

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

ANNY CAROLINY SANTOS LOZ

**DIVERSIDADE TAXONÔMICA E DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DO
GÊNERO *AMEROTYPHLOPS* (SQUAMATA: TYPHLOPIDAE) NO
ESTADO DE ALAGOAS, NORDESTE DO BRASIL E FISIOLOGIA
TÉRMICA DE *AMEROTYPHLOPS BRONGERSMIANUS* (VANZOLINI,
1976)**

MACEIÓ
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

ANNY CAROLINY SANTOS LOZ

**DIVERSIDADE TAXONÔMICA E DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DO
GÊNERO *AMEROTYPHLOPS* (SQUAMATA: TYPHLOPIDAE) NO
ESTADO DE ALAGOAS, NORDESTE DO BRASIL E FISIOLOGIA
TÉRMICA DE *AMEROTYPHLOPS BRONGERSMIANUS* (VANZOLINI,
1976)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de
graduação em Ciências
Biológicas na Universidade
Federal de Alagoas, como
requisito para a obtenção do grau
de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Orientadora: Dra. Tamí Mott

MACEIÓ
2022

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

L925d Loz, Anny Caroliny Santos.

Diversidade taxonômica e distribuição potencial do gênero *Amerotyphlops* (Squamata: Typhlopidae) no estado de Alagoas, nordeste do Brasil e fisiologia térmica do *Amerotyphlops brongersmianus* (Vanzolini, 1976) / Anny Caroliny Santos Loz. – Maceió, 2022.

32 f. : il.

Orientadora: Tamí Mott.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas: bacharelado) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 28-32.

1. Serpentes. 2. Taxonomia integrativa. 3. Modelagem de distribuição de espécies. 4. Mudanças climáticas. I. Título.

CDU: 57.063:598.12

DEDICATÓRIA

À vida. E a beleza que é viver!

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a uma força superior, uma energia, talvez... ou para melhor compreensão, posso chamar de Deus. Mediante aos acontecimentos da minha vida, não consigo ser cética o suficiente a ponto de não acreditar em nada. Agradeço a essa energia por ter sido, para mim, um guia e uma ancora.

Agradeço imensamente aos meus pais, Luciana Santos Lóz e Edvaldo Ferreira Loz, que mesmo sem entender muito bem o meu trabalho e a minha trajetória universitária, nunca me desampararam, duvidaram de mim e do meu potencial, muito menos mediram esforços para mim e meus estudos. Ao meus pais, todo o meu amor e gratidão!

Agradeço a toda minha família paterna, tios e tias, primos e primas, avô e avó. Agradeço muito a minha família por parte de mãe, tios e tias, primos e primas, eu senti de verdade o carinho e admiração de vocês por mim. E não posso deixar de agradecer especialmente ao meu Vô Toinho e minha Vó Rita (ambos *in memoriam*), eu aprendi tanto com vocês e guardo memórias incríveis, eu sei que estariam/estão orgulhosos de mim.

Agradeço aos meus amigos de Penedo e as amigas que eu carrego desde a infância. Agradeço aos amigos que a universidade me proporcionou, agradeço por cada palavra de apoio e até mesmo pelo sentimento de “estamos no mesmo barco: o Titanic”.

Agradeço aos meus colegas de laboratório por toda a ajuda. E agradeço também a minha orientadora. Tamí, obrigada por cada ensinamento e direcionamento. Tem sido uma honra ser sua aluna. Agradeço às professoras Luisa Maria Diele-Viegas e Selma Torquato da Silva pelo interesse e disponibilidade em compor a minha banca de TCC.

Agradeço também a universidade pública e de qualidade por proporcionar oportunidades que eu jamais conseguiria em outro lugar. E agradeço também a minha escolha de curso. Sou muito grata por toda a visão de mundo que a biologia me proporcionou. Tenho certeza que nenhum outro curso seria capaz disso.

E por último, não poderia deixar de agradecer imensamente a mim. Isso mesmo! agradeço a mim, por não ter desistido quando, por diversas vezes, pensei e quis desistir. Agradeço por todas as vezes que segui firme, mesmo me sentindo cansada e incapaz. Passar por toda essa trajetória acadêmica, com certeza provou o

grande potencial que tenho e que em hipótese alguma eu devo duvidar de mim. A mim, todo o amor e acolhimento do mundo!

**Obrigada a tudo e a todos que de alguma forma contribuíram na
minh trajetória até aqui. Sem vocês eu não teria conseguido!**

EPÍGRAFE

*“If you wanna make the
world a better place, take a
look at yourself and make a
change”*

– Michael Jackson

RESUMO

Scolecophidia é um grupo de serpentes fossoriais de distribuição principalmente tropical. A família mais especiosa desta infraordem é Typhlopidae com aproximadamente 275 espécies atuais. Dentre os 18 gêneros alocados nesta família, *Amerotyphlops*, com distribuição neotropical, inclui 15 espécies, sete destas já registradas para o Brasil e quatro para o território alagoano. No entanto, essa diversidade está provavelmente subestimada pois devido seu hábito fossorial e consequente difícil encontro e coleta, ainda existem lacunas tanto no conhecimento taxonômico (déficit linneano) como na distribuição geográfica (déficit wallaceano) para este grupo de serpentes. Para preencher essas lacunas, a utilização de diferentes abordagens tem se mostrado eficiente. Neste estudo, dados morfológicos e moleculares foram integrados para avaliar a diversidade taxonômica de *Amerotyphlops* em Alagoas. Através da modelagem de distribuição de espécie (MDE), áreas em Alagoas com adequabilidade ambiental para algumas espécies foram apontadas visando direcionar esforços de campo. E, finalmente, a fisiologia térmica de uma espécie de *Amerotyphlops* foi estudada em laboratório. Dezesete espécimes de *Amerotyphlops* tiveram sua morfologia (16 caracteres contínuos e quatro discretos) aferidas. Dezenove amostras de tecido muscular ou hepático de cinco localidades de Alagoas tiveram o DNA genômico total extraído, e um fragmento do gene mitocondrial 16SrRNA amplificado, sequenciado e alinhado com sequências de seus coespecíficos. MDE utilizando 62 pontos de ocorrência para *A. brongersmianus* e oito pontos para *A. paucisquamus*, e oito variáveis ambientais foram realizados no algoritmo Maxent. Para fisiologia térmica, a temperatura preferencial (T_{pref}), temperaturas voluntárias mínima e máxima (V_{tmin} e V_{tmax}), temperaturas críticas mínima (C_{tmin}) e máxima (C_{tmax}) foram aferidas e a margem de segurança térmica de cinco indivíduos de *A. brongersmianus* foi calculada. Esse estudo pôde confirmar que quatro espécies de *Amerotyphlops* ocorrem no estado de Alagoas (*A. amoipira*, *A. arenensis*, *A. brongersmianus* e *A. paucisquamus*), sendo o registro de *A. arenensis* uma ampliação da distribuição em 280 km ao extremo sul da sua localidade tipo em Areia, Paraíba. A MDE apontou o leste alagoano como área com alta adequabilidade ambiental para a ocorrência de *A. brongersmianus*, enquanto o sudoeste alagoano apresentou adequabilidade ambiental para *A. paucisquamus* ocorrer, sendo estas áreas indicadas para direcionar esforços de coleta. Os indivíduos de *A. brongersmianus* apresentaram T_{pref} média de 27,06°C, V_{tmin} e V_{tmax} média de 25,4°C e 28,7°C, respectivamente e margem de segurança térmica de 3,3°C. Os valores médios das críticas foram C_{tmin} 11,53°C e C_{tmax} 40,18°C. Com isso, observamos que esta espécie pode se tornar suscetível caso o cenário que prevê o aquecimento de 4,5°C aconteça. Os resultados obtidos neste estudo contribuem para reduzir o déficit wallaceano e trazem informações inéditas sobre fisiologia térmica para este gênero tão pouco conhecido de serpente fossorial.

