essa espécie também tem sido amplamente utilizada em estudos morfológicos, que utilizam caracteres morfométricos para identificar possíveis variações morfológicas (Ota et al, 1993; Carranza & Arnold, 2006; Garcia-Porta et al, 2016; Luzete et al, 2022; Laven et al, 2025).

Diversos estudos já descreveram vocalizações em espécies do gênero *Hemidactylus*, como *H. frenatus*, *H. leschenaultii*, *H. turcicus*, *H. flaviviridis*, *H. garnotii* e *H. agrius* (Mahendra, 1947; Marcellini, 1974; Frankenberg, 1982; Marcellini, 1997; Frankenberg & Werner, 1991; Passos & Wachlevski, 2019). Estudos relativos aos tipos de vocalização emitidos (Marcellini 1978), o uso de sinais visuais, acústicos e químicos nas interações sociais são relativamente conhecidos para *H. mabouia* (Regalado et al, 2003), bem como padrões de vocalizações e emissão sonora (Gramentz, 2003, revisado por Rohtla et al, 2019). No entanto, a maioria das pesquisas para esta espécie concentra-se na descrição e caracterização acústica das vocalizações, de forma que as informações morfológicas atualmente disponíveis remontam a Henle (1839), que atribuiu a capacidade vocal à presença de cordas vocais (revisado por Russell et al, 2000). Isso evidencia uma lacuna importante na compreensão da base anatômica das vocalizações neste gênero, especialmente para uma espécie invasora e amplamente distribuída.

Este capítulo tem como objetivo geral descrever a morfologia da região laringotraqueal de *Hemidactylus mabouia* e, especificamente (1) investigar a existência de dimorfismo sexual da região laringotraqueal; (2) avaliar a ocorrência de variação geográfica da região laringotraqueal; (3) descrever a morfologia histológica interna da região laringotraqueal.

Material e Métodos

Para a descrição da região laringotraqueal, foram dissecados um total de 107 (58 fêmeas e 49 machos) indivíduos adultos de *Hemidactylus mabouia*. A sexagem dos indivíduos foi realizada por meio de uma incisão na base da cloaca com auxílio de bisturi para a verificação da presença de hemipênis. Os indivíduos adultos foram selecionados com base em Anjos e Rocha (2008b), de modo que após a sexagem, os indivíduos considerados adultos foram aqueles maiores que 46,9 mm em *H. mabouia* (e.g. Anjos e Rocha, 2008b).

Os exemplares analisados nesse estudo foram provenientes de diferentes localidades no Brasil: Manaus (-3.10719, -60.0261), Amazonas; Feira de Santana (-12.2635, -38.9299) e Salvador (-13.0002, -38.5100), Bahia; Anchieta (-20.7215, -40.7814) e Vitória (-20.3222, -40.3381), Espírito Santo; Brasília - Distrito Federal (-15.7801, -47.9292), Goiás; Pernambuco (-8.0509, -34.9485), Recife; Rio de Janeiro (-22.9099, -43.2361) e Seropédica (-22.7414, -43.7053), Rio de Janeiro; Cerro Corá (-6.0455, -36.3478) e Mossoró (-5.18804, -37.3441), Rio Grande do Norte; e Palmas (-10.2034, -48.3488), Tocantins (veja lista de material examinado).

Para compor as análises de morfometria clássica (Rohtla et al. 2019, Russel et al, 2000), previamente à dissecção da região laringotraqueal, foram aferidas um total de duas medidas lineares, por meio de um paquímetro digital da marca Mitutoyo (0,01 milímetros), a saber: comprimento rostro-cloacal (CRC) e comprimento rostro-aditus (CRA) (Figura 1) para todos os espécimes de ambos os sexos.

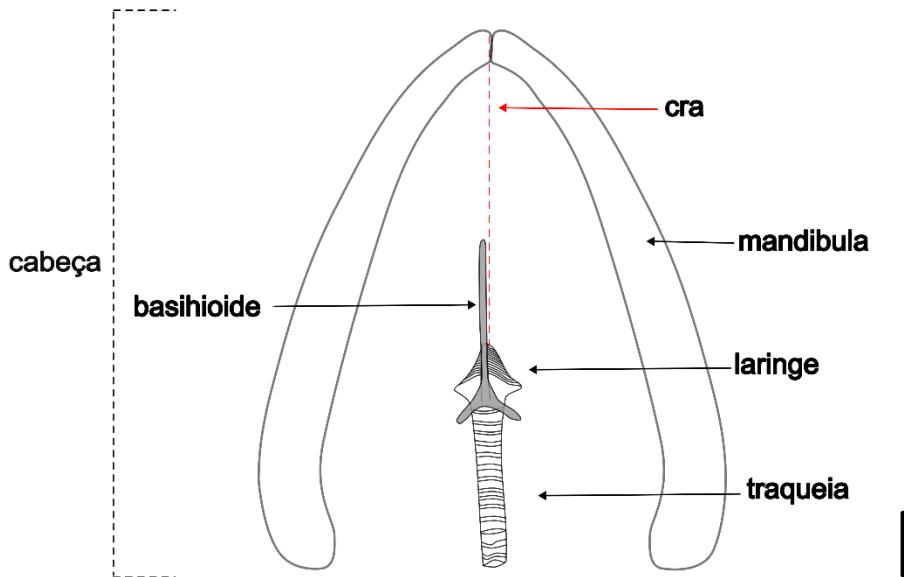


Figura 1: Desenho esquemático da cabeça de *Hemidactylus spp* em vista ventral, indicando a medida do comprimento rostro-aditus (CRA). A linha pontilhada em vermelho representa os marcos anatômicos utilizados para a mensuração do CRA. Barra de escala = 1 mm.

Posteriormente, a região laringotraqueal foi removida manualmente com auxílio de pinças e bisturi sob microscópio estereoscópico disponível no Laboratório de Anatomia Comparada de Vertebrados (LACV) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. Um total de 6 medidas lineares da laringe (Figura 2) foram aferidas por meio do software FIJI v. 2.16 calibrado com uma escala de 0,1 mm (1 milímetro), a saber: comprimento dorsal da laringe (CDL), comprimento ventral da laringe (CVL), comprimento lábio glotal (CLG), distância do processo lateral lábio glotal (DPLLG), largura da laringe (LL) e largura da traqueia (LT) para todos os espécimes.

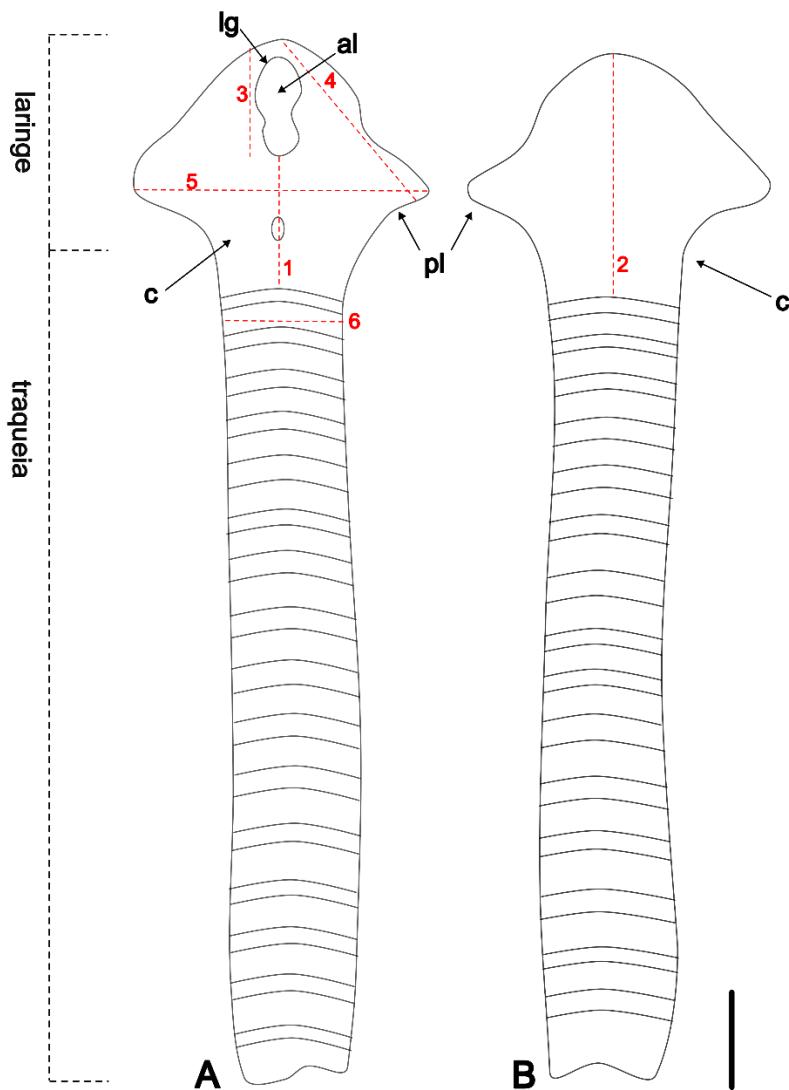


Figura 2. Desenho esquemático da região laringotraqueal de *Hemidactylus* spp. Em vista dorsal (A) e ventral (B), ilustrando as medidas realizadas para a caracterização morfométrica linear. As setas pretas indicam as estruturas da laringe: Ig – lábio glotal; al – *aditus laryngis*; pl – processo lateral; c – cricoide. As linhas pontilhadas vermelhas indicam as variáveis mensuradas, a saber: 1 – comprimento dorsal da laringe (CDL); 2 – comprimento ventral da laringe (CVL); 3 – comprimento lábio glotal (CLG); 4 – distância do processo lateral lábio glotal (DPLLG); 5 – largura da laringe (LL); 6 – largura da traqueia (LT). Barra de escala = 1 mm.

Após a descrição morfológica da região laringotraqueal, estas estruturas foram selecionadas para que fossem submetidas a dois procedimentos: (1) diafanização ou (2) histologia. O protocolo de diafanização foi modificado a partir de Taylor & Van

Dyke (1985) para evidenciar as estruturas cartilaginosas e/ou possivelmente ossificadas nesta região, conforme descrito a seguir. Para as amostras que foram selecionadas para diafanização, após a dissecção, as laringes foram acondicionadas em etanol absoluto (100%) por 48h. Em seguida as amostras foram transferidas para uma solução de azul de Alcian para corar cartilagens, por 24h. Após esse período, as mesmas foram submetidas a uma solução de bórax (tetraborato de sódio) supersaturado, para tamponar e ajustar o pH, por 24h, sendo realizado após as 12h a troca por uma solução nova de bórax (tetraborato de sódio). As mesmas foram posteriormente transferidas para uma solução de vermelho de alizarina, para coloração de possíveis ossificações, permanecendo de 6-8h. Após esse processo, as peças foram novamente acondicionadas em bórax por 24h com a troca ao completar 12h por uma nova solução. Posteriormente, as laringes foram imersas em uma solução de KOH 1% por 5 dias de modo a clarificar a musculatura e possibilitar a visualização das estruturas catilaginosas. Uma vez que a cartilagem estava visível e a musculatura clarificada, as laringes foram novamente submetidas a etapa do bórax 24h com a troca de 12h. Finalmente, as estruturas foram preservadas em etanol 70%. A fotografia das peças anatômicas da região laringotraqueal diafanizadas foi feita pela câmera Cânon EOS 5D Mark II disponível no laboratório associada ao software Helicom Remote para a edição das fotos. Para os desenhos esquemáticos foi utilizado o software Inkscape versão 1.3.

A histologia da região laringotraqueal foi realizada para examinar a disposição dos tecidos, permitindo uma análise detalhada da composição histológica da laringe e da traqueia. Uma vez fixadas, todas as amostras foram desidratadas, impregnadas e incluídas em Parafina; os blocos foram cortados longitudinalmente em 10um de espessura com o auxílio de um micrótomo. As lâminas foram coradas com hematoxilina e eosina, para a evidência das fibras colágenas e elásticas, foi empregado um protocolo adaptado da coloração Tricrômica de Mallory. Inicialmente, as lâminas foram hidratadas por meio de três banhos sucessivos de 1 minuto cada, primeiro em xanol e, em seguida, em álcool etílico absoluto (100%). Posteriormente, foram coradas sequencialmente: solução A (Fucsina ácida – 0,5 gramas diluída em 100ml de água destilada) por 1 minuto, solução B (Azul de Anilina – 0,5 gramas; Orange G – 2,0 gramas; Ácido fosfotúngstico – 1,0 gramas, todos diluídos em 100ml de água destilada) por 1 minuto e hematoxilina por 1 minuto. Após a coloração, as lâminas foram imersas em álcool etílico a 93% em três banhos de 1 minuto cada. A

etapa seguinte consistiu na desidratação, realizada com três banhos de 1 minuto em álcool absoluto (100%) e três banhos de 1 minuto em xanol. As imagens foram obtidas com uma câmera Sony DSC-H1 e um microscópio ótico Olimpus (400x). A técnica de histologia foi realizada no Laboratório de Anatomia Comparada de Vertebrados e no Laboratório de Endocrinofisiologia e Reprodução Animal e Humana da Universidade de Brasília (UnB).

