



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA**  
**CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE CAXIAS – CESC**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE, AMBIENTE E**  
**SAÚDE – PPGBAS**

**SÂMIA CAROLINE MELO ARAÚJO**

**SERPENTES DE IMPORTÂNCIA MÉDICA DO MARANHÃO:**  
**DIVERSIDADE, MAPEAMENTO E PERFIL CLÍNICO-EPIDEMIOLÓGICO**  
**DOS ACIDENTES**

**Caxias – MA**

**2022**

**SÂMIA CAROLINE MELO ARAÚJO**

**SERPENTES DE IMPORTÂNCIA MÉDICA DO MARANHÃO:  
DIVERSIDADE, MAPEAMENTO E PERFIL CLÍNICO-EPIDEMIOLÓGICO  
DOS ACIDENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde – PPGBAS/CESC/UEMA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ambiente e Saúde.

Orientadora: Dra. Thaís Barreto Guedes

**Caxias – MA**

**2022**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da UEMA**

Araújo, Sâmia Caroline Melo

Serpentes de importância médica do Maranhão: diversidade, mapeamento e perfil clínico-epidemiológico dos acidentes / Sâmia Caroline Melo Araújo\_Caxias: CESC/UEMA, 2022.

95f.

Orientadora: Profa. Dra. Thaís Barreto Guedes.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Estudos Superiores de Caxias, Curso de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde.

1. Serpentes. 2. Maranhão. 3. Modelagem. 4. Envenenamento. 5. Distribuição geográfica. I. Universidade Estadual do Maranhão. II. Título.

CDU 597.841



**SÂMIA CAROLINE MELO ARAÚJO**

**SERPENTES DE IMPORTÂNCIA MÉDICA DO MARANHÃO:  
DIVERSIDADE, MAPEAMENTO E PERFIL CLÍNICO-EPIDEMIOLÓGICO  
DOS ACIDENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde – PPGBAS/CESC/UEMA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ambiente e Saúde.

Orientadora: Dra. Thaís Barreto Guedes

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profª. Dra. Thaís Barreto Guedes (Orientadora)  
Universidade Estadual do Maranhão

---

Prof. Dr. Otavio Augusto Vuolo Marques (Membro)  
Instituto Butantan

---

Prof. Dr. Breno Hamdan (Membro)  
Instituto Vital Brazil

---

Prof. Dr. Igor Luis Kaefer (Suplente)  
Universidade Federal do Amazonas

*Dedico esta dissertação à minha família por todo apoio e incentivo. A todos os amigos e professores que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Dedico também a todos os pesquisadores, pela persistência e dedicação.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por seu amor incondicional.

Gratidão à minha orientadora, Thaís Barreto Guedes, por todo ensinamento transmitido, pela confiança, dedicação, aconselhamentos e exímia orientação. Obrigada por tudo! Ah! E que sempre traz pesquisadores formidáveis para nossos “Fika no Guedes Lab”. E falando em Guedes Lab, agradeço por todo o apoio e companheirismo dessa galerinha espetacular que compõe nosso laboratório de pesquisa: Patrícia Sousa, Aryel Queiroz, Lucas Uchôa e Júlia Oliveira.

Agradeço aos colegas pesquisadores que tive o prazer de trabalhar nessa jornada. Karoline Ceron (UNICAMP), por todos os ensinamentos, por sempre estar disponível para sanar dúvidas e bugs técnicos durante a modelagem. À professora Joseneide Câmara (PPGBAS/UEMA), também pelos ensinamentos, acompanhamento