Palavras-chave: serpentes; taxonomia integrativa; modelagem de distribuição de espécie; mudanças climáticas

ABSTRACT

Scolecophidia is a group of fossorial snakes with a main tropical distribution. The most specious family of this infraorder is Typhlopidae with approximately 275 current species. Among the 18 genera allocated to this family, *Amerotyphlops*, with neotropical distribution, includes 15 species, seven of which have already been recorded for Brazil and four for the state of Alagoas. However, this diversity is probably underestimated because, due to its fossorial habit and consequent difficulty in finding and collecting, there are still gaps in both taxonomic knowledge (Linnean deficit) and geographic distribution (Wallacean deficit) for this group of snakes. To fill these gaps, the use of different approaches has been shown to be efficient. In this study, morphological and molecular data were integrated to assess the taxonomic diversity of *Amerotyphlops* in Alagoas. Through species distribution modeling (SDM), areas in Alagoas with environmental suitability for some species were identified directing field efforts. And finally, the thermal physiology of a species of *Amerotyphlops* was measured in the laboratory. Seventeen *Amerotyphlops* specimens had their morphology (16 continuous and four discrete characters) checked. Nineteen samples of muscle or liver tissue from five locations in Alagoas had the total genomic DNA extracted, and a fragment of the mitochondrial gene 16SrRNA amplified, sequenced and aligned with its cospecific sequences. SDM using 62 occurrence points for *A. brongersmianus* and eight points for *A. paucisquamus*, and eight environmental variables were performed using Maxent algorithm. And for thermal physiology, the preferential temperature (T_{pref}), minimum and maximum voluntary temperatures (V_{tmin} and V_{tmax}), minimum (C_{tmin}) and maximum (C_{tmax}) critical temperatures and the thermal safety margin of five individuals of *A. brongersmianus* were measured. This study confirmed that four species of *Amerotyphlops* occur in the state of Alagoas (*A. amoipira*, *A. arenensis*, *A. brongersmianus* and *A. paucisquamus*), with the record of *A. arenensis* having its distribution extended by 280 km to the southern of its type-locality in Areia, Paraíba. The SDM pointed east Alagoas as an area with high environmental suitability for the occurrence of *A. brongersmianus*, while southwest Alagoas showed environmental suitability for *A. paucisquamus* to occur, being these areas indicated to direct collection efforts. The individuals of *A. brongersmianus* had a mean T_{pref} of 27.06°C, a mean V_{tmin} and V_{tmax} of 25.4°C and 28.7°C, respectively, and a thermal safety margin of 3.3°C. The average values of critical temperatures were C_{tmin} 11.53°C and C_{tmax} 40.18°C. With this, we observe that this species may become susceptible under the scenario that predicts a warming of 4.5°C. The data obtained in this study contribute to reduce the Wallacean deficit and bring new data on thermal physiology for this little-known genus of fossorial snake.

Keywords: snakes; integrative taxonomy; species distribution modeling; climate changes

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. OBJETIVOS GERAIS	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. MATERIAL BIOLÓGICO.....	16
3.2. ABORDAGEM MORFOLÓGICA.....	16
3.3. ABORDAGEM MOLECULAR	17
3.4. MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIE	18
3.5. FISIOLOGIA TÉRMICA.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. ABORDAGEM MORFOLÓGICA.....	20
4.2. ABORDAGEM MOLECULAR	22
4.3. MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIE	24
4.4. FISIOLOGIA TÉRMICA.....	26
5. CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

A região Neotropical se destaca no cenário mundial por sua elevada biodiversidade e endemismo singular (MYERS et al., 2000; CEBALLOS e EHRLICH, 2006; ROLL et al., 2017). Entretanto, estudos recentes enfatizaram que esta riqueza de espécies ainda é subestimada (MORA et al., 2011; MOURA e JETZ, 2021). Os répteis representam o grupo de vertebrados terrestres do qual mais espécies serão descritas nos próximos anos, principalmente na região Neotropical (MOURA e JETZ, 2021).

Mais de 11.730 espécies atuais de répteis já foram descritas, sendo 30% desta riqueza representada pelas serpentes (UETZ et al., 2022). As serpentes são solitárias em sua maioria e o encontro com estes animais ocorre geralmente fortuitamente (GREENE, 1997). Se o encontro com uma serpente é raro, esta dificuldade aumenta ainda mais quando estes animais habitam o ambiente subterrâneo. Cerca de 10% das serpentes atuais pertencem a infraordem Scolecophidia, um grupo de serpentes fossoriais conhecidas popularmente como cobras-cegas (GREENE, 1997). Este grupo é o mais antigo de serpentes atuais (HEDGES et al., 2014). Embora sua origem ainda não seja bem esclarecida, acredita-se que o grupo surgiu em algum momento entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior (160 – 125 Ma) (FACHINI et al., 2020). No entanto, estas serpentes ainda são pouco representadas em acervos biológicos (BRITO e FREIRE, 2011).

Scolecophidia são serpentes escavadoras (POUGH, JANIS e HEISER, 2008). Estas serpentes apresentam corpo cilíndrico, cabeça não diferenciada do corpo, escamas dorsais indiferenciadas das ventrais (BERNARDE, 2012), olhos vestigiais e tamanho diminuto (aproximadamente 100 - 1.000 mm) (GRABOSKI, 2011). Alimentam-se de pequenos insetos, como formigas e cupins (POUGH, JANIS E HEISER, 2008) e como estratégia de defesa utilizam o espinho caudal (ponta da cauda modificada em espinho) para espetar animais que representem ameaças (ERNST e ZUG, 1996). Atualmente, 461 espécies de 38 gêneros alocados em cinco famílias compõem Scolecophidia (UETZ et al., 2022), sendo estas distribuídas em todos os continentes, exceto Antártida, porém com maior diversidade nas regiões tropicais (HEDGES et al., 2014). A família Typhlopidae, tropical, é a mais especiosa

com aproximadamente 275 espécies distribuídas em 18 gêneros (UETZ et al., 2022).

O gênero *Amerotyphlops* foi proposto por Hedges et al. (2014) para acomodar as 15 espécies descritas de Typhlopidae, as quais estão distribuídas no Novo Mundo, desde o leste do México até o sul da América do Sul (HEDGES et al., 2014). Dentre as 15 espécies, sete ocorrem em território brasileiro: *A. amoipira* (Rodrigues e Juncá, 2002), *A. arenensis* Graboski, Pereira-Filho, Silva, Costa Prudente e Zaher, 2015, *A. brongersmianus* (Vanzolini, 1976), *A. minuisquamus* (Dixon, 1979), *A. paucisquamus* (Dixon, 1979), *A. reticulatus* (Linnaeus, 1758) e *A. yonenagae* (Rodrigues, 1991).

Quatro espécies já foram registradas para o estado de Alagoas (NOGUEIRA et al., 2020). *Amerotyphlops amoipira* foi descrita com base em seis indivíduos coletados nas dunas do Rio São Francisco em Ibiraba, Bahia (RODRIGUES e JUNCÁ, 2002). Endêmica do Brasil, atualmente, a espécie distribui-se nas ecorregiões da Caatinga e áreas de contato com a Mata Atlântica e o Cerrado (NOGUEIRA et al., 2020). Para Alagoas, há registro de ocorrência nos municípios de Piaçabuçu e São José da Laje (BRITO e FREIRE, 2011). A foliose diagnóstica desta espécie inclui 212 - 242 escamas dorsais e 18/18/18 de escamas ao redor do corpo (RODRIGUES e JUNCÁ, 2002). Poucas escamas cefálicas pigmentadas, dorso claro marrom-creme com uma linha paravertebral marrom mais escura na parte anterior do corpo que se estende até a parte posterior, desaparecendo progressivamente em direção a cauda (RODRIGUES e JUNCÁ, 2002).

Amerotyphlops arenensis foi descrita com base em 28 espécimes coletados na Reserva Ecológica Mata do Pau Ferro, no município de Areia no estado da Paraíba, sua localidade tipo (GRABOSKI et al., 2015). A espécie também é endêmica do Brasil, restrita a Caatinga e áreas de contato com a Mata Atlântica e Cerrado (NOGUEIRA, et al., 2020). Para Alagoas, há registro de ocorrência para o município de Quebrangulo, na Reserva Ecológica de Pedra Talhada (GRABOSKI et al., 2018). Esta espécie possui como foliose diagnóstica 204 - 225 escamas dorsais e 18/18/18 de escamas ao redor do corpo (GRABOSKI et al., 2015). A coloração do dorso é marrom-escuro contrastando com o ventre creme claro. O focinho rosado, tanto na porção dorsal quanto na ventral, apresenta algumas manchas marrom-escuras, cobrindo tanto a escama rostral quanto as nasais (GRABOSKI et al., 2015).