As análises estatísticas foram conduzidas no software R v.4.5.0 (R Core Team, 2025) e Rstudio (Posit Team, 2025). Para avaliar a diferença a existência de dimorfismo sexual e a ocorrência de variação geográfica em sete medidas lineares da laringo-traqueia, criamos modelos lineares generalizados (GLM). Cada modelo geral foi estruturado tendo uma das medidas laringotraqueais como variáveis-resposta e o CRC, a interação do CRC com o sexo e a interação do CRC com a espécie como variáveis preditoras.

Resultados

As descrições a seguir estão organizadas com base na estrutura anatômica da espécie *Hemidactylus mabouia*, abordando as principais características morfológicas observadas na laringe e na traqueia. Em seguida, são detalhadas as particularidades estruturais identificadas.

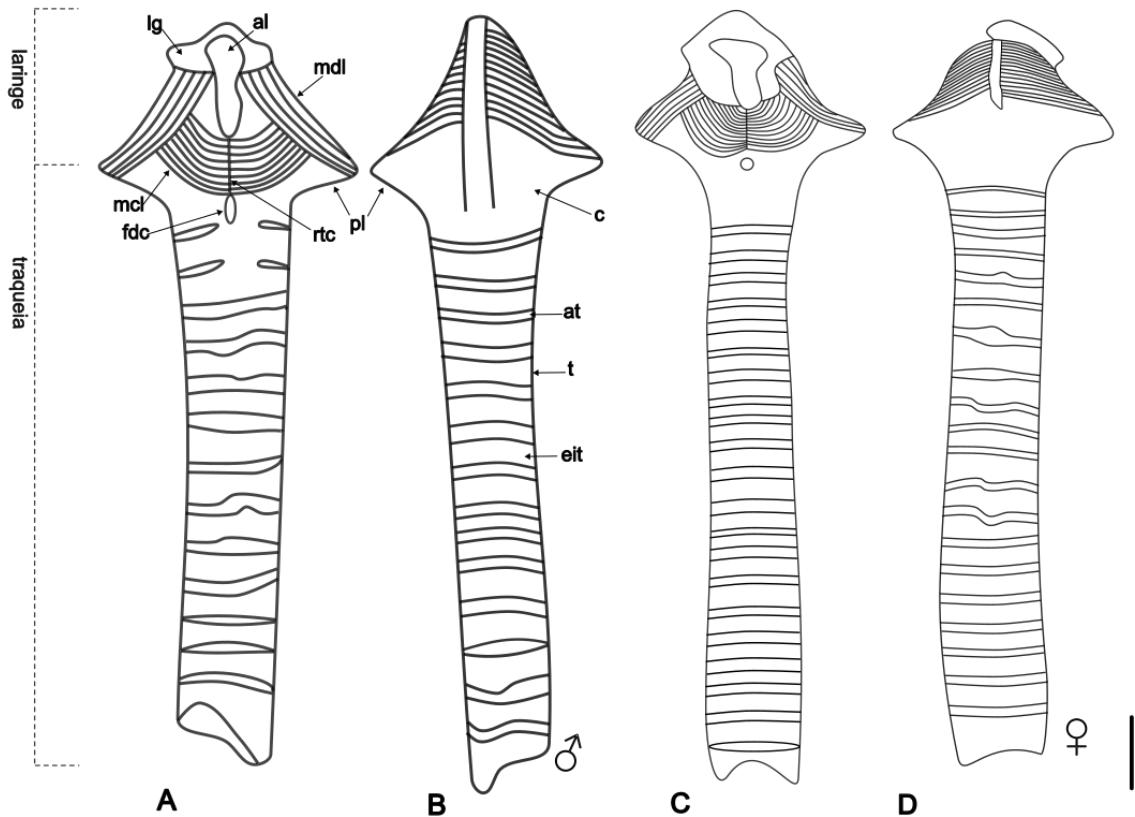


Figura 3: Desenho esquemático da região laringotraqueal de um macho (A, B) (LACV 3893) e uma fêmea (C, D) (LACV 3888) de *Hemidactylus mabouia* em vista dorsal (A, C) e ventral (B, D). A saber: Ig - lábio glotal, al - *aditus laringe*, mdl - *m. dilator laryngis*, mcl - *m. constrictor laryngis*, l - laringe, rtc - rafe de tecido conjuntivo, fdc - fenestra dorsal da cricoide, pl - processo lateral, c - cricoide, at - anel traqueal, t - traqueia e eit - espaço inter-anel traqueal. Barra de escala = 1 mm.

Cartilagem cricoide. A cartilagem cricoide (Figura 3) possui um formato de anel, que circunda o lúmen da laringe, orientada verticalmente. Sua região medial é um pouco estreita, se estendendo para suas extremidades anterior e posterior. Os processos laterais se estendem a partir do corpo da cricoide. Sua região posterior se junta a extremidade anterior da traqueia. De modo geral, é uma cricoide relativamente simples.

Em *Hemidactylus mabouia* os processos laterais (Figura 3) são majoritariamente longos tanto em fêmeas ($n=52$; 89,66%) quanto em machos ($n=45$; 91,84%), sendo menos comumente curtos em ambos os sexos (fêmeas $n=6$; 10,34%; machos $n=4$; 8,16%). A orientação lateral dos processos esteve presente em machos ($n=49$; 100%) e fêmeas ($n=58$; 100%). Sua extremidade distal era mais arredondada em fêmeas

(n=50; 86,21%) e machos (n=39; 79,60%), e menos comumente afilada em fêmeas (n=8; 13,80%) e machos (n=10; 20,41%). A fenestra dorsal da cricoide é bem evidente e delimitada, tendo um formato elipsoidal longitudinalmente, recoberta por tecido conjuntivo. Não foi constatada variação intraespecífica nestas estruturas. A fenestra ventral da cricoide foi muito variável entre os sexos e entre os indivíduos (n=25): podendo ser elipsoidal transversal estreita em fêmeas (n=8; 57,14%) e machos (n=3; 27,27%) (Figura 4, A), elipsoidal transversal ampla em machos (n=6; 54,54%) e fêmeas (n= 4; 28,60%) (Figura 4, B), seguido de elipsoidal transversal com um estreitamento medial anterior e posterior em uma fêmea (n=1; 7,14%) e um macho (n=1; 9,09%) (Figura 4, C) e menos comumente elipsoidal transversal com uma leve projeção anterior em uma fêmea (n=1; 7,14%) e um macho (n=1; 9,09%) (Figura 4, D).

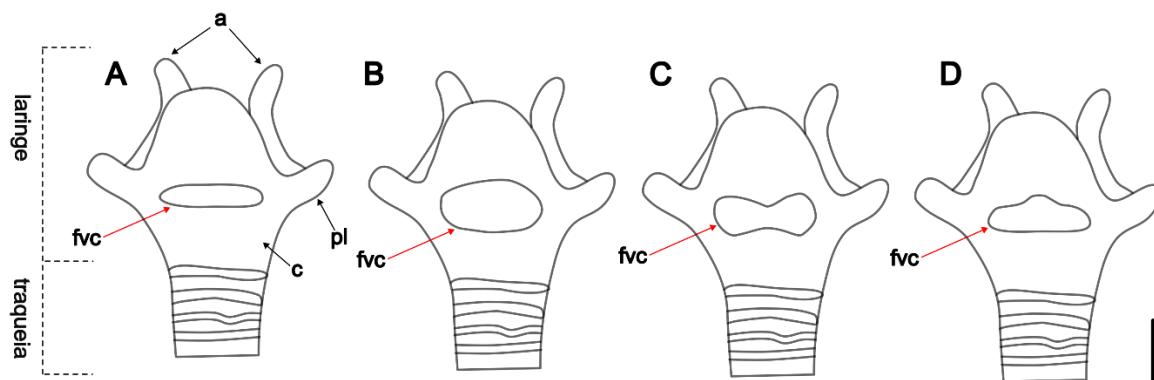


Figura 4. Desenhos esquemáticos da variação encontrada no tipo de fenestra ventral da cricoide em *Hemidactylus mabouia*. A seta vermelha indica a estrutura que apresentou variação. A) fenestra elipsoidal transversal estreita; B) fenestra elipsoidal transversal ampla; C) fenestra elipsoidal transversal com um estreitamento medial anterior e posterior; D) fenestra elipsoidal transversal com uma leve projeção anterior. Siglas: a - aritenoides, fvc - fenestra ventral da cricoide, pl - processo lateral, c - cricoide. Barra de escala = 1 mm.

Cartilagens aritenoides. Na porção anterior da laringe, se originam as cartilagens aritenoides (Figura 4) que são pareadas e pequenas com formato de bastonete, se estendendo um pouco além dos lábios glóticos nas laterais e contíguas a cartilagem cricoide. Essa estrutura mostrou-se bastante semelhante entre todas os indivíduos. Na porção medial dorsal da cricoide, entre as aritenoides, se apresenta

um sulco, o *aditus laryngis*, orientado verticalmente com extensão uniforme entre os exemplares analisados.

Traqueia. Se estende posteriormente a partir da laringe e apresenta um formato cilíndrico (Figura 3). É majoritariamente composta pelos anéis traqueais, que possuem um formato retangular levemente arredondado nas pontas e são uniformes em espessura e porções membranosas ao longo da extensão da traqueia, por toda a sua circunferência. Esses anéis são conectados por inter-espacos de tecido conjuntivo. Além disso, a espessuras dos anéis podem variar, mas no geral são uniformes tanto na vista dorsal quanto ventral.

Musculatura associada. A laringe é recoberta por dois músculos, o *M. constrictor laryngis* e o *M. dilator laryngis*.

Musculus constrictor laryngis (MCL): Representa o músculo mais volumoso da laringe (Figura 3 e Figura 5), ele está presente sob a cartilagem cricoide, recobrindo grande parte da porção anterior e lateral, em suas faces dorsal e ventral. Ventralmente, este músculo se origina na rafe medial a partir do basihioide (formato de haste), suas duas metades com fibras musculares se orientando de forma oblíqua ao redor dos processos laterais para se inserir ventralmente ao *m. dilator laryngis* na linha media dorsal da cricoide, separados por uma rafe. Na parte ventral ele recobre a maior parte da cartilagem cricoide, se orientando anteromedialmente com fibras paralelas. Foi observada variação intraespecífica na orientação das fibras musculares (Figura 5) em vista dorsal, de modo que essas fibras se dispõem em diagonal e diferem no grau de obliquidade e concavidade das fibras. O padrão denominado côncavo (Figura 5, A), apresenta uma curvatura mais aparente, com suas fibras se unindo na linha média dorsal. Já o padrão paralelo (Figura 5, B), exibe fibras mais retilíneas e oblíquas, que também se unem na linha média dorsal, mas com menor curvatura. Ambos padrões foram identificados em ambos os sexos, no entanto, em fêmeas o padrão paralelo foi mais presente (n=31; 53,5%), comparada ao padrão côncavo (n=27; 46,6%). Já em machos o padrão côncavo foi o mais presente (n=25; 51%), comparado ao padrão paralelo (n= 19; 38,7%).