Amerotyphlops brongersmianus foi descrita por Vanzolini (1976) com base em apenas um espécime do município de Ilhéus, Bahia. Entretanto, hoje os registros

atestam ampla distribuição na América do Sul (NOGUEIRA et al., 2020), para todas as ecorregiões brasileiras, exceto para Floresta de Araucária e Pampas (NOGUEIRA et al., 2020). Para Alagoas, há registros de ocorrências nos municípios de Campo Alegre, Passo do Camaragibe (GRABOSKI et al., 2018), Ibateguara, Maceió, Murici, Piranhas e Rio Largo (BRITO e FREIRE, 2011). Esta espécie possui 195 - 287 escamas dorsais e 20/20/18 ou 20/20/20 escamas ao redor do corpo (GRABOSKI et al., 2018). Segundo Hedges et al. (2014), a coloração dorsal é marrom e a ventral pálida ou bronzeada.

Amerotyphlops paucisquamus foi descrita para o estado de Pernambuco com base em dois espécimes. Sua localidade tipo é desconhecida, sendo referenciada como “Estado de Pernambuco” (DIXON e HENDRICKS, 1979). Atualmente apresenta distribuição disjunta no Brasil, sendo restrita à porção norte da Mata Atlântica (NOGUEIRA et al., 2020) e à Floresta Amazônica no estado do Maranhão (NOGUEIRA et al., 2020). Em Alagoas, há registro de ocorrência nos municípios de Campo Alegre (GRABOSKI et al., 2018), Coruripe, Flexeiras, Ibateguara, Maceió e Rio Largo (BRITO, 2011). Esta espécie possui um número inferior de escamas dorsais (162 – 209) quando comparado às outras espécies do gênero (GRABOSKI et al., 2015) e 18 escamas ao redor do corpo, sem redução (HEDGES et al., 2014). A coloração pode ser desde marrom à creme, com escama rostral nitidamente destacada em creme (BRITO e FREIRE, 2011).

Uma das lacunas mais preocupantes em nosso conhecimento sobre a biodiversidade é o déficit linneano, representado pela diferença entre o número de espécies existentes e aquelas formalmente descritas (MOURA et al., 2018). Zamani et al. (2022) mostraram que as ferramentas da taxonomia integrativa representam uma estratégia eficiente para desvendar e descrever a biodiversidade. A taxonomia integrativa visa à integração de informações de diferentes conjuntos de dados para delimitar e descrever táxons (DAYRAT, 2005; WILL et al., 2005). Estimativas sugerem a presença de 8,7 milhões de espécies no mundo, das quais cerca de 1,3 milhões de organismos eucariotos foram descritas (MORA et al., 2011). Isto quer dizer que a grande parte das espécies existentes ainda permanecem desconhecidas (ERWIN, 1982; COSTELLO et al., 2013) e, provavelmente, muitas serão extintas antes mesmo de termos a oportunidade de descrevê-las (LEAKEY e LEWIN, 1995; PIMM et al., 2006; BARNOSKY et al., 2011; ZAMANI et al., 2022). Apesar dos esforços em estudar Scolecophidia nos últimos anos, principalmente por meio de

abordagem de filogenia molecular (ZAHER et al., 2009; VIDAL et al., 2010; HEDGES et al., 2014; GRABOSKI et al., 2018), essas serpentes permanecem pouco conhecidas (HEDGES et al., 2014).

Somado a isso temos também o déficit wallaceano, representado pela nossa falta de informação sobre a distribuição geográfica das espécies (HORTAL et al., 2015). Muitas das lacunas geográficas na distribuição dessas espécies estão em áreas inexploradas do nordeste brasileiro (GRABOSKI et al., 2018). Alagoas é um estado com 102 municípios, mas representantes de *Amerotyphlops* foram registrados em apenas nove destes (GRABOSKI et al., 2015; NOGUEIRA et al., 2020), representando apenas 9 % de todo o estado. Como alternativa para preencher essa lacuna, a Modelagem de Distribuição de Espécie (MDE), pode ser aplicada para direcionar esforços de coleta e consequentemente aumentar o conhecimento sobre determinadas espécies consideradas raras ou ameaçadas (GIANNINI et al., 2012). A MDE correlaciona os pontos de ocorrência de uma espécie com os dados abióticos (geralmente climáticos) considerados importantes para a espécie de interesse (ANDERSON, LEW e PETERSON, 2003) e verifica outros locais em que estas mesmas condições ambientais são encontradas, sendo estas áreas considerados áreas com adequabilidade ambiental.

Outro fator preocupante em relação a biodiversidade são as mudanças climáticas. O cenário preditivo mais recente prevê uma variação de 1,5° a 4,5° na temperatura global (IPCC, 2021). Para os animais ectotérmicos, como as serpentes, as mudanças climáticas são ainda mais preocupantes, devido a regulação da temperatura corpórea depender de fonte externa de calor (DIELE-VIEGAS et al., 2021). Para a herpetofauna fossorial, sabe-se que o ambiente subterrâneo é diferente do superficial (CLOSEL e KOHLSDORF, 2012). As variações de temperatura são menos acentuadas, entretanto a quantidade de luz, umidade relativa, disponibilidade de oxigênio e gás carbônico podem sofrer alterações mesmo em pouco centímetros abaixo da superfície (CLOSEL e KOHLSDORF, 2012). Devido essas informações ainda serem pouco compreendidas e o fato da grande lacuna de informações acerca da fisiologia do grupo (DIELE-VIEGAS et al., 2021; LOZ, MOTT e DIELE-VIEGAS no prelo), a interferência das mudanças climáticas sobre esse grupo de serpentes ainda permanece incompreendida.

Uma forma de extirpar essa lacuna é conhecendo e entendendo a relação das condições climáticas e ambientais de seus habitats com a fisiologia das espécies

(a.k.a., ecofisiologia térmica) (LOZ MOTT e DIELE-VIEGAS no prelo). Para isso, faz-se necessário conhecer a temperatura preferencial, as temperaturas voluntárias mínima (VTmin) e máxima (VTmax). Essas temperaturas representam a tolerância que a espécie suporta ao entrar numa zona de estresse fisiológico (DIELE-VIEGAS et al., 2018). As temperaturas críticas mínima e máxima (Ctmin e Ctmax) que correspondem aos limites de estresse fisiológico que a espécie consegue suportar (DIELE-VIEGAS, et al., 2018) e a Faixa de Tolerância Térmica equivale a diferença entre as críticas mínima e máxima e correspondem as temperaturas extremas que o animal consegue manter as suas funções locomotoras (DIELE-VIEGAS et al., 2018).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a diversidade de *Amerotyphlops* no estado de Alagoas através da taxonomia integrativa.

Localizar áreas com adequabilidade ambiental para *Amerotyphlops* no estado de Alagoas através de MDEs;

Determinar a temperatura preferencial, a margem de segurança térmica e temperaturas críticas mínima e máxima de *A. brongersmianus*.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar as espécies do gênero *Amerotyphlops* que ocorrem no estado de Alagoas através de dados morfológicos e moleculares;

Analisar a variação morfológica e molecular entre os espécimes analisados;

Realizar MDEs de *Amerotyphlops* no estado de Alagoas, visando direcionar esforços de coleta, e consequentemente reduzir o déficit wallaceano;

Descrever a fisiologia térmica de *A. brongersmianus*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL BIOLÓGICO

Os espécimes e tecidos analisados de *Amerotyphlops* encontram-se disponíveis na Coleção Herpetológica e no Banco de Tecidos do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas (MHN-UFAL) (Tabela 1). Os espécimes analisados foram: BRASIL: ALAGOAS: Murici: MHN-UFAL12779, MHN-UFAL12784, MHN-UFAL12790, MHN-UFAL12791, MHN-UFAL12780, MHN-UFAL12781, MHN-UFAL12792, MHN-UFAL12783, MHN-UFAL12787, MHN-UFAL12786, MHN-UFAL12788, MHN-UFAL12785, MHN-UFAL10919, MHN-UFAL10874. Maceió: MHN-UFAL11583, MHN-UFAL10773. Rio Largo: MHN-UFAL15421.

3.2. ABORDAGEM MORFOLÓGICA

No total, 17 espécimes de *Amerotyphlops* foram analisados morfológicamente. Quatro caracteres merísticos (discretos) e 16 morfométricos (contínuos) foram aferidos com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e um estereomicroscópio Coleman NSZ405 equipado com ocular milimetrada, seguindo Tomas e Hedges (2007) com adaptações por Brito e Freire (2011). Caracteres merísticos: Número de escamas transversais contadas em três locais ao longo do corpo e número de escamas dorsais (DR). O primeiro local de contagem das escamas transversais foi a nível da 20^a escama após escama sinfiscal (PS); o segundo, no meio do corpo (MC); e o terceiro na 10^a escama anterior ao escudo cloacal (PC). A contagem das DRs foi feita a partir da primeira escama após a rostral até a última escama anterior ao espinho caudal. Caracteres morfométricos: comprimento total (CT); comprimento da cauda (CCau); comprimento da cabeça (CCab); largura da cabeça (LC); diâmetro do meio da cauda (DCau); diâmetro da região anterior do corpo (DAco); diâmetro do meio do corpo (DMco) e diâmetro da região posterior do corpo (DPco); comprimento da escama rostral (CR); largura da rostral (LR); diâmetro do olho (DO); distância olho-narina (DON); distância inter-orbital (DIO); distância inter-nasal (DN); recuo rostral (RR); largura da cabeça a nível dos olhos (Lcab). A coloração dos espécimes foi observada e caracterizada seguindo Hedges et al. (2014) e

Graboskiet al. (2015).

3.3. ABORDAGEM MOLECULAR

O DNA genômico total foi extraído de 19 amostras de tecido muscular ou hepático através do método de Fenol/Clorofórmio (SAMBROOK, 1989). Um espectrofotômetro nanodrop foi utilizado para quantificar e avaliar a pureza das extrações de DNA. As extrações foram padronizadas com uma concentração máxima de 50 ng/μl de DNA. Para a amplificação de um fragmento de 560 pares de base (pb) do gene mitocondrial 16S rRNA, foram realizadas reações em cadeia da Polimerase (PCRs) em um volume de 25μl utilizando os *primers* universais de Palumbi (2002) (*foward primer* 16Sar: CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT e *reverse primer* 16Sbr: CCG GTC TGA ACT CAG ATC ACG T). A presença de *amplicons* foi verificada através de uma eletroforese em gel de agarose 1% corada com Sybr safe e visualizada em um transluminador com luz ultravioleta. As amostras funcionais foram purificadas com isopropanol e destinadas à empresa Mylleus Biotecnologia para serem sequenciadas com o *primer foward*. As sequências obtidas foram editadas utilizando o *software* BioEdit 7 (HALL, 2011) e alinhadas com sequências obtidas no banco de dados genéticos online Genbank utilizando o *software* Mafft (ROZEWICKI et al., 2019). No *software* MEGA-X (TAMURA et al., 2021) foi calculada a distância genética modelo Kimura-2-parâmetros, interespecífica e intraespecífica. O melhor modelo evolutivo e o melhor esquema de partição foram determinados no *software* PartitionFinder 2.1.1 (LANFEAR et al., 2012). Em seguida, foi realizada uma inferência bayesiana utilizando o *software* MrBayes 3.2.7 (RONQUIST et al., 2012). Um consenso de maioria (*majority consensus*) foi obtido para gerar uma topologia após o descarte de 25% das árvores iniciais (*burn-in*). A árvore gerada foi visualizada e analisada com o auxílio do *software* FigTree 1.3.1.

3.4. MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIE

As MDEs foram elaboradas para duas espécies de *Amerotyphlops* utilizando dados de ocorrência georreferenciados a partir dos centróides dos municípios obtidos no artigo da Graboski e colaboradores (2015). As espécies utilizadas nestes modelos foram *A. brongersmianus* (62 pontos de ocorrência) e *A. paucisquamus* (oito pontos

de ocorrência). As outras espécies que ocorrem em Alagoas não foram incluídas nesse trabalho devido a quantidade insuficiente de pontos de ocorrência para a realização do modelo, sendo o ponto de corte cinco registros. A área de interesse da MDE foi o estado de Alagoas.

O algoritmo escolhido para gerar o modelo foi o Maxent versão 3.4.1. (PHILLIPS E DUDÍK, 2008). Esse algoritmo foi selecionado porque os modelos gerados apresentam bons resultados mesmo com uma pequena amostra (SALES et al., 2015). O Maxent utiliza uma distribuição de probabilidade de máxima entropia para prever distribuições aproximadas de espécies a partir de dados de presença (SALES et al., 2015).

Para realizar a MDE, as 19 variáveis ambientais obtidas no *Worldclim* (www.worldclim.org) (10 min de resolução) foram inseridas no algoritmo. Esta resolução foi escolhida devido as limitações computacionais. Destas, oito foram selecionadas por melhor se adequarem aos modelos que foram gerados. Estas variáveis foram: temperatura média anual (BIO1), intervalo médio diurno [temperatura média mensal (temperatura máxima – temperatura mínima)] (BIO2), sazonalidade de temperatura (BIO4), temperatura mínima do mês mais frio (BIO6), intervalo da temperatura anual (BIO7), temperatura média do trimestre mais seco (BIO9), temperatura média do trimestre mais frio (BIO11) e precipitação anual (BIO12).

O modelo gerado foi avaliado por meio da estatística *Area Under Curve* (AUC). Sendo AUC maior que 0,75 sugerindo um modelo muito bom e valores entre 0,5 e 0,75 indicando um modelo não tão bom. O modelo foi validado pelo método de Jackknife com 10 réplicas, onde 75% dos pontos de ocorrência foram utilizados para gerar o modelo (*training*) e 25% dos pontos foram empregados para validar o modelo (*testing*). Os mapas obtidos no resultado da MDE foram editados com auxílio do *software* DIVA-GIS7.5 (HIJMANS et al., 2012).

3.5. FISILOGIA TÉRMICA

Cinco indivíduos de *A. brongersmianus* foram utilizados para determinar as temperaturas preferenciais, críticas e margem de segurança térmica. Estes animais foram coletados durante um inventário na Eco Fazenda Morim, no município de São José da Coroa Grande, Pernambuco, Brasil (8°52'02''S, 35°12'29''W)

(SISBio/ICMBio 32920). Cem baldes de 60 litros cada foram instalados para construir armadilhas de interceptação e queda com cercaguia (CORN, 1994) do dia 09 a 19 de maio de 2022. As armadilhas foram verificadas diariamente no período da manhã. Este estudo foi autorizado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Alagoas sob número de protocolo 15-2021.

No laboratório de campo, as serpentes foram colocadas em depósitos plásticos com furos na tampa para permitir a passagem de ar e foi adicionada água *ad libitum*. Para a coleta de dados termais, um gradiente variando de 20°C a 40°C foi criado utilizando uma caixa de papelão com aproximadamente 31cm de comprimento por 22cm de largura e 11cm de altura, com gelo numa extremidade e fogareiro elétrico na outra. Uma fina camada de terra foi colocada no gradiente visando minimizar o stress do animal, devido ao seu hábito fossorial. Antes do teste ser iniciado, cada indivíduo passou por um período de aclimação de 30 minutos dentro do gradiente. Em seguida, a temperatura corpórea foi aferida sempre no meio do corpo de cada indivíduo, há uma distância de aproximadamente 30cm do animal, utilizando um termômetro digital infravermelho. As medidas foram feitas a cada minuto durante uma hora, totalizando 60 aferições por indivíduo.

A média desses valores foi considerada a Temperatura Preferencial (T_{pref}); o primeiro quartil como a temperatura voluntária mínima (V_{tmin}) e o terceiro quartil como a temperatura voluntária máxima (V_{tmax}). A margem de segurança térmica de cada indivíduo foi considerada como a diferença entre a V_{tmax} e a V_{tmin} . Para a coleta de dados da C_{tmin} , a temperatura corpórea de cada um dos indivíduos foi diminuída através de uma câmara de resfriamento e observadas a cada minuto até o momento em que o animal atingia a paralisação temporária de suas funções motoras. Para a coleta de dados da C_{tmax} , o aumento da temperatura corpórea foi feito por meio de uma câmara de aquecimento criada a partir de um fogareiro. Cada depósito de plástico contendo um indivíduo era mantido à uma distância de aproximadamente 30 cm do fogareiro, sendo virado para aquecer de forma uniforme todos os lados até o momento em que o animal atingia a paralisação temporária de suas funções motoras. A temperatura corpórea de cada indivíduo foi aferida imediatamente após a observação do estado de perda temporária das funções motoras, sendo aquecidos ou resfriados até o indivíduo retornar a sua T_{pref} . A C_{tmin} foi aferida sempre antes da C_{tmax} devido os indivíduos ficarem mais comprometidos após a C_{tmax} e precisarem de um tempo maior de recuperação (DIELE-VIEGAS et al., 2018). Todos os valores

obtidos foram organizados em planilhas e os cálculos realizados utilizando o *software* Excel.