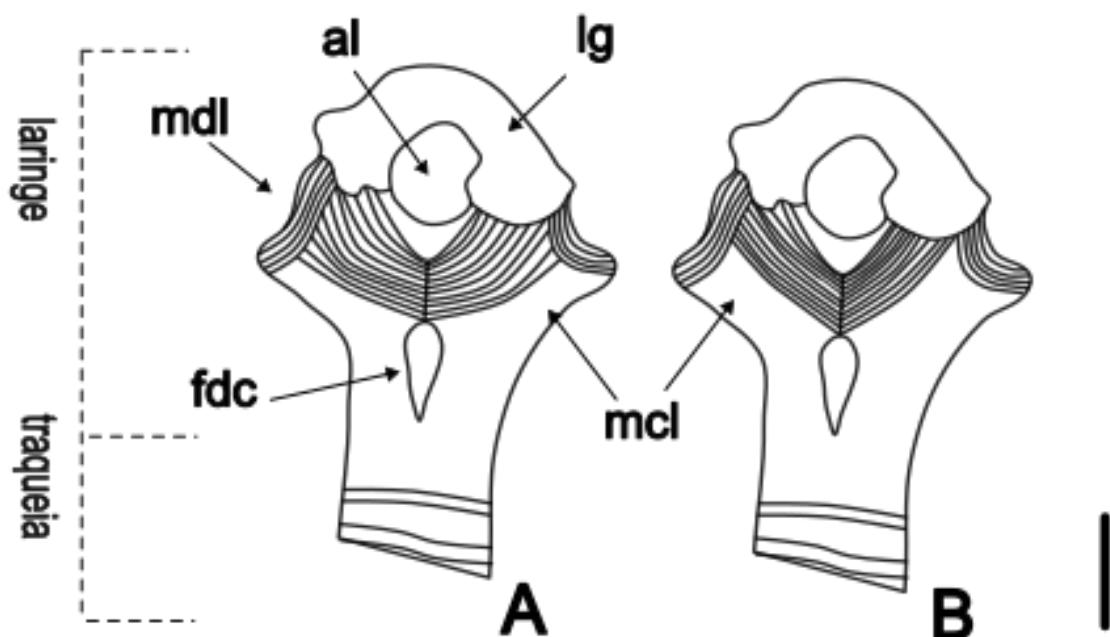


Figura 5. Desenho esquemático em relação a variação encontrada em vista dorsal das fibras do *m. constrictor laryngis* em *Hemidactylus mabouia*. A) representa o padrão côncavo, com curvatura mais aparente, unindo suas fibras na linha média dorsal. B) padrão paralelo, com fibras mais retilíneas e oblíquas, também se unindo na linha média dorsal, com menor curvatura. Siglas: al – *aditus laryngis*; lg – lábio glotal; mdl - *m. dilator laryngis*; mcl - *m. constrictor laryngis*; fdc – fenestra dorsal da cricoide. Barra de escala = 1 mm.

A junção das fibras musculares na linha médio dorsal da cricoide (figura 6) em alguns espécimes de ambos os sexos se encontravam (A) imediatamente anteriormente à fenestra da cricoide (Figura 6, A), (B) anterior a fenestra com uma lacuna entre ambos (Figura 6, B) ou (C) sobre à mesma (Figura 6, C). Em fêmeas o padrão mais recorrente foi o (B) ($n=36$; 62,07%), seguido do padrão (A) ($n=14$; 24,13%) e menos comumente o padrão (C) ($n=2$; 3,45%). Em machos o padrão recorrente foi o (B) ($n=23$; 46,94%), seguido do padrão (A) ($n=18$; 36,73%) e menos comumente o padrão (C) ($n=3$; 6,12%). Para seis indivíduos fêmeas (10,34%) e para cinco indivíduos machos (10,20%) a avaliação foi inconclusiva devido à dificuldade de diferenciar com segurança o padrão.

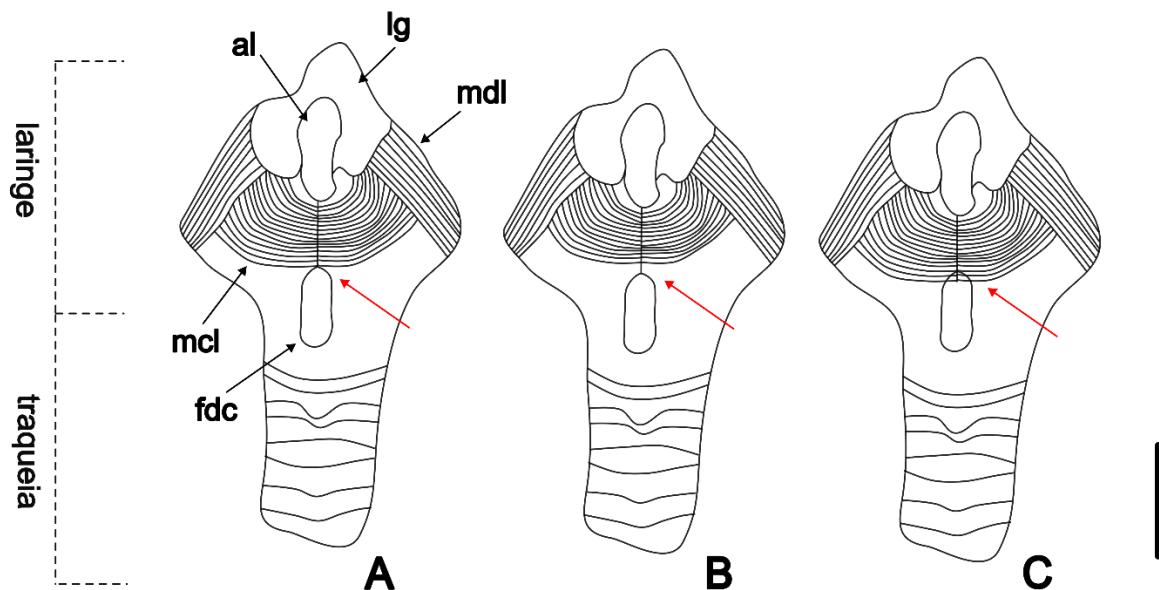


Figura 6: Legenda: Desenho esquemático em relação a variação observada da junção das fibras do *m. constrictor laryngis* (MCL) na linha média em vista dorsal dos padrões observados: (A) imediatamente anteriormente à fenda da cricoide, (B) anterior a fenda com uma lacuna entre ambos ou (C) sobre à mesma. Siglas: al – *aditus laryngis*; lg – lábio glotal; mdl - *m. dilator laryngis*; mcl - *m. constrictor laryngis*; fdc – fenda dorsal da cricoide. Barra de escala: 1 mm.

Foi constatada variação intraespecífica nos padrões de orientação das fibras musculares em vista ventral (Figura 7). Como já mencionado anteriormente, as fibras do *m. constrictor laryngis* se orientam anteromedialmente com fibras paralelas, diferindo em relação a curvatura das fibras. No geral todas as fibras se apresentavam de forma oblíqua, podendo variar em: oblíquas e côncavas (Figura 7, A), oblíquas e convexas (Figura 7, B). Em machos ($n=49$; 100%) as fibras musculares se apresentavam oblíquas e côncavas medialmente, já nas fêmeas ($n=58$; 100%) as fibras eram mais oblíquas e convexas.

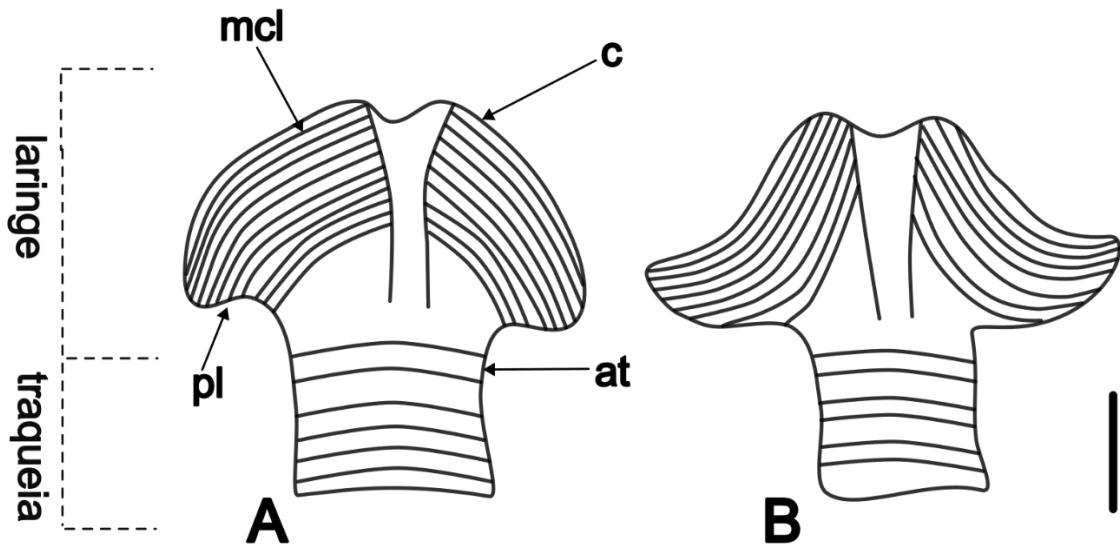


Figura 7: Desenho esquemático da região laringotraqueal mostrando os tipos padrão de orientação de fibras. A) fibras oblíquas e côncavas; B) fibras oblíquas e convexa; Siglas: mcl - *m. constrictor laryngis*; c – cricoide; pl – processos lateral; at- anel traqueal. Barra de escala: 1 mm.

Foi observada variação quanto ao tamanho relativo do MCL, sendo possível classificá-lo em duas categorias: moderado ou grande. Essa classificação foi com base no volume visual do músculo. As fêmeas apresentaram ocorrência do tamanho moderado (n= 26; 44,8%) e grande (n=18; 31%). Os machos também apresentaram ocorrência do tamanho moderado (n=21; 42,8%) e grande (n=13, 26,5%). Para quatorze indivíduos fêmeas (24,1%) e para quinze indivíduos machos (30,6%) a avaliação foi inconclusiva, devido a dificuldade de diferenciar com segurança o tamanho.

Musculus dilator laryngis (MDL): Visível em vista dorsal, tem sua origem nos processos laterais da cartilagem cricoide (Figura 3), com seus dois ventres de fibras musculares paralelas inserindo-se nas cartilagens aritenoides mais anteriormente, na *aditus laryngis*, ao redor da cartilagem cricoide. Em vista ventral recobrem apenas a parte mais lateral da cartilagem cricoide. Não foi constatada variação de cunho intraespecífico neste músculo. Foi observada apenas variação quanto ao tamanho relativo do MDL, sendo possível classificá-lo em três categorias: pequeno, moderado ou grande. Essa classificação foi com base no volume visual do músculo. Em fêmeas

o tamanho recorrente foi o pequeno (n=30; 51,72%), seguido do moderado (n=22; 37,93%) e menos comumente grande (n=1; 1,72%). Em machos o tamanho predominante foi moderado (n=27; 55,10%), seguido do pequeno (n=13; 26,53) e menos comumente grande (n=4; 8,16%). Para cinco indivíduos fêmeas (8,62%) a avaliação foi inconclusiva e para cinco indivíduos machos (10,20%) a avaliação foi inconclusiva, devido à dificuldade de diferenciar com segurança o tamanho.

Descrição Histológica

A anatomia macroscópica da laringe e da traqueia (Figura 8 e 9) de *Hemidactylus mabouia* não foi constatado variação intraespecífica na histologia da laringe e da traqueia, e intersexual (n= 17, 9 machos e 8 fêmeas). Foram utilizadas seções de cortes longitudinais de cada uma das espécies para obter detalhes morfológicos e a estrutura dos lábios da glote, das cartilagens cricoide, aritenoides e da traqueia, dos ligamentos aritenoides-cricoides e da presença ou ausência das cordas vocais.

Lábios da glote. Apresentam uma aparência lobular, compostos pelo epitélio de transição com porções de tecido conjuntivo frouxo (Figura 9, A e B). Na matriz de tecido conjuntivo estão presentes fibras de colágeno. A mucosa respiratória da laringe passa por algumas mudanças estruturais ao longo dos lábios da glote até a traqueia.

Cartilagens Cricoide, Aritenoides e Traqueia. As cartilagens aritenoides e a cricoide são compostas tecido conjuntivo cartilaginoso (Figura 8 e 9), a cartilagem presente é a hialina, com células em formato cilíndrico espaçadas pela matriz celular presente entre elas. A traqueia é composta majoritariamente pela cartilagem hialina presente nos anéis traqueais, e em sua extremidade a cartilagem é revestida por uma camada de tecido conjuntivo (pericôndrio). O lúmen da traqueia é revestido pela mucosa respiratória - epitélio simples ou estratificado colunar ciliado.

Ligamento aritenoide-cricoide. As cartilagens são conectadas pelo ligamento aritenoide-cricoide (Figura 9, F e G) composto por tecido conjuntivo denso, composto por fibras de colágeno.

Cordas Vocais. A laringe é revestida internamente por dois epitélios, sendo que o epitélio estratificado colunar (Figura 9, A) que onde estão localizadas as cordas vocais. Esse epitélio está presente entre as cartilagens aritenoides e cricoide.

Podendo ocorrer antes e sobre as cordas vocais. Abaixo desse epitélio é onde estão localizadas as cordas vocais, compostas de tecido conjuntivo frouxo (Figura 9, B, C, D e E) com fibras de colágeno. Um epitélio simples ou estratificado colunar ciliado (mucosa respiratória) também está presente, recobrindo o restante do lúmen da laringe e da traqueia.

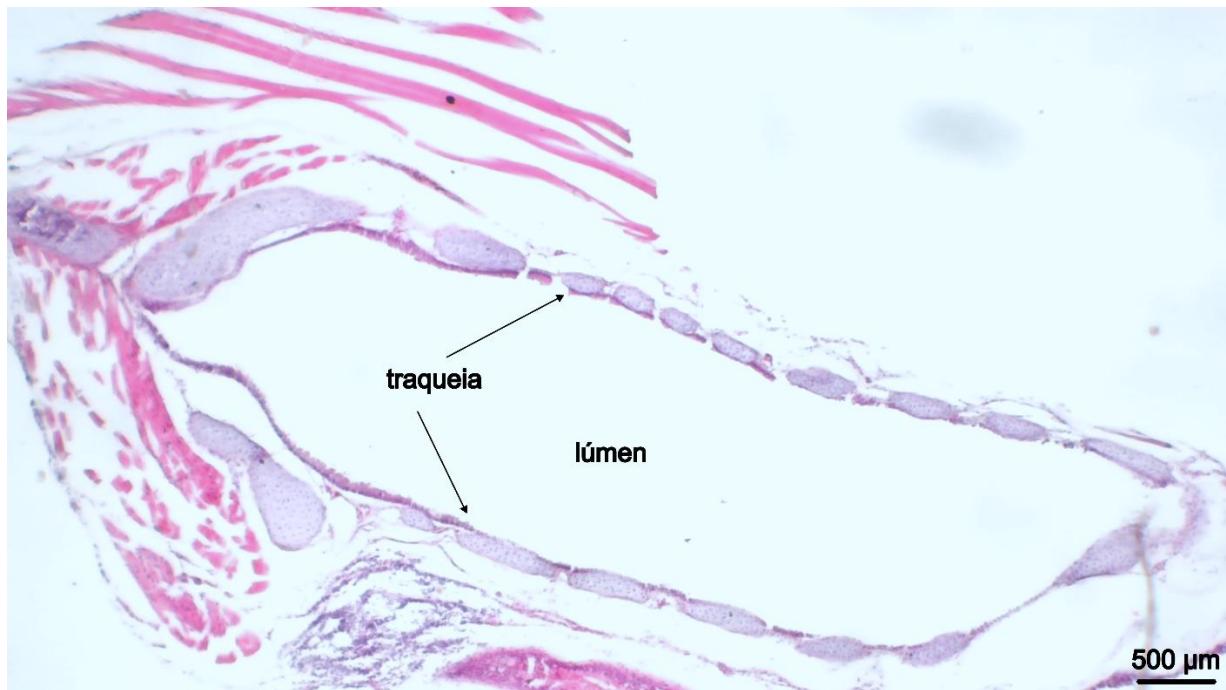


Figura 8. Corte histológicos transversal da redião laringotraqueal *Hemidactylus mabouia* (LACV 3977); as setas pretas indicam aonde começa a traqueia. Tipo de coloração: Hematoxilina & Eosina.

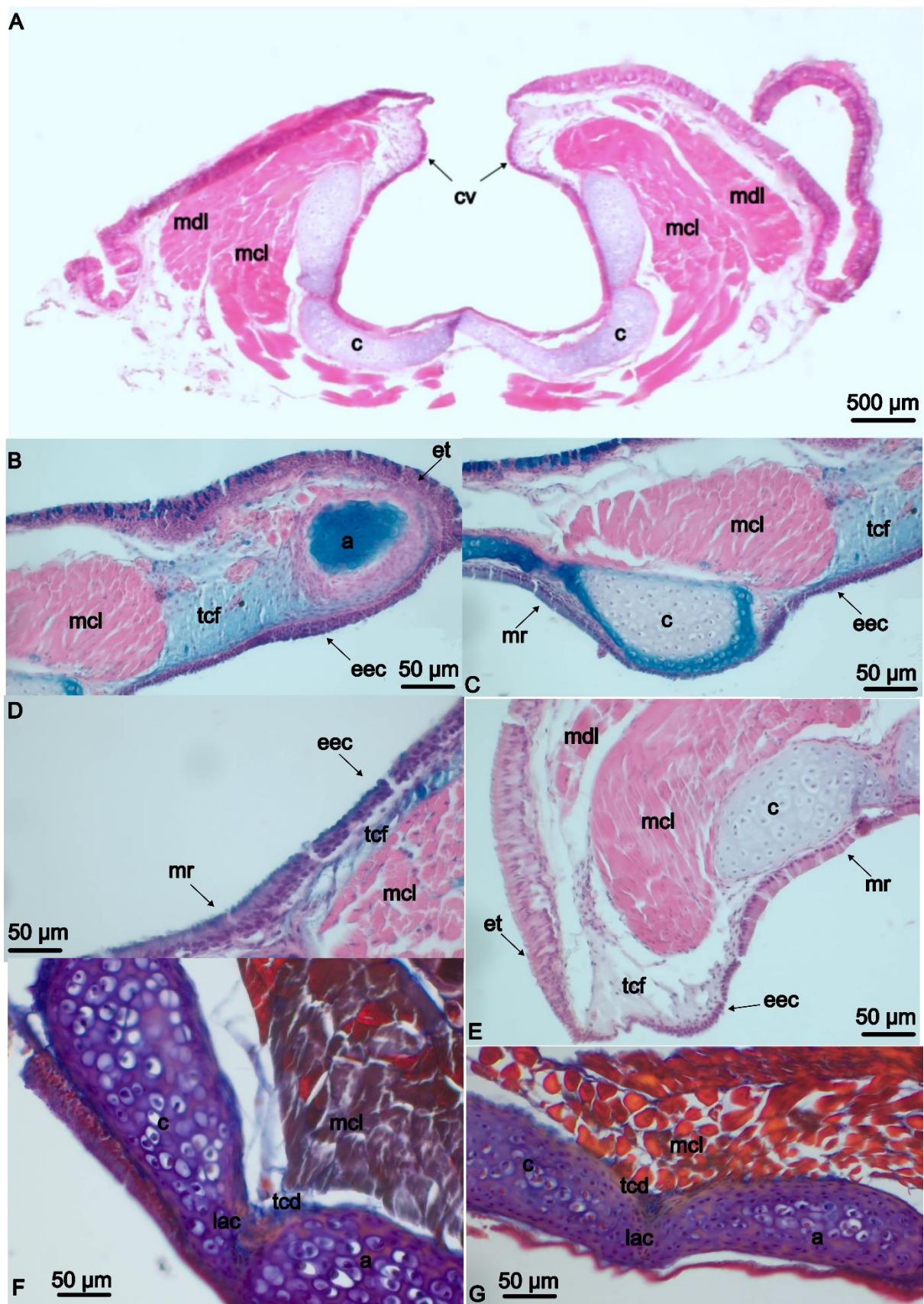


Figura 9. Cortes histológicos transversal e longitudinais da laringe de *Hemidactylus mabouia* (INPA-H35949 e CHSAR2176); as regiões com coloração amarelada nas imagens (F e G) são indícios da possível presença de fibras elásticas junto as fibras colágenas em coloração azulada. Siglas: mcl – *m. constrictor laryngis*; c – cricoide; a – aritenoide; tcd – tecido conjuntivo denso; tcf – tecido conjuntivo frouxo; eec – epitélio estratificado colunar; lar – ligamento aritenoide-cricoide. Tipo de coloração: Hematoxilina & Eosina (A, B, C, D) e coloração Tricrômica de Mallory (F e G).

Comparação entre indivíduos

O comprimento rostro-aditus (CRA) foi positivamente relacionado ao comprimento rostro-cloacal (CRC) (GLM - $t = 5,82$; $P < 0,01$; Tabela 1, Figura 10) e, variou entre localidades ($P < 0,05$; Tabela 1, Figura 10) com o município de Salvador apresentando maior CRA e o município de Cerro Corá apresentando menor. Houve dimorfismo sexual no CRA (GLM - $t = 3,68$; $P < 0,01$; Tabela 1, Figura 10), com machos tendo CRA maiores que as fêmeas.

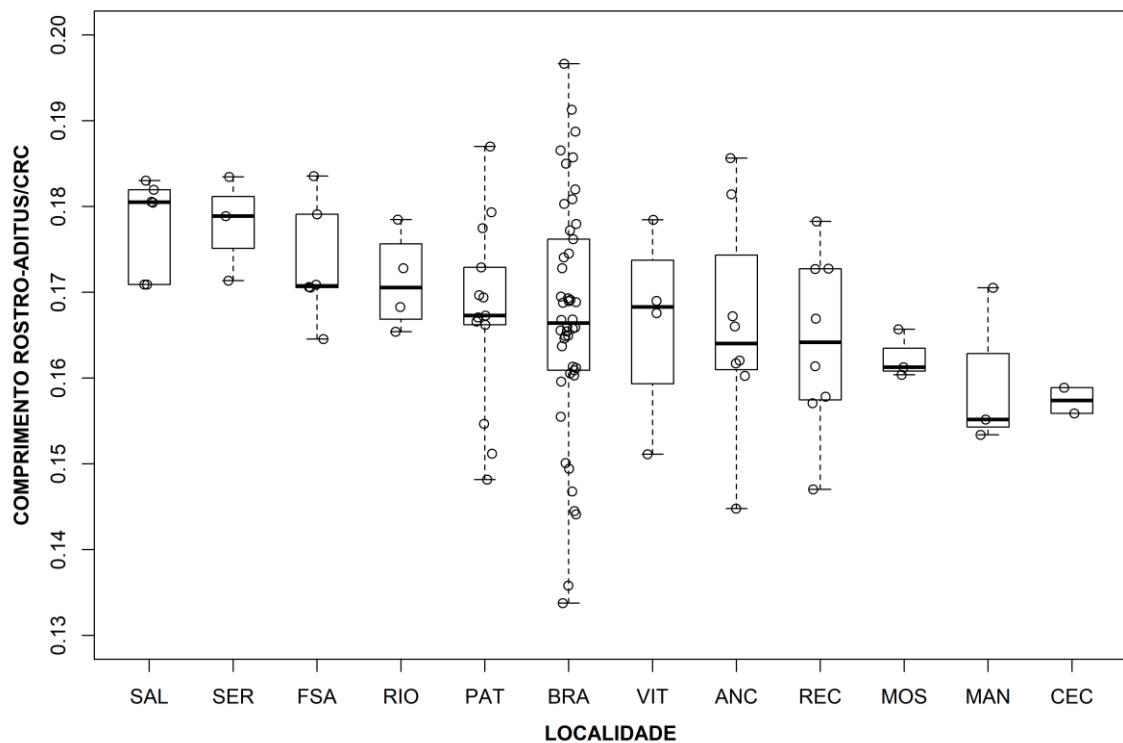


Figura 10. Gráfico Boxplot da razão entre o comprimento rostro-aditus (CRA) e o comprimento rostro-cloacal (CRC) para populações de *Hemidactylus* de diferentes localidades brasileiras. Os pontos representam os valores individuais e as caixas indicam os quartis e a mediana de cada população. As localidades estão ordenadas do maior para o menor valor médio. Os dados apresentados foram utilizados nas análises estatísticas por meio de modelos lineares generalizados (GLMs) com controle do CRC. Siglas: Anchieta – ANC; Brasília – BRA; Cerro Corá – CRC; Feira de Santana – FSA; Manaus – MAN; Mossoró – MOS; Palmas – PAT; Recife – REC; Rio de Janeiro – RIO; Salvador – SAL; Seropédica – SER; Vitória – VIT.

O comprimento dorsal da laringe (CDL) não foi influenciado pelo CRC (GLM - $t = 0,01$; $P=0,99$; Tabela 1, Figura 11, A), mas variou entre localidades ($P<0,05$; Tabela 1, Figura 11, A) com valores médios variando de 0,04 (Seropédica) a 0,01 (Mossoró) entre as populações analisadas. Não houve dimorfismo sexual do CDL (GLM - $t = 0,38$; $P=0,70$; Tabela 1, Figura 11, A). O comprimento ventral da laringe (CVL) não foi influenciado pelo CRC (GLM - $t = 1,54$; $P=0,13$; Tabela 1, Figura 11, B), mas variou entre as localidades ($P<0,05$; Tabela 1, Figura 11, B) com valores médios variando de 0,05 (Seropédica) a 0,03 (Brasília - DF) entre as populações analisadas. Não houve dimorfismo sexual do CVL (GLM - $t = -0,53$; $P=0,58$; Tabela 1, Figura 11, B). O comprimento lábio glotal (CLG) não foi influenciado pelo CRC (GLM - $t = 1,02$; $P=0,31$; Tabela 1, Figura 11, C), nem variou entre as localidades ($P>0,05$; Tabela 1, Figura 11, C). Não houve dimorfismo sexual do CLG (GLM - $t = 0,29$; $P= 0,78$; Tabela 1, Figura 11, C).