Após os testes termais, os indivíduos foram eutanasiados utilizando procedimento preconizado pela Diretriz Brasileira para o Cuidado e a Utilização de Animais em Atividades de Ensino ou de Pesquisa Científica (SISBio/ICMBio 32920 e CEUA-UFAL 15-2021). A identificação de cada indivíduo foi realizada utilizando os caracteres morfológicos supracitados. Todos os espécimes foram depositados na Coleção Herpetológica do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas (MHN-UFAL).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ABORDAGEM MORFOLÓGICA

Foram analisados 17 exemplares de *Amerotyphlops* provenientes de três localidades de Alagoas: Murici (N=14), Maceió (N=2) (Parque Municipal e Condomínio Chácaras da Lagoa) e Rio Largo (N=1) (Tabelas 1 e 2). Os espécimes de Murici apresentaram uma folidose diagnóstica de *A. brongersmianus*, uma vez que a contagem das escamas ao redor do corpo e escamas dorsais corresponderam ao padrão característico da espécie (20/20/20, 20/20/18, 20/20/19 e 205-220, respectivamente). A coloração dorsal variou entre marrom e marrom escuro, enquanto o ventre sempre apresentou coloração creme sendo esta coloração o padrão característico da espécie (HEDGES et al., 2014).

A análise dos espécimes provenientes de Maceió, identificados originalmente como *A. cf. brongersmianus* e *A. cf. paucisquamus* (Parque Municipal de Maceió – MHN-UFAL11583 e Chácaras da Lagoa – MHN-UFAL10773, respectivamente), resultou em uma folidose característica de *A. paucisquamus*, sendo 18 escamas ao redor do corpo sem redução e o número de escamas dorsais 199 e 209, respectivamente (162-209, na literatura). *Amerotyphlops paucisquamus* é caracterizada por apresentar um número de escamas dorsais inferior quando comparado às demais espécies do gênero (GRABOSKI et al., 2015), tal qual os espécimes avaliados nesse estudo. A coloração também foi bem característica de *A. paucisquamus*, apresentando dorso marrom-claro, com escamas cefálicas pigmentadas em marrom claro e um anel de escamas bege no focinho bem distinto.

O espécime de Rio Largo (MHN-UFAL15421) apresentou folidose, com 18 escamas aoredor do corpo sem redução e 203 escamas dorsais. Características que se sobrepõem as de *A. paucisquamus*, entretanto, a coloração do espécime também demonstrou ser característico de *A. arenensis*, apresentando as escamas dorsais em marrom escuro, escamas ventrais em um tomde creme-amarelado e escamas cefálicas pigmentadas (GRABOSKI et al., 2015). Os espécimes analisados não apresentaram características morfológicas típicas de *A. amoipira*, apesar desta espécie já ter distribuição confirmada para Alagoas (BRITO e FREIRE, 2011; GRABOSKI et al., 2015).

Tabela 1: Dados merísticos aferidos de espécimes de *Amerotyphlops* coletados em Alagoas e incorporados na Coleção Herpetológica do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas. PS= número de escamas transversais pós escama sinfisial, MC= número de escamas no meio do corpo, PC= número de escamas anteriores ao escudo cloacal (pré-cloaca), DR= número de escamas dorsais. MHN-UFAL= acrônimo do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas.

Espécie	Voucher	Localidade	PS	MC	PC	DR
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12779	Murici	19	20	18	207
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12784	Murici	20	20	20	212
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12790	Murici	20	20	18	207
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12791	Murici	20	20	20	210
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12780	Murici	20	20	20	218
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12781	Murici	20	20	18	205
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12792	Murici	20	20	18	211
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12783	Murici	20	20	19	214
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12787	Murici	20	20	20	216
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12786	Murici	20	20	20	207
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12788	Murici	20	20	19	208
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL12785	Murici	20	20	20	219
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL10919	Murici	20	20	18	212
<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	MHN-UFAL10874	Murici	20	20	20	220
<i>Amerotyphlops paucisquamus</i>	MHN-UFAL11583	Maceió	18	18	18	199
<i>Amerotyphlops paucisquamus</i>	MHN-UFAL10773	Maceió	18	18	18	209
<i>Amerotyphlops arenensis</i>	MHN-UFAL15421	Rio Largo	18	18	18	203

Tabela 2: Dados morfométricos aferidos de espécimes de *Amerotyphlops* coletados em Alagoas e incorporados na Coleção Herpetológica do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas. Valores representados em milímetros (mm). CT= comprimento total; CCau= comprimento da cauda; CCab= comprimento da cabeça; LC= largura da cabeça; DCau= diâmetro do meio da cauda; DAco= diâmetro da região anterior do corpo; DMco= diâmetro do meio do corpo; DPco= diâmetro da região posterior do corpo; CR= comprimento da escama rostral; LR= largura da rostral; DO= diâmetro do olho; DON= distância olho-narina; DIO= distância inter-orbital; DN= distância inter-nasal; RR= recuo rostral; LCab= largura da cabeça a nível dos olhos.

	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
CT	195	33,24	134	243
CCau	6,62	1,37	4,56	8,94
CCab	9,33	1,63	6,81	11,63
RC	6,18	1,17	4,32	7,94
DCau	5,09	1,15	2,73	6,74
DAco	6,53	1,28	4,13	8,54
DMco	8,29	1,91	5,91	11,77
DPco	7,62	1,58	5,49	10,37
CR	3,22	0,62	2,27	4,18
LR	1,84	0,37	1,24	2,39
DO	0,85	0,30	0,45	1,35
DON	2,83	0,55	1,83	3,63
DIO	4,22	0,75	3,14	5,47
DN	2,62	0,41	2,04	3,24
RR	0,38	0,20	0,10	0,84
LCab	5,45	1,03	3,86	6,79

4.2. ABORDAGEM MOLECULAR

O DNA genômico total foi extraído de 19 amostras, dentre as quais quatro não apresentaram concentração e pureza adequados. Assim, 15 amostras amplificaram um fragmento de 550 pares de base do gene mitocondrial 16S rRNA. O modelo evolutivo mais adequado para o conjunto de dados foi GTR+G. A inferência bayesiana (Figura 1) recuperou os 11 espécimes de Murici identificados morfologicamente como *A. brongersmianus* como um grupo monofilético apresentando divergência genética de 0,5% 0,8% e 1,1%, utilizando o modelo evolutivo Kimura-2-parâmetros com o seu

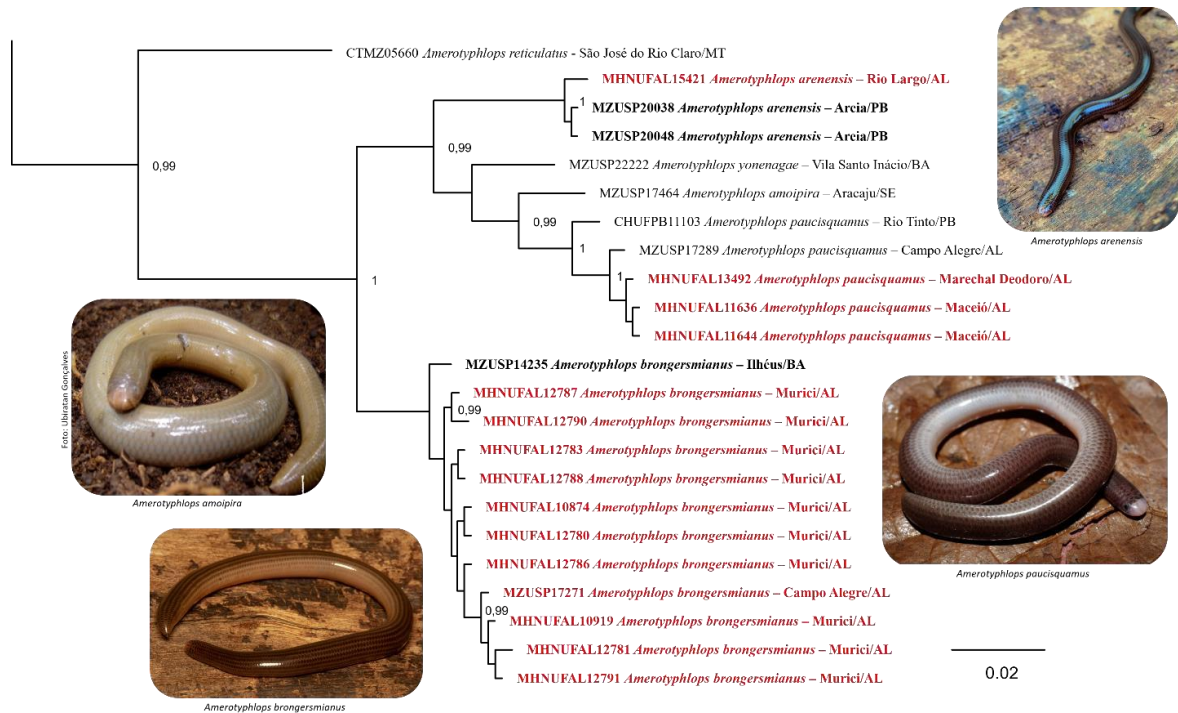
coespecífico importado do Genbank derivado da localidade tipo (Ilhéus, Bahia).