A distância do processo lateral ao lábio glotal (DPLLG) não foi influenciado pelo CRC (GLM - $t = -0,78$; $P= 0,46$; Tabela 1, Figura 11, D), mas variou entre as localidades ($P<0,05$; Tabela 1, Figura 11, D) com valores médios variando de 0,04 (Manaus) a 0,01 (Mossoró) entre as populações analisadas. Não houve dimorfismo sexual do DPLLG (GLM - $t = 1,12$; $P=0,26$; Tabela 1, Figura 11, D). A largura da laringe (LL) não foi influenciada pelo CRC (GLM - $t = -1,21$; $P= 0,23$; Tabela 1, Figura 11, E), mas variou entre as localidades ($P<0,05$; Tabela 1, Figura 11, E) com valores médios variando de 0,07 (Seropédica) a 0,02 (Mossoró) entre as populações analisadas. Não houve dimorfismo sexual do LL (GLM - $t = 0,87$; $P= 0,39$; Tabela 1, Figura 11, E). A largura da traqueia (LT) não foi influenciada pelo CRC (GLM - $t = -1,57$; $P=0,11$; Tabela 1, Figura 11, F), mas variou entre as localidades ($P<0,05$; Tabela 1, Figura 11,

F) com valores médios variando de 0,03 (Rio de Janeiro) a 0,01 (Mossoró) entre as populações analisadas. Não houve dimorfismo sexual do LT (GLM - $t = 1,78$; $P=0,08$; Tabela 1, Figura 11, F).

Medida	Condição analisada	Valor de t	Valor de P
CRA	Influência do CRC	5,82	<0,01
	Diferença entre as localidades		<0,05
	Dimorfismo sexual	3,68	<0,01
CDL	Influência do CRC	0,01	0,99
	Diferença entre as localidades		<0,05
	Dimorfismo sexual	0,38	0,7
CVL	Influência do CRC	1,54	0,13
	Diferença entre as localidades		<0,50
	Dimorfismo sexual	-0,53	0,58
CLG	Influência do CRC	1,02	0,31
	Diferença entre as localidades		>0,05
	Dimorfismo sexual	0,29	0,78
DPLLG	Influência do CRC	-0,78	0,46
	Diferença entre as localidades		<0,05
	Dimorfismo sexual	1,12	0,26
LL	Influência do CRC	-1,21	0,23
	Diferença entre as localidades		<0,05
	Dimorfismo sexual	0,87	0,39
LT	Influência do CRC	-1,57	0,11
	Diferença entre as localidades		<0,05
	Dimorfismo sexual	1,78	0,08

Tabela 1. Resultados dos modelos lineares generalizados (GLM) aplicados às variáveis morfométricas analisadas. A tabela apresenta, para cada medida, a condição testada, bem como os respectivos valores de t e P . Siglas: CRA - comprimento rostro-aditus; CDL - comprimento dorsal da laringe; CVL – comprimento

ventral da laringe; CLG – comprimento lábio glotal; DLLG – distância do processo lateral lábio glotal; LL – largura da laringe; LT – largura da traqueia.

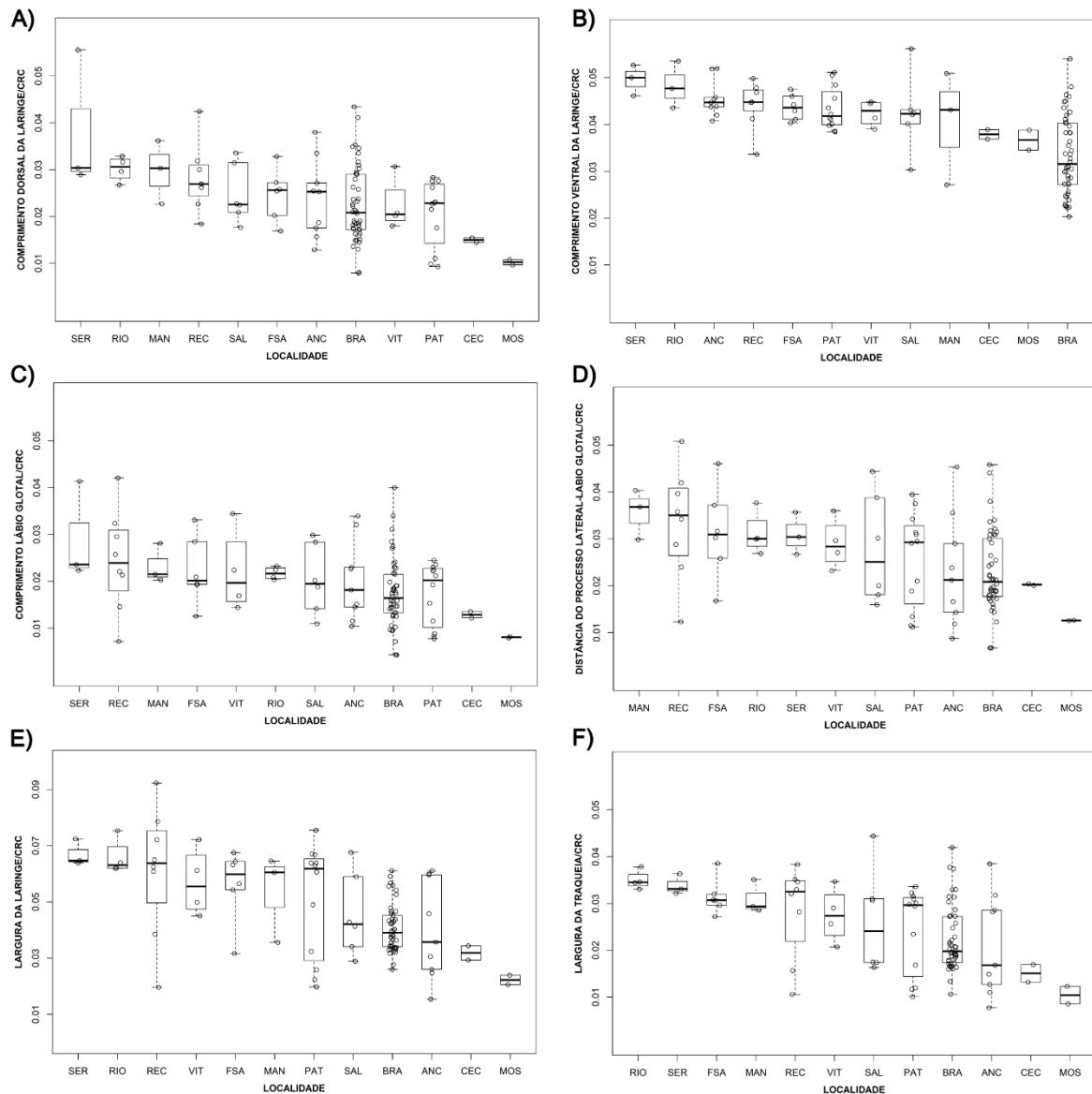


Figura 11. Gráficos boxplot das razões entre medidas da região laringotraqueal e o comprimento rostro-cloacal (CRC) para populações de *Hemidactylus* provenientes de diferentes localidades brasileiras. Os dados apresentados foram utilizados na análise estatística por meio de modelos lineares generalizados (GLMs). O eixo X representa as localidades e o eixo Y corresponde ao comprimento em milímetros. As populações estão ordenadas do maior para o menor valor médio. Gráfico A) comprimento dorsal da laringe/crc (CDL); gráfico B) comprimento ventral da laringe/crc (CVL); gráfico C)

comprimento do lábio glotal/crc (CLG); gráfico D) distância do processo lateral da cricoide ao lábio glotal/crc (DPLLG); gráfico E) largura da laringe/crc (LL); e gráfico F) largura da traqueia/crc (LT). Siglas: Anchieta – ANC; Brasília – BRA; Cerro Corá – CRC; Feira de Santana – FSA; Manaus – MAN; Mossoró – MOS; Palmas – PAT; Recife – REC; Rio de Janeiro – RIO; Salvador – SAL; Seropédica – SER; Vitória – VIT.

Discussão

Neste estudo fornecemos a primeira descrição morfológica detalhada da região laringotraqueal de *Hemidactylus mabouia*, uma espécie invasora estabelecida há muito tempo no Brasil com base em uma ampla amostra de indivíduos adultos. A morfologia da laringe nessa espécie é semelhante a outras do gênero: *H. mabouia* possui uma laringe que é sustentada por uma cartilagem cricoide em formato de anel, onde lateralmente se projetam dois processos laterais. Um par de cartilagens aritenoides, fundidos a parte anterodorsal da cricoide em ambos os lados, se articulam com as porções dorsolaterais da cricoide. A traqueia é sustentada por anéis de cartilagem ao longo de toda a sua extensão. Esse padrão geral da laringotraqueia já foi descrito para *H. flaviviridis* (Mahendra, 1947) e para *H. turcicus*, além de outras espécies de Gekkota (eg *Pachydactylus bibronii*; *Afroedura pondolia*;) (Moore et al, 1991; Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000; Russell et al, 2014; Russell & Bauer, 2020), indicando que a morfologia geral dessa região é conservada nesta linhagem.

A cartilagem cricoide de *H. mabouia* não apresentou diferenças entre os sexos, mas foi possível identificar variações macroscópicas da fenestra ventral da cricoide e nos músculos associados a laringe. Os processos laterais são longos e possuem sua ponta distal mais arredondada, se orientando lateralmente. Não foi observado uma correlação entre o formato da cricoide e a orientação da projeção desses processos.

A fenestra ventral da cricoide apresentou muita variação intraespecífica, em geral ela exibia um formato elipsoidal transversal com diferenças estruturais como ela ser mais ampla ou estreita, apresentar um estreitamento anterior e posterior ou uma projeção anterior. Essas variações não foram associadas ao sexo, porque ambos os sexos podiam apresentar qualquer um dos quatro tipos de padrões. Isso sugere que a característica pode estar relacionada ao indivíduo. As fenestradas na

cartilagem cricoide estão relacionadas com o grau de fusão entre a cricoide e os anéis traqueais mais anteriores que certos táxons de Gekkota podem exibir, podendo variar amplamente entre espécies e até mesmo entre indivíduos (Russell et al, 2000). Assim, a variação encontrada em *H. mabouia* está em consonância com o que é esperado para Gekkota.

As cartilagens aritenoides de *H. mabouia* não se diferenciaram, mantiveram o padrão geral de se localizar na porção anterior da laringe, se estendem um pouco além dos lábios glotais nas laterais e contíguas a cartilagem cricoide. Esse tipo de conformação também foi registrado para *H. turcicus* (Rohtla et al, 2019). As aritenoides de *H. flaviviridis* e *H. garnotii* se assemelham em sua inserção e orientação, se articulando com as porções dorsolaterais da cricoide para sustentar o lábio glotal (Mahendra, 1947). Ainda que não tenham sido examinadas minuciosamente, o formato simples e vertical que a cartilagem cricoide exibe sugere, com base na literatura (Russell et al, 2000), que as aritenoides apresentem o tipo reto, em bastonete, uma vez que essa morfologia é associada a cricoides mais simples. Entre as aritenoides se apresenta um sulco, o *aditus laryngis*, que manteve extensão uniforme.

A traqueia não apresentou variações significativas, se estendendo posteriormente a laringe com anéis traqueais em formato retangular arredondado nas pontas, sendo uniformes em espessura e porções membranosas, chamadas interespacos, ao longo de toda sua extensão. Isso é compatível com descrições anteriores feitas para *H. flaviviridis* e *H. turcicus* (Mahendra, 1947; Rohtla et al, 2019) assim como para outros representantes de Gekkota (Russell et al, 2000). A variação encontrada na região traqueal se deu pelas distintas espessuras dos anéis traqueais, sem haver qualquer padrão evidente que indicasse uma variação derivada de dimorfismo sexual. Na literatura o dimorfismo sexual presente na traqueia está relacionado a estrutura dos anéis traqueais, que podem ser fusionados ou ramificados, com fêmeas possuindo mais variações (Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000). A estrutura geral da traqueia parece estar associada à produção de sons mais altos, como observado nos gêneros *Ptenopus* e *Uroplatus*, que exibem uma dilatação traqueal favorável ao maior armazenamento de ar, além disso as membranas que separam os anéis traqueais estão relacionadas a capacidade vibratória, que pode ser amplificada pela laringe e pela cavidade oral (Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et

al, 1998). Para *H. mabouia* essa dilatação está ausente e a traqueia possui uma circunferência uniforme ao longo de todo seu comprimento e largura, indicando uma capacidade vocal menor em comparação aos gêneros citados.

A musculatura associada a laringe seguiu o mesmo padrão de origem e inserção muscular descrito para outras espécies de Gekkota incluindo o gênero *Hemidactylus*, com o *m. dilator laryngis* se originando no processo lateral da cricoide e se inserindo na aritenoide, enquanto o *m. constrictor laryngis* se orientando no basihioide (ventral) e se inserindo na linha média dorsal da cricoide (Moore et al 1991; Russell et al 2000; Rittenhouse et al, 1998; Mahendra, 1974; Rohtla et al, 2019), embora em alguns gêneros (e.g *Uroplatus*) essa anatomia se encontre diferente dos demais táxons. Estes músculos são responsáveis pela movimentação das cartilagens aritenoides em relação a cricoide, onde a contração do *m. dilator laryngis* faz as aritenoides girarem posteriormente e lateralmente de modo a permitir que a abertura da glote (*aditus laryngis*) seja ampliada; já o *m. constrictor laryngis* contrai as aritenoides aumentando o ângulo entre elas e a cricoide, além de ser responsável por aproximar as faixas de elastina presentes na submucosa respiratória da laringe (cordas vocais) (Moore et al, 1991; Russell et al, 2000).

Dos dois pares de músculos presentes na laringe, o *m. constrictor* foi o que mais apresentou variações. De acordo com os resultados, esse músculo apresentou tamanho moderado, em relação ao *m. dilator laryngis*, sem distinção sexual. Suas fibras, em vista dorsal, correm de forma diagonal e a variação percebida foi em relação ao grau de obliquidade e curvatura. Dois padrões foram identificados, o padrão paralelo com fibras mais retilíneas e oblíquas com menor curvatura e o padrão côncavo, com fibras com maior curvatura. Esses dois padrões de fibras musculares estiveram presentes em ambos os sexos, no entanto o padrão paralelo apareceu mais em fêmeas e o padrão côncavo em machos. Por causa dessa distribuição desigual entre os sexos, essa variação pode refletir um dimorfismo sexual. A presença de dimorfismo sexual em relação ao *m. constrictor* foi apresentada para algumas espécies (eg. Espécies *Colopus wahlbergi*, *Homopholis wahlbergi*, *Palmatogecko rangei*, *Paragehyra gabriellae*, *Paroedura stumpffi*, *Phelsuma madagascariensis*, *Pachydactylus bibronii* e *Ptenopus garrulus*), entretanto apenas a variação ventral apresentou significância (Russell et al, 2000). Assim, este representa o primeiro

estudo a relatar a diferença sexual do *m. constrictor laryngis* em sua porção dorsal para *H. mabouia*.

A junção das fibras musculares na linha média dorsal da cricoide não apresentou características dimórficas, pois ambos os sexos apresentaram essa junção ocorrendo anterior a fenestra dorsal da cricoide com uma lacuna entre ambas. A literatura aponta sobre variações em relação a convergência ou não das fibras na linha média dorsal da cricoide, onde podem estar separadas em algumas espécies, enquanto outras se inserem em uma rafe de tecido conjuntivo ou se entrelaçam (Russell et al, 2000). Ventralmente o padrão de fibras musculares variou entre os sexos, no geral as fibras se orientam anteromedialmente com fibras paralelas, e a diferença sutil observada foi em relação a curvatura das fibras. Fêmeas apresentavam fibras oblíquas e convexas enquanto machos apresentaram fibras oblíquas e côncavas. A variação dimórfica ventral desse músculo já foi relatada para várias espécies de Gekkota (e.g: (eg. *Colopus wahlbergi*, *Homopholis wahlbergi*, *Palmatogecko rangei*, *Paragehyra gabriellae*, *Paroedura stumpffi*, *Phelsuma madagascariensis*, *Pachydactylus bibronii* e *Ptenopus garrulus*) (Russell et al, 2000). Estudos futuros devem considerar esta variação como uma provável característica importante em termos sistemáticos e /ou acústicos.

O *m. dilator laryngis* apresentou variação dimórfica em relação ao seu tamanho relativo comparado ao *m. constrictor*, onde fêmeas apresentaram o tamanho pequeno e machos o tamanho moderado. O que foi observado em *H. mabouia* condiz com a literatura, onde as principais variações estão na orientação das fibras musculares e em relação ao seu tamanho relativo ao *m. constrictor laryngis* (Russell et al, 2000). No entanto uma variação de cunho sexual nesse músculo é a primeira vez que se é relatado para essa espécie. Gêneros como *Ptenopus* e *Uroplatus* exibem o *m. dilator* mais robusto que o *m. constrictor*, e são conhecidas por vocalizarem mais alto (Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998). A emissão de sons mais altos está relacionada a presença de uma musculatura mais robusta, pode ser então que talvez os machos de *H. mabouia* consigam produzir vocalizações mais altas que as fêmeas, por causa dessa diferença muscular, no entanto essa informação não está clara. É relatado que existe uma diferença na vocalização desses animais com machos sendo mais ativos que as fêmeas (Regalado et al, 2003), mas não se tem registros sobre

emissão sonora. Estudos futuros devem investigar essa correlação entre anatomia muscular e capacidade de vocalização.

Em relação a variação na composição microscópica da laringe, foi observado em *H. mabouia* uma morfologia similar ao encontrado na literatura para representantes de Gekkota, a saber: os lábios glotais apresentam um epitélio transicional (Moore et al, 1991; Rittenhouse et al, 1997; Russell & Bauer, 2020) que apresenta uma quantidade moderada ou pequena de tecido conjuntivo frouxo (Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000). Fibras elásticas podem ou não estar presentes nos lábios, e se tiverem presentes podem ter uma orientação ou serem aleatórias (Moore et al, 1991; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000). O ligamento aritenoide cricoide conecta as cartilagens aritenoides a cartilagem cricoide, sendo composto tecido conjuntivo denso com fibras de colágeno e elásticas (Moore et al, 1991; Russell et al, 2000). Em outras linhagens (Russel et al 2000), esse ligamento pode variar quanto sua largura e extensão, podendo ser restrito a articulação aritenoide-cricoide ou mais extenso. *H. mabouia* apresentou epitélio transicional com quantidades moderadas de tecido conjuntivo frouxo e fibras colágenas em seus lábios glotais. O ligamento aritenoide-cricoide pareceu ser restrito a articulação aritenoide-cricoide, onde a concentração de fibras colágenas era mais evidente. Apesar da presença de fibras elásticas não ter sido viável por conta do tipo de coloração utilizada nas lâminas histológicas, a coloração Tricômica de Mallory pode evidenciar em amarelo áreas que apresentem fibras elásticas, o que foi perceptível no ligamento. Outro ponto é que as fibras colágenas presentes na laringe podem estar associadas a fibras elásticas.

Em geral, o epitélio anterior das cordas vocais é colunar estratificado, enquanto que as cordas vocais em si são compostas de tecido conjuntivo frouxo derivado da submucosa contendo proporções aproximadamente iguais de fibras colágeno e elásticas dispostas em várias orientações (Moore et al, 1991). Em *H. mabouia* está presente o epitélio colunar estratificado bem evidenciado, e logo abaixo dele o tecido conjuntivo frouxo com fibras de colágeno, indicando a presença de cordas vocais nos indivíduos examinados. A literatura não indica se existe algum tipo de dimorfismo sexual em relação a composição das cordas vocais em representantes de Gekkota (Russell et al, 2000), o que está de acordo com as observações do presente estudo. Adicionalmente, as cordas vocais possuem (além das fibras colágenas) feixes de fibras elásticas (Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000;

Russell & Bauer, 2020). O epitélio identificado em *H. mabouia* está em posição equivalente ao que as cordas vocais estão presentes (entre as cartilagens aritenoides e cricoide) (Russell & Bauer, 2020). Henle (1839) identificou a presença de cordas vocais para algumas espécies de Gekkota, sendo uma delas *H. mabouia* (revisado em Russell et al, 2000). Isso confirma que o que foi observado é de fato as cordas vocais, pois o mesmo epitélio e a posição condizem com o que foi abordado na literatura. No entanto, não foi possível inferir a presença de fibras elásticas juntamente as fibras colágenas. Embora Henle (1839) tenha descrito as cordas vocais na espécie, não há confirmação quanto à presença de fibras elásticas nessas estruturas. É necessário que estudos futuros confirmem a presença de fibras elásticas, uma vez que essa característica é a que distingue os taxas de Gekkota a possuírem uma vocalização verdadeira (Moore et al, 1991; Rittenhouse et al, 1997; Rittenhouse et al, 1998; Russell et al, 2000; Russell & Bauer, 2020).

Cordas vocais podem se apresentar como pregas suaves no lúmen da laringe de muitas espécies de Gekkota (Russell et al, 2000), podendo estar associadas ao ligamento aritenoide-cricoide, que em algumas espécies completa ou até substitui as cordas vocais verdadeiras (Russell et al, 2000). Em *H. flaviviridis* Mahendra (1947) descreveu caracterizadas pela presença de pregas horizontais proeminentes do revestimento da laringe. No entanto, variações anatômicas são observadas em outros representantes do gênero, como *H. garnotii*, em que as cordas vocais estão ausentes, mas o ligamento aritenoide-cricoide permite a produção de sons (Mahendra, 1947). A visualização de pregas em *H. mabouia* não foi possível.

Dentro de Gekkota os representantes do gênero *Hemidactylus* incluem espécies com grande capacidade de invasão bem-sucedidas, as quais algumas características morfológicas exibem alta variabilidade e podem variar entre populações (Luzete et al, 2022). As características externas são as que exibem mais variação, como por exemplo tamanho corporal, proporções de cabeça, corpo e membros (ver mais em Carranza & Arnold, 2005). Morfologicamente muitas dessas características podem ser bastante plásticas, variando dentro da espécie (Hossinzabeh & Rastegar-Pouyani 2014). A posição da laringotraqueia na cabeça (CRA) foi afetada positivamente pelo tamanho corporal, pela localidade, com o município de Salvador apresentando maior CRA e o município de Cerro Corá apresentando menor, e pelo sexo, com machos apresentando CRA maior que as fêmeas. Essa correlação encontrada mostra que

existe uma alometria positiva que pode ser explicada pelo tamanho da cabeça, onde quanto maior o tamanho corporal (maior cabeça) maior a posição que a laringotraqueia (CRA) ocupa, além de apresentar um dimorfismo sexual e que está sujeita a variação geográfica. Isso reforça a ideia de que traços fenotípicos podem apresentar algum padrão geográfico e também variar dentro de populações (Kaliontzopoulou et al, 2018). O tamanho corporal é um fator que domina a variação entre indivíduos e entre populações (Kaliontzopoulou et al, 2018) e atuou com significância em nossos resultados. A medida CRA foi a única afetada pelas três variáveis preditoras (crc, localidade e sexo), o que sugere que essa medida não é morfologicamente estável e reflete a interação de fatores de tamanho corporal, sexuais e geográficos em *H. mabouia*, causando uma divergência entre as populações associada a plasticidade fenotípica ou a adaptação local (Kaliontzopoulou et al, 2018).

O comprimento lábio glotal (CLG) não foi afetado por nenhuma das variáveis observadas, o que mostra que essa medida se manteve constante na espécie. O comprimento dorsal da laringe (CDL), comprimento ventral da laringe (CVL), a distância do processo lateral lábio glotal (DPLLG), a largura da laringe (LL) e a largura da traqueia (LT) foram afetadas pela localidade. No entanto, nenhuma delas foi influenciada pelo tamanho corpóreo ou pelo sexo. O fato dessas medidas terem sido afetadas pela localidade indica que existe uma variação geográfica que pode estar associada à plasticidade fenotípica.