Os fragmentos de DNA dos espécimes MHN-UFAL11636 e MHN-UFAL11644, ambos de Maceió, e MHN-UFAL13492, de Marechal Deodoro, apresentaram haplótipos idênticos entre si e divergência genética de 0,5% e 1,96% com a sequência de *A. paucisquamus* MZUSP17289 de Campo Alegre, Alagoas e CHUFPB11103 de Rio Tinto, Paraíba, respectivamente. Sendo essa espécie com localidade tipo conhecida para “Estado de Pernambuco”. O espécime MHN-UFAL11583 não amplificou o fragmento almejado e assim não foi possível corroborar se de fato refere-se a *A. paucisquamus*.

Entretanto, o espécime MHN-UFAL15421 oriundo de Rio Largo, identificado morfológicamente como *A. arenensis*, apresentou divergência genética de 0,55% com seus coespecíficos (MZUSP20038 e MZUSP20048), ambos oriundos da localidade tipo (Areia, Paraíba). Para essa espécie, até então, o registro de ocorrência além da sua localidade tipo era Quebrangulo, Alagoas (GRABOSKI et al., 2018). Com esse estudo, a distribuição de *A. arenensis* foi ampliada em 280 Km ao sul da sua localidade tipo, sendo o registro para Rio Largo o mais extremo sul de sua distribuição.

Quatro espécies de *Amerotyphlops* (*A. arenensis*, *A. amoipira*, *A. brongersmianus* e *A. paucisquamus*) apresentam ocorrência confirmada para o estado de Alagoas. Ainda que os espécimes analisados nesse estudo não tenham apresentado características morfológicas e moleculares de *A. amoipira*, é sabido que em Alagoas há registro de ocorrência dessa espécie (BRITO e FREIRE, 2011; GRABOSKI et al., 2018).

Figura 1: Relações filogenéticas de *Amerotyphlops* estimadas através de uma análise Bayesiana utilizando o modelo evolutivo GTR+G para um fragmento de 550 pares de base do gene mitocondrial 16S rRNA. Valores de probabilidades posteriores acima de 0,97 foram considerados altos e são apresentados na filogenia. Os espécimes destacados em vermelho representam as sequências geradas neste estudo e os espécimes destacados em negrito representam as sequências provenientes da localidade tipo.



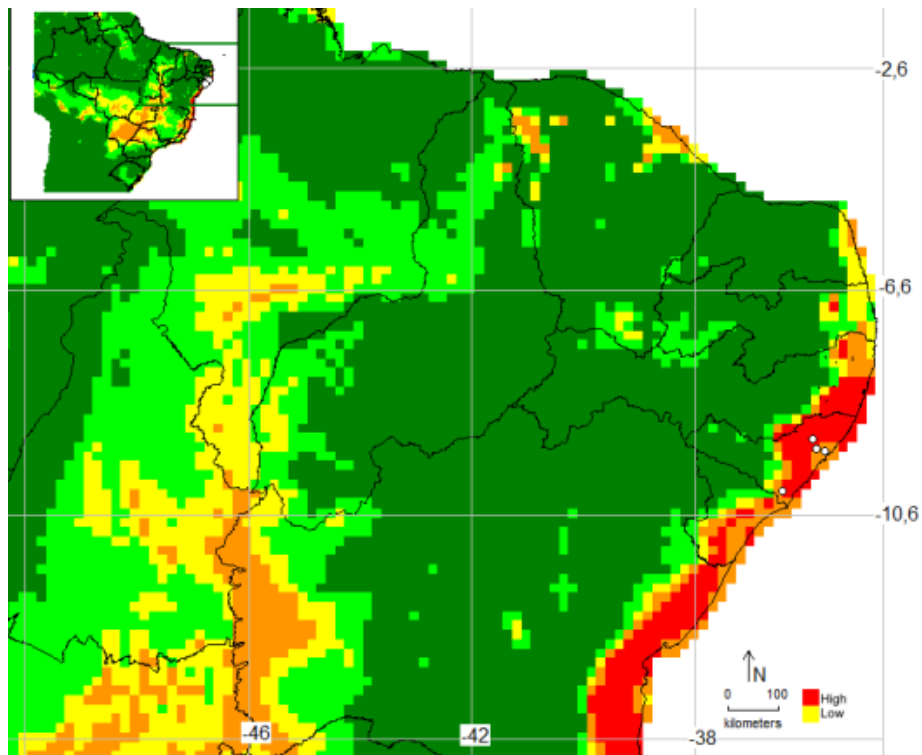
4.3. MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIE

A espécie *A. brongersmianus* (localidade tipo Barra de Itaipe, Ilhéus, Bahia, Brasil) é amplamente distribuída na América do Sul (Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Guiana, Paraguai, Peru, Suriname, Uruguai e Venezuela (NOGUEIRA et al., 2020). No Brasil, há pontos de ocorrência nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Rio de Janeiro, Rio Grande Do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e Tocantins (GRABOSKI et al., 2015).

Para realizar a MDE foram utilizados 47 registros de presença para treinamento e 15 registros para teste. O valor de AUC foi 0,877. A MDE indicou que o leste alagoano possui alta adequabilidade ambiental para a ocorrência desta espécie (Figura 2) e esforços de coleta deveriam ser direcionados para a costa de Alagoas. No acervo biológico do MHN-UFAL, registros de *A. brongersmianus* já foram confirmados para os municípios alagoanos de Maceió, Murici, Penedo e Rio Largo, tendo estes municípios sido apontados como áreas com alta adequabilidade ambiental (Figura 2).

Figura 2: Mapa ampliado destacando a distribuição potencial gerada pelo Maxent baseados em 62 dados de ocorrência (47 de treino e 15 para teste) de *Amerotyphlops brongersmianus* e oito

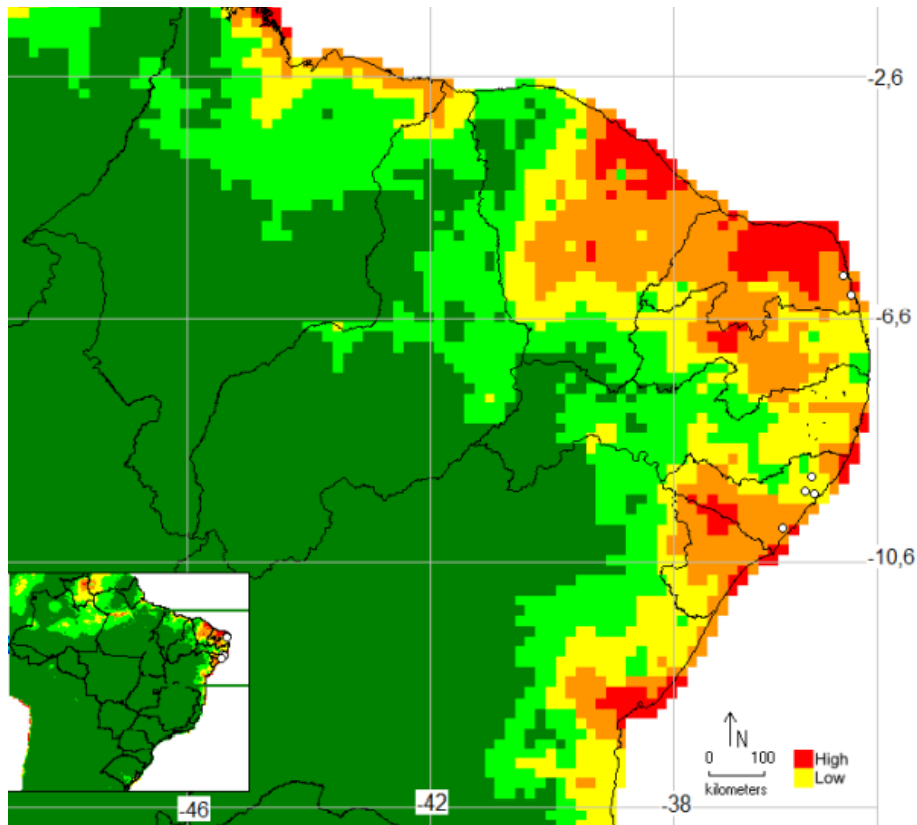
variáveis bioclimáticas com resolução de 10 minutos. AUC= 0,877. Os círculos em branco apresentam os pontos de ocorrência registrados no livro tomo digitalizado do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas.