A literatura mostra que certos aspectos físicos da anatomia influenciam diretamente como a emissão de sons pode se comportar (Rohtla et al, 2019), de modo que tais variações encontradas podem ter relação direta com os padrões acústicos (vocalização) das populações. Aspectos físicos da anatomia como o formato da laringe e da traqueia influenciam a frequência, potência e dinâmica dos sons emitidos em Gekkota (Rohtla et al, 2019). A largura da laringe e o comprimento do lábio glotal estão correlacionados aos diferentes tipos de chamados produzidos (e.g *advertisement calls* e *distress calls*) (Rohtla et al, 2019). A largura da traqueia relativa ao tamanho corporal é associada a diversas medidas de frequência, que estão correlacionadas negativamente ao tamanho da laringe (maior laringe = frequência mais baixa – graves) (Rohtla et al, 2019). Além disso, alterações na abertura da glote durante a fonação podem influenciar a produção de diferentes tipos de chamados

(Moore et al, 1991; Russell et al, 2000). A qualidade do som produzido depende de diversos fatores, como a forma e as dimensões das estruturas vibratórias, a tensão aplicada sobre essas estruturas e a presença ou não de uma câmara de ressonância para ampliação do som (Russell et al, 2000). Sendo assim, as variações encontradas neste estudo podem estar diretamente relacionadas à diferentes capacidades de vocalização entre populações.

Estudos sobre a variação morfológica em *Hemidactylus* demonstram variação entre populações. Um estudo com *H. steinegeri* utilizando carateres morfométricos e merísticos indicou uma diferença entre a população do Vietnã das populações da Philipinas e Taiwan (Ota et al, 1993). Outro trabalho relatou a diferença entre grupos insulares e continentes de algumas espécies de *Hemidactylus* do clado árido (Garcia-Porta et al, 2016). Um trabalho sobre *H. frenatus*, uma espécie invasora na Austrália, identificou variação na coloração para a adaptação a ambientes naturais e urbanos (Laven et al, 2025). Um estudo mais recente também apontou diferenças morfológicas entre populações de *H. mabouia*, com um foco maior no desenvolvimento ontogenético e genético dos indivíduos, onde as diferenças pareciam estar ligadas a adaptações ao ambiente (Luzete et al, 2022).

Espécies invasoras detêm de vários atributos que as conferem vantagens sobre outros táxons nativos (Pinho et al, 2023). A plasticidade adaptativa que essas espécies possuem fazem com que a colonização e a persistência em novos ambientes seja facilitada (Jardeleza et al, 2022). Mesmo que *H. mabouia* seja mais comum em áreas urbanas, essa alta variabilidade morfológica que essa espécie apresenta permite que ela ocupe ambientes naturais de diversos biomas brasileiros (Rödder et al, 2008; Pinho et al, 2023). Apesar da amostragem superior de indivíduos que a população de Brasília apresentou em comparação com as demais populações amostradas, ainda assim os resultados da estatística mostraram que existiu uma variabilidade morfológica da região laringotraqueal nessas populações. Invasões biológicas oferecem uma ótima oportunidade para estudar a evolução fenotípica, pois condições ambientais diferentes podem influenciar as populações introduzidas a pressões seletivas (Kolbe et al, 2007).

Conclusão

Em conclusão, nossos resultados mostram que *Hemidactylus mabouia* segue um padrão morfológico de laringe e traqueia conservados com o que já se sabe sobre outros representantes de Gekkota. Conseguimos identificar dimorfismo sexual na musculatura associada a laringe, que pode estar relacionado a uma possível maior eficiência da comunicação vocal, no entanto mais estudos devem ser realizados para confirmar essa relação. As transições epiteliais na mucosa interna da laringe apresentaram estruturas com características das cordas vocais, mas não foi possível identificar com clareza a presença de fibras elásticas. É necessário que estudos futuros com corantes específicos para elastina sejam realizados para comprovar a sua presença, já que isso é uma característica fundamental que difere os Gekkota de outros répteis que vocalizam utilizando o aparato vocal. A variação regional encontrada de características morfológicas, como a posição da laringotraqueia que varia por influência do tamanho corporal, sexo e localidade, e as demais medidas da região laringotraqueal que foram fortemente influenciadas pela localidade, indicam uma plasticidade fenotípica dessa espécie invasora.

Referências Bibliográficas

- Agarwal, I., Ceríaco, L. M. P., Metallinou, M., Jackman, T. R., & Bauer, A. M. (2021). How the African house gecko (*Hemidactylus mabouia*) conquered the world. *Royal Society Open Science*, 8(8). <https://doi.org/10.1098/rsos.210749>
- Almeida-Gomes, M., Vrcibradic, D., Siqueira, C. C., Kiefer, M. C., Klaion, T., Almeida-Santos, P., Nascimento, D., Ariani, C. V., Borges, V. N. T., Freitas-Filho, R. F., Van Sluys, M., & Rocha, C. F. D. (2008). Herpetofauna of an Atlantic rainforest area (Morro São João) in Rio de Janeiro State, Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 80(2), 291–300. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652008000200007>
- Andrade, M. J. M., Sales, R., & Freire, E. M. X. (2020). Autecology of the gecko *Hemidactylus agrius* in a protected area of the Brazilian semiarid Caatinga. *Herpetological Conservation and Biology*, 15, 567.
- Anjos, L. A. dos, & Rocha, C. F. D. (2008). A Lagartixa *Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnes, 1818 (Gekkonidae): uma espécie exótica e invasora amplamente estabelecida no Brasil. *Natureza & Conservação*, 6(1), 78–89.

Anjos, L. A., & Rocha, C. F. D. (2008). Reproductive ecology of the invader species gekkonid lizard *Hemidactylus mabouia* in an area of southeastern Brazil. *Iheringia - Serie Zoologia*, 98(2), 205–209. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000200006>

Baeckens, S., Llusia, D., García-Roa, R., & others. (2019). Lizard calls convey honest information on body size and bite performance: A role in predator deterrence? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 73(6), 1–11.

Bauer, A. M. (2013). *Geckos: The animal answer guide*. Johns Hopkins University Press.

Carranza, S., & Arnold, E. N. (2006). Systematics, biogeography, and evolution of *Hemidactylus* geckos (Reptilia: Gekkonidae) elucidated using mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 38(2), 531–545. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2005.07.012>

Carranza, S., & Arnold, E. N. (2012). A review of the geckos of the genus *Hemidactylus* (Squamata: Gekkonidae) from Oman based on morphology, mitochondrial and nuclear data, with descriptions of eight new species. *Zootaxa*, 3378, 1–95. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3378.1.1>

Chen, J., Jono, T., Cui, J., Yue, X., & Tang, Y. (2016). The acoustic properties of low intensity vocalizations match hearing sensitivity in the webbed-toed gecko, *Gekko subpalmatus*. *PLoS ONE*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146677>

Colafrancesco, K. C., & Gridi-Papp, M. (2016). *Vocal Sound Production and Acoustic Communication in Amphibians and Reptiles*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27721-9_3

Costa, H. C., & Bérnls, R. S. (2018). Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista de espécies Macroecology and Biogeography of Tropical Vertebrates View project. *Herpetologia Brasileira*, 1930(April). www.sbherpetologia.org.br

Daza, J. D., Bauer, A. M., & Snively, E. D. (2014). On the fossil record of the Gekkota. *Anatomical Record*, 297(3), 433–462. <https://doi.org/10.1002/ar.22856>

Fernandes, I. Y., Koch, E. D., & Mônico, A. T. (2023). First record of a snake call in

South America: the unusual sound of an ornate snail-eater *Dipsas catesbyi*. *Acta Amazonica*, 53(3), 243–245. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202300431>

Frankenberg, E, & Werner, Y. L. (1991). Vocal communication in the Reptilia - facts and questions. *Acta Zoologica*, 41(March), 45–62.

Frankenberg, Eliezer. (1982). Social Behaviour of the Parthenogenetic Indo-Pacific Gecko, *Hemidactylus garnotii*. *Zeitschrift Für Tierpsychologie*, 59(1), 19–28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1982.tb00329.x>

Gamble, T., Bauer, A. M., Colli, G. R., Greenbaum, E., Jackman, T. R., Vitt, L. J., & Simons, A. M. (2011). Coming to America: Multiple origins of New World geckos. *Journal of Evolutionary Biology*, 24(2), 231–244. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2010.02184.x>

Gamble, Tony, Bauer, A. M., Greenbaum, E., & Jackman, T. R. (2008). Evidence for Gondwanan vicariance in an ancient clade of gecko lizards. *Journal of Biogeography*, 35(1), 88–104. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01770.x>

Gans, C., & Maderson, P. F. A. (1973). Sound producing mechanisms in recent reptiles: Review and comment. *Integrative and Comparative Biology*, 13(4), 1195–1203. <https://doi.org/10.1093/icb/13.4.1195>

Garcia-Porta, J., Smid, J., Sol, D., Fasola, M., & Carranza, S. (2016). Testing the island effect on phenotypic diversification: Insights from the *Hemidactylus* geckos of the Socotra Archipelago. *Scientific Reports*, 6, Article 23729. <https://doi.org/10.1038/srep23729>

Garner, A. M., Pamfilie, A. M., Hamad, E. J., Kindig, R., Taylor, J. T., Unsworth, C. K., & Niewiarowski, P. H. (2020). Home-field advantage: Native gecko exhibits improved exertion capacity and locomotor ability in structurally complex environments relative to its invasive counterpart. *Frontiers in Zoology*, 17(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12983-020-00368-8>

Hibbitts, T. J., Whiting, M. J., & Stuart-Fox, D. M. (2007). Shouting the odds: Vocalization signals status in a lizard. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61(8), 1169–1176. <https://doi.org/10.1007/s00265-006-0330-x>

Hosseinzadeh, M., & Rastegar-Pouyani. (2014). Morphological Study of *Hemidactylus* Geckos (Squamata:Gekkonidae) from Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics (IJAB)*, 10(2), 175–184. <https://doi.org/10.22067/ijab.v10i2.42237>

Jardeleza, M.-K., Koch, J., Pearse, I., Ghalambor, C., & Hufbauer, R. (2021). The roles of phenotypic plasticity and adaptation in morphology and performance of an invasive species in a novel environment. *Ecological Entomology*, 47(1), [páginas do artigo, se souber]. <https://doi.org/10.1111/een.13087>

Jono, T., & Inui, Y. (2012). Secret calls from under the eaves: Acoustic behavior of the Japanese house Gecko, *Gekko japonicus*. *Copeia*, 2012(1), 145–149. <https://doi.org/10.1643/CE-10-169>

Kalontzopoulou, A., Pinho, C., & Martínez-Freiría, F. (2018). Where does diversity come from? Linking geographical patterns of morphological, genetic, and environmental variation in wall lizards. *BMC Evolutionary Biology*, 18(1), 124. <https://doi.org/10.1186/s12862-018-1237-7>

Kluge, A. G. (1969). The evolution and geographical origin of the New World *Hemidactylus mabouia-brookii* complex (Gekkonidae, Sauria). *Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology, University of Michigan*, 138, 1–78.

Kolbe, J. J., Larson, A., & Losos, J. B. (2007). Differential admixture shapes morphological variation among invasive populations of the lizard *Anolis sagrei*. *Molecular Ecology*, 16(8), 1579–1591. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.03135.x>

Labra, A., Silva, G., Norambuena, F., Velásquez, N., & Penna, M. (2013). Acoustic features of the weeping Lizard's Distress call. *Copeia*, 2, 206–212. <https://doi.org/10.1643/CE-12-026>

Labra, A., Sufán-Catalán, J., Solis, R., & Penna, M. (2007). Hissing sounds by the lizard *Pristidactylus volcanensis*. *Copeia*, 2007(4), 1019–1023. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2007\)7\[1019:HSBTL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2007)7[1019:HSBTL]2.0.CO;2)

Lapwong, Y., Dejtaradol, A., & Webb, J. K. (2021). Plasticity in thermal hardening of the invasive Asian house gecko. *Evolutionary Ecology*, 35(4), 631–641.

<https://doi.org/10.1007/s10682-021-10116-x>

Laven, N., Higbie, M., Coquille, Y., & Hoskin, C. J. (2025). Facultative brightness-change in an invasive gecko entering a novel background environment. *Biological Invasions*, 27(7). <https://doi.org/10.1007/s10530-025-03615-3>

Luzete, J., Giugliano, L. G., & Klaczko, J. (2022). Evaluating the drivers and engines of morphological diversification in the invasive gecko *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnès, 1818) (Squamata: Gekkonidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 137(3), 475–495. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blac102>

Mahendra, B. C. (1947). Contributions to the bionomics, anatomy, reproduction and development of the Indian house-gecko *Hemidactylus flaviviridis* Rüppel. IV. The respiratory and vocal organs. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences, Section B*, 25(3), 57–73.

Marcellini, D. (1977). Acoustic and visual display behavior of gekkonid lizards. *Integrative and Comparative Biology*, 17(1), 251–260. <https://doi.org/10.1093/icb/17.1.251>

Marcellini, D. L. (1974). Acoustic behavior of the gekkonid lizard, *Hemidactylus frenatus*. *Herpetologica*, 30, 44–52.

Marcellini, D. L. (1978). The acoustic behavior of lizards. In N. Greenberg & P. D. MacLean (Eds.), *Behavior and neurology of lizards* (pp. 287–300). National Institute of Mental Health.

McMahan, C. D., & Zug, G. R. (2007). Burmese *Hemidactylus* (Reptilia, Squamata, Gekkonidae): geographic variation in the morphology of *Hemidactylus bowringii* in Myanmar and Yunnan. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 58(23–30), 485–509.

Meyer, D., Brownstein, C. D., Jenkins, K. M., & Gauthier, J. A. (2023). A Morrison stem gekkotan reveals gecko evolution and Jurassic biogeography. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 290(2021). <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.2284>

Moore, B. A., Russell, A. P., & Bauer, A. M. (1991). Structure of the larynx of the tokay gecko (*Gekko gecko*), with particular reference to the vocal cords and glottal lips. *Journal of Morphology*, 210(3), 227–238. <https://doi.org/10.1002/jmor.1052100303>

Ota, H., Darevsky, I. S., Kupriyanova, L. A., Hikida, T., Lue, K. Y., Chen, S. H., & Hayashi, T. (1993). Geographic variation in the parthenogenetic lizard *Hemidactylus stejnegeri* Ota and Hikida 1989 (Gekkonidae: Reptilia), with comments on recently discovered male phenotypes. *Tropical Zoology*, 6(1), 125–142.

Passos, D. C., & Wachlevski, M. (2019). As vozes dos lagartos brasileiros: Descrição das vocalizações de três lagartos (Gekkota). In *Anais do IX Congresso Brasileiro de Herpetologia, Campinas, SP*. Galoá. Available at <https://proceedings.science/cbh-2019/trabalhos/as-vozes-dos-lagartos-brasileiros-descricao-das-vocalizacoes-de-tres-lagartos-ge?lang=pt-br>

Phongkangsananan, N., Schwarzkopf, L., & Pike, D. A. (2014). Chatty females and quiet males: Complex vocal communication in the Northern Dtella, *Gehyra dubia*. *Herpetological Conservation and Biology*, 9(2), 285–296.

Phongkangsananan, N., Schwarzkopf, L., & Pike, D. A. (2014). **Chatty** females and quiet males: Complex vocal communication in the Northern Dtella, *Gehyra dubia*. *Herpetological Conservation and Biology*, 9(2), 285–296.

Pinho, C. J., Cardoso, L., Rocha, S., & Vasconcelos, R. (2023). Aliens on Boats? The Eastern and Western Expansion of the African House Gecko. *Genes*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/genes14020381>

Posit Team. (2025). *RStudio: Integrated development environment for R*. Posit Software, PBC. <http://www.posit.co/>

R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

Regalado, R. (2003). Roles of visual, acoustic, and chemical signals in social interactions of the Tropical House Gecko (*Hemidactylus mabouia*). *Caribbean Journal of Science*, 39(3), 307–320.

Rittenhouse, D. R., Russell, A. P., & Bauer, A. M. (1997). Laryngotracheal morphology of the *Uroplatus fimbriatus* complex (Reptilia: Gekkonidae): Yet another autapomorphic organ system in a group of highly aberrant geckos. *African Journal of Herpetology*, 46(1), 36–48. <https://doi.org/10.1080/21564574.1997.9649974>

Rittenhouse, D. R., Russell, A. P., & Bauer, A. M. (1998). The larynx and trachea of the barking gecko, *Ptenopus garrulus maculatus* (Reptilia: Gekkonidae) and their relation to vocalization. *South African Journal of Zoology*, 33(1), 23–30. <https://doi.org/10.1080/02541858.1998.11448449>

Rocha, C. F. D., & Bergallo, H. G. (2011). Occurrence and distribution of the exotic lizard *Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnès, 1818 in Ilha Grande, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71(2), 447–450.

Rödder, D., Solé, M., & Böhme, W. (2008). Predicting the potential distributions of two alien invasive house geckos (Gekkonidae: *Hemidactylus frenatus*, *Hemidactylus mabouia*). *North-Western Journal of Zoology*, 4(2), 236–246.

Rohtla, E. A., Jr, Russell, A. P., & Bauer, A. M. (2019). Sounding Off: Relationships between call properties, body size, phylogeny, and laryngotracheal form of geckos. *Herpetologica*, 75(3), 175–197. <https://doi.org/10.1655/D-19-00021>

Russell, A. P., & Bauer, A. M. (2020). Vocalization by extant nonavian reptiles: A synthetic overview of phonation and the vocal apparatus. *Anatomical Record*, 304(7), 1478–1528. <https://doi.org/10.1002/ar.24553>

Russell, A. P., Rittenhouse, D. R., & Bauer, A. M. (2000). Laryngotracheal morphology of Afro-Madagascan geckos: A comparative survey. *Journal of Morphology*, 245(3), 241–268. Suthers, R. A., Fitch, W. T., Fay, R. R., & Popper, A. N. (2016). *Vertebrate sound production and acoustic communication*. Springer.

Taylor, W. R., & Van Dyke, G. C. (1985). Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. *Cybium*, 9, 107–119.

Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R., Reyes, F., Kudera, J., & Hošek, J. (Eds.). (2025). *The reptile database*. <http://www.reptile-database.org> (Accessed June 25, 2025)

Vences, M., Wanke, S., Vieites, D. R., Branch, W. R., Glaw, F., & Meyer, A. (2004). Natural colonization or introduction? Phylogeographical relationships and morphological differentiation of house geckos (*Hemidactylus*) from Madagascar. *Biological Journal of the Linnean Society*, 83(1), 115–130. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2004.00370.x>

Weterings, R., & Vetter, K. C. (2018). Invasive house geckos (*Hemidactylus spp.*): Their current, potential and future distribution. *Current Zoology*, 64(5), 559–573. <https://doi.org/10.1093/cz/zox052>

Whitney, K. D., & Gabler, C. A. (2008). Rapid evolution in introduced species, “invasive traits” and recipient communities: Challenges for predicting invasive potential. *Diversity and Distributions*, 14(4), 569–580. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00473.x>

Anexo A: LISTA DE ESPÉCIMES EXAMINADOS

Siglas:

♀ Exemplar fêmea adulta.

♂ Exemplar macho adulto.

¹ Exemplar com região laringotraqueal dissecada para a descrição da musculatura associada.

² Exemplar teve a região laringotraqueal diafanizada para a descrição da cartilagem.

³ Exemplar teve a região laringotraqueal submetida a análise de histologia.

Acrônimos das Instituições de Empréstimo:

Laboratório de Anatomia Comparada de Vertebrados (LACV) – UnB; Coleção de Herpetologia do Semiárido (CHSA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA; Museu de Biologia Mello Leitão (MBML) - Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA); Instituto Nacional Pesquisa da Amazônia (INPA) - Coleção de Anfíbios e Répteis; Coleção Herpetológica de Ribeirão Preto (CHRP) – USP.

Hemidactylus agrius (n= 18) **BRASIL**. Rio Grande do Norte (RN): Mossoró: CHSAR550♀¹, CHSAR566♂^{1,3}, CHSAR567♂^{1,3}, CHSAR724♀¹, CHSAR729♀^{1,2}, CHSAR2226♂¹, CHSAR2227♀^{1,2}, CHSAR2228♂^{1,3}, CHSAR2229♀^{1,3}, CHSAR2230♂^{1,3}, CHSAR2231♂^{1,2}, CHSAR2233♀^{1,3}, CHSAR2235♀¹,

CHSAR2236♀¹, CHSAR2238♂^{1,2}, CHSAR2239♀^{1,3}, CHSAR2241♀^{1,3},
CHSAR2242♀^{1,2}.

Hemidactylus brasiliensis (n= 12). **BRASIL**. Bahia (BA): Caitité: CHSAR2176♀^{1,3}. Rio Grande do Norte (RN): Tenente Laurentino Cruz: CHSAR2460♀¹, CHSAR2461♂^{1,3}, CHSAR2462♂¹, CHSAR2463♀^{1,3}, CHSAR2563♀^{1,2}, CHSAR2564♂^{1,3}, CHSAR2565♂^{1,2}, CHRP05458♀¹, CHRP05459♂¹, CHRP05460♂^{1,3}, CHRP05461♀^{1,3}.

Hemidactylus mabouia (n= 107) **BRASIL**. Rio Grande do Norte (RN): Mossoró: CHSAR2416♂¹, CHSAR2417♀¹, CHSAR2480♂¹; Cerro corá: CHSAR2515♀^{1,3}, CHSAR2517♂^{1,3}. Amazonas (AM): Manaus: INPA-H35949♀^{1,3}, INPA-H35980♂^{1,3}, INPA-H36009♂¹. Bahia (BA): Feira de Santana: LACV 4112♂¹, LACV 4113♂¹, LACV 4118♀¹, LACV 4119♀¹, LACV 4121♀¹, LACV 4134♂¹; Bahia (BA): Salvador: LACV 4137♂¹, LACV 4144♂¹, LACV 4155♀¹, LACV 4161♀¹, LACV 4162♀¹, LACV 4165♂¹. Pernambuco (PE): Recife: LACV 4108♂¹, LACV 4168♀¹, LACV 4169♀¹, LACV 4171♀¹, LACV 4172♀¹, LACV 4173♀¹, LACV 4182♀¹, LACV 4191♂¹. Rio de Janeiro (RJ): LACV 4042♂¹, LACV 4044♂¹, LACV 4045♀¹, LACV 4067♂¹; Rio de Janeiro: Seropédica: LACV 4055♀¹, LACV 4056♀¹, LACV 4062♀¹. Goiás (GO) e Distrito Federal (DF): LACV 3579♂^{1,3}, LACV 3888♀^{1,2}, LACV 3891♀¹, LACV 3892♀^{1,2}, LACV 3893♂^{1,2}, LACV 3894♂¹, LACV 3901♀^{1,2}, LACV 3918♀¹, LACV 3919♀^{1,2}, LACV 3920♀^{1,2}, LACV 3921♀^{1,2}, LACV 3923♀¹, LACV 3924♀^{1,2}, LACV 3925♂^{1,2}, LACV 3926♀^{1,2}, LACV 3927♀¹, LACV 3928♂^{1,2}, LACV 3929♀¹, LACV 3930♂¹, LACV 3931♂^{1,2}, LACV 3933♀^{1,3}, LACV 3935♀¹, LACV 3936♂^{1,2}, LACV 3938♂^{1,3}, LACV 3940♂¹, LACV 3941♀^{1,3}, LACV 3944♀¹, LACV 3945♂¹, LACV 3946♀^{1,2}, LACV 3947♀¹, LACV 3948♀¹, LACV 3949♀^{1,3}, LACV 3950♂^{1,2}, LACV 3951♂¹, LACV 3953♀¹, LACV 3954♂^{1,3}, LACV 4068♂^{1,2}, LACV 4071♀¹, LACV 4072♀¹, LACV 4073♂¹, LACV 4075♀^{1,2}, LACV 4077♂^{1,2}, LACV 4080♀¹, LACV 4082♂^{1,2}, LACV 4084♀^{1,2}, LACV 4086♂^{1,2}, LACV 4097♀¹, LACV 4106♂^{1,2}. Tocantins (TO): Palmas: LACV 4196♂¹, LACV 4200♀¹, LACV 4201♀¹, LACV 4204♀¹, LACV 4205♂¹, LACV 4206♂¹, LACV 4209♂¹, LACV 4216♀¹, LACV 4218♂¹, LACV 4221♀¹, LACV 4223♂¹, LACV 4224♂¹. Espírito Santo (ES): Anchieta: MBML-1386♀¹, MBML-1462♂^{1,2}, MBML-1468♂¹, MBML-1482♂^{1,3}, MBML-1483♀¹, MBML-1505♀¹, MBML-1519♀^{1,2}, MBML-1602♀¹, MBML-1672♂^{1,3}; Vitória: MBML-3192♀¹, MBML-3199♀^{1,2}, MBML-3200♂¹, MBML-3202♂¹.

Hemidactylus palaichthys (n= 6) **BRASIL.** Amazonas (AM): Manaus: INPA-H43595♀^{1,2}, INPA-43596♀^{1,3}, INPA-H43597♀^{1,3}, INPA-H43598♂^{1,3}, INPA-H43599♂^{1,2}, INPA-H43600♀¹.