Amerotyphlops paucisquamus (localidade tipo “Estado de Pernambuco”, Brasil) é endêmica do nordeste do Brasil, tendo registros em Alagoas, Ceará, Maranhão, Paraíba Pernambuco, Rio Grande do Norte (GRABOSKI et al., 2015). Para a predição da MDE, seis registros de presença para treinamento e dois registros para teste foram utilizados. O valor de AUC foi 0,959.

A MDE indicou que o litoral nordestino apresenta adequabilidade ambiental para a espécie (Figura 3). O livro tomo digitalizado do MHN-UFAL possui registros de *A. paucisquamus* para os municípios alagoanos de Coruripe, Flexeiras, Maceió e Rio Largo, bemcomo Parnamirim e Tibau do Sul no estado do Rio Grande do Norte. Estas localidades ficaram posicionadas em locais com adequabilidade ambiental média e baixa (Figura 3). Entretanto, o sudoeste alagoano apresentou alta adequabilidade ambiental para a espécie (Figura 3), apesar de não haver nenhum registro nos acervos biológicos para esta área. Desse modo, a MDE apontou a região sudoeste de Alagoas como uma área com adequabilidade ambiental para *A. paucisquamus* e estas localidades deveriam ser o foco de novos esforços de coleta.

Figura 3: Mapa de distribuição potencial gerada pelo Maxent baseado em oito dados de ocorrência (6 de treino e 2 para teste) de *Amerotyphlops paucisquamus* e oito variáveis bioclimáticas com resolução de 10 minutos. AUC=0,959. Os círculos em branco apresentam os pontos de ocorrência registrados no livro tomo digitalizado do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas.



As áreas de adequabilidade ambiental que não possuem pontos de ocorrência demonstrados nos mapas mostram a necessidade de esforços de coleta nessas regiões e, dessa forma, ampliar as áreas de distribuição das espécies e reduzir o déficit wallaceano (BINI et al., 2006). Não se pode descartar ainda a possibilidade de encontrar possíveis novas espécies em Alagoas, haja vista que 90% dos municípios alagoanos não apresentam registro de *Amerotyphlops*.

4.4. FISIOLOGIA TÉRMICA

Os dados termais obtidos neste estudo são inéditos para *Amerotyphlops*. De 461 espécies alocadas neste grupo (UETZ et al., 2022) apenas oito foram avaliadas quanto ao impacto das mudanças climáticas (DIELE-VIEGAS et al., 2020). *Epictia borapeliotes*, único representante neotropical, foi avaliado recentemente com base em

um indivíduo coletado na caatinga alagoana (LOZ, MOTT e DIELE-VIEGAS, no prelo).

Os dados de T_{pref} foram obtidos de cinco indivíduos de *Amerotyphlops brongersmianus* (Tabela 3), coletados na Mata Atlântica do estado de Pernambuco. A T_{pref} média dos indivíduos foi 27,06°C, a média das V_{tmin} 25,4°C e V_{tmax} 28,7°C, e a margem de segurança térmica média 3,3°C. O indivíduo de *E. borapeliotes* da Caatinga apresentou a T_{pref} de 29,8°C (LOZ, MOTT e DIELE-VIEGAS, no prelo). A diferença entre a T_{pref} de *Epictia* e *Amerotyphlops* pode ser devido as ecorregiões que habitam, mesmo que em ambientes subterrâneos as oscilações de temperatura são menos acentuadas do que nos ambientes da superfície (CLOSEL e KOHLSDORF, 2012). Cabe ressaltar as limitações em discutir afisiologia térmica dos diferentes gêneros devido a amostragem extremamente reduzida.

O cenário preditivo mais recente de mudanças climáticas prevê uma variação de 1,5°C a 4,5°C na temperatura global (IPCC, 2021). Desse modo, como a margem de segurança térmica de *A. brongersmianus* foi 3,3°C, caso haja um aquecimento de 4,5°C, ela poderá se tornar vulnerável frente estas mudanças climáticas. Porém, novos estudos devem ser feitos para se avaliar esta vulnerabilidade potencial.

Os dados das C_{tmin} e C_{tmax} foram obtidos de quatro indivíduos (Tabela 3). As C_{tmin} variaram entre 8,4°C e 14,3°C, sendo a temperatura média da C_{tmin} 11,53°C. As C_{tmax} variaram entre 39,2°C e 42°, a C_{tmax} média foi 40,18°C. As C_{ts} são as temperaturas em que a espécie encontra em extremo estresse, excedendo a faixa de tolerância térmica, ou seja, não conseguem mais exercer as funções locomotoras (DIELE-VIEGAS et al., 2018). Os resultados encontrados para C_{tmax} em relação a T_{pref} foram otimistas para essa espécie em relação ao cenário que prevê as mudanças climáticas. Em ambiente subterrâneo, as variações de temperatura são menos acentuadas e mais constantes durante o dia e a noite, podendo chegar a 1,8°C abaixo da temperatura da superfície (CLOSEL e KOHLSDORF, 2012). Entretanto, caso a temperatura global continue aumentando, a disponibilidade de recursos e a possível perda de habitats podem sim afetar a sobrevivência dessa espécie.

Tabela 3: Valores em °C da Temperatura Preferencial (T_{pref}), Temperatura Voluntária Mínima (V_{tmin}), Temperatura Voluntária Máxima (V_{tmax}) e a Margem de Segurança Térmica, Desvio Padrão (DP), Temperatura Crítica Mínima (C_{tmin}), Temperatura Crítica Máxima (C_{tmax}) e Comprimento-Rostro-Cloacal (CRC) de cada indivíduo de

Amerotyphlops brongersmianus coletado em São José da Coroa Grande, Pernambuco.
LABI= Laboratório de Biologia Integrativa.

Voucher	Tpref	VTmin	VTmax	Margem de Segurança Térmica	DP	Ctmin	Ctmax	CRC (mm)
LABI2149	23,92	22,55	25,75	3,20	2,06	8,4	42	213
LABI2107	24,83	22,70	27,30	4,60	2,88	11	39,2	171
LABI2110	26,81	25,50	28,00	2,50	1,82	12,4	39,9	192
LABI2111	29,85	28,10	31,00	2,90	2,70	14,3	39,6	204
LABI1989	29,91	28,15	31,43	3,28	2,33	-	-	194

5. CONCLUSÃO

No estado de Alagoas há a ocorrência de no mínimo quatro espécies de *Amerotyphlops* (*A. amoipira*, *A. arenensis*, *A. brongersmianus* e *A. paucisquamus*). A MDE mostrou o leste alagoano como áreas de adequabilidade ambiental para *A. brongersmianus*, correspondendo aos pontos amostrados. Enquanto, para *A. paucisquamus* o sertão e o sudoeste alagoano apresentaram condições climáticas propícias contudo, não houve nenhum ponto de ocorrência, sugerindo assim, a necessidade de esforços de coleta nestas áreas. Este estudo apresenta o primeiro registro da temperatura preferencial, margem de segurança térmica, temperaturas críticas mínimas e máxima e faixa de tolerância térmica de *A. brongersmianus*, sendo também primeiro registro para o gênero *Amerotyphlops*.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. P.; LEW, D.; PETERSON, A. T. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models, **Ecological Modelling**, v. 162, n. 3, p. 211-232, 2003.
- ASSOCIAÇÃO CAATINGA. Bioma Caatinga, [s.d.]. Disponível em: < <https://www.acaatinga.org.br/sobre-a-caatinga/> >. Acesso em: 21 de junho de 2022.

BARNOSKY, A. D. et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? **Nature**, v. 471, n. 7336, p. 51-57, 2011.

BERNARDE, Paulo Sérgio. **Anfíbios e répteis: introdução ao estudo da herpetofauna brasileira**. Anolis Books, 2012.

BINI, L. M. *et al.* Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. **Diversity and Distributions**, v. 12, n. 5, p. 475-482, 2006.

BRITO, P. S. **Taxonomia e filogenia das serpentes do gênero *Typhlops* Opper, 1811 (Squamata: Typhlopidae) ocorrentes na Mata Atlântica brasileira**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2011.

CEBALLOS, G; EHRLICH, P. R. Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 51, p. 19374- 19379, 2006.

CORN, P. S. 1994. Straight-line drift fences and pitfall traps, p. 109-117. *In*: W.R. HEYER;

M.A. DONNEL Y: R.W. McDIARMID; L.-A. HAYEK e M. FOSTER (Eds). **Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians**. Washington, D.C., Smithsonian Institution Press, XIX+364p.

COSTELLO, M. J.; MAY, R. M.; STORK, N. E. Can we name Earth's species before they go extinct? **Science**, v. 339, n. 6118, p. 413-416, 2013.

DAYRAT, B. Towards integrative taxonomy. **Biological journal of the Linnean society**, v. 85, n. 3, p. 407-415, 2005.

DIELE-VIEGAS, L. M.; VILELA, B; ROCHA, C. F. D. Mudanças Climáticas e Lepidosauria: Uma avaliação Global. *In*: Felipe Toledo. (Org.). **Herpetologia Brasileira Contemporânea**. 1ed.: Sociedade Brasileira de Herpetologia, 2021, v. III, p. 139-151.

DIELE-VIEGAS, L. M *et al.* Thermal physiology of Amazonian lizards (Reptilia: Squamata). **PLoS One** 13. Mar. 2018.

DIELE-VIEGAS, L. M. *et al.* Are reptiles toast? A worldwide evaluation of Lepidosauria vulnerability to climate change. **Climatic Change** 159, 581–599. 2020.

DIELE-VIEGAS, L. M., L. M., WERNECK, F. P., e ROCHA, C. F. D. Climate change effects on population dynamics of three species of Amazonian lizards, **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular e Integrative Physiology**, Volume 236, 2019.

DIXON, J. R; HENDRICKS, F. S. The wormsnakes (family Typhlopidae) of the Neotropics, exclusive of the Antilles. **Zoologische Verhandelingen**, v. 173, n. 1, p. 3-39, 1979.

DOWLING, H. G. A proposed standard system of counting ventrals in snakes. **British Journal of Herpetology**, v. 1, p. 97–99, 1951.

ERNST, C. H.; ZUG, G. R. **Snakes in question: the Smithsonian answer book**. London, GB:Smithsonian Institution Press, 1996.

ERWIN, T. L. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. **Coleopterists Bulletin**, v. 36, n. 1, p. 74-75, 1982.

FACHINI T. S. *et al.* Cretaceous Blind Snake from Brazil Fills Major Gap in Snake Evolution. **iScience**, v. 23, n. 12, p. 101834, 2020.

GIANNINI, T. C. *et al.* Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. **Rodriguésia**, v.63, n. 3, p. 733-749, 2012.

GRABOSKI, R. *et al.* A new species of *Amerotyphlops* from Northeastern Brazil, with comments on distribution of related species. **Zootaxa**, v. 3920, n. 3, p. 443-452, 2015.

GREENE, H. W. **Snakes: the evolution of mystery in nature**. Univ of California Press, 1997.

HALL, T. BioEdit: an important software for molecular biology. **GERF Bull Bioscience**, v. 2,n. 1, p. 60-61, 2011.

HEDGES, S. B. *et al.* A taxonomic framework for typhlopoid snakes from the Caribbean and other regions (Reptilia, Squamata). **Caribbean Herpetology**, v. 49, p. 1-61. 2014.

HIJMANS, R. J et al. DIVA-GIS: A geographic information system for the analysis of species distribution data. Version 7.5, 2012

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

LANFEAR, R. C. B.; HO, S. Y. e GUINDON, S. PartitionFinder: combined selection of partitioning schemes and substitution models for phylogenetic analyses. **Molecular Biology and Evolution**, v. 29, n. 6, p. 1695-1701, 2012.

LEAKEY, R. E.; LEWIN R. The sixth extinction: patterns of life and the future of humankind. **Doubleday Books**, 1995.

MEDEIROS, V. M. C. **Modelagem da distribuição potencial de lagartos Gymnophthalmídeos (Squamata, Gymnophthalmidae) no Nordeste Brasileiro**. 2020. 78f. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2020.

MORA, C. *et al.* How many species are there on Earth and in the ocean? **PLoS Biol**, v. 9, n. 8, p. e1001127, 2011.

MOURA, M. R.; JETZ, W. Shortfalls and opportunities in terrestrial vertebrate species discovery. **Nature Ecology and Evolution**, v. 5, n. 5, p. 631-639, 2021.

PHILLIPS, S. J.; DUDIK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v. 31, n.2, p.161-175, 2008.

PIMM, S. et al. Human impacts on the rates of recent, present, and future bird extinctions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 29, p. 10941-10946, 2006.

POUGH, F. H; JANIS, C. M; HEISER, J. B. F. **A vida dos Vertebrados**. 4.ed. São

Paulo:Atheneu, 2008. 684 p. 2008.ISBN 8574540955.

ROLL, U. *et al.* The global distribution of tetrapods reveals a need for targeted reptile conservation. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 11, p. 1677-1682, 2017.

RONQUIST, F. *et al.* MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. **Systematic biology**, v. 61, n. 3, p. 539-542, 2012.

ROZEWICKI, J. *et al.* MAFFT-DASH: integrated protein sequence and structural alignment. **Nucleic acids research**, v. 47, n. W1, p. W5-W10, 2019.

SALES, R. F. D. *et al.*, Geographic distribution model for *Mabuya agmosticha* (Squamata:Scincidae) in northeastern Brazil. **Zoologia**, v. 32, n.1, p. 71-76, 2015.

SAMBROOK, J. *et al.* **Molecular cloning: a laboratory manual**. Cold spring harbor laboratory press, 1989.

SILVA JR., N. J.; SITES JR., J. W. Revision of the *Micrurus frontalis* complex (Serpentes:Elapidae). **Herpetological Monographs**, v. 13, p. 142–194, 1999.

SILVA, A. A. A. **Varição morfológica e molecular de *Typhlops reticulatus***. 2010. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Pará, [S. l.], 2010.

TAMURA, K; STECHER, G; KUMAR, S. MEGA11: molecular evolutionary genetics analysis version 11. **Molecular biology and evolution**, v. 38, n. 7, p. 3022-3027, 2021.

THOMAS, R; HEDGES, S. B. Eleven new species of snakes of the genus *Typhlops* (Serpentes:Typhlopidae) from Hispaniola and Cuba. **Zootaxa**, v. 1400, n. 1, p. 1–26-, 2007.

UETZ, P.; FREED, P.; JIRÍ HOŠEK (editores), The **Reptile Database**, <http://www.reptile-database.org>, acessado em 12.VII.2022

VIDAL, N. *et al.* Blindsnake evolutionary tree reveals long history on Gondwana. **Biology Letters**, v. 6, n. 4, p. 558-561, 2010.

WILL, K. W.; MISHLER, B. D.; WHEELER, Q. D. The perils of DNA barcoding and

the need for integrative taxonomy. **Systematic biology**, v. 54, n. 5, p. 844-851, 2005.

ZAMANI, A. *et al.* The future of zoological taxonomy is integrative, not minimalist. **Systematics and Biodiversity**, v. 20, n. 1, 2022.

ZAHER, H. *et al.* Molecular phylogeny of advanced snakes (Serpentes, Caenophidia) with an emphasis on South American Xenodontines: a revised classification and descriptions of new taxa. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 49, p. 115-153, 2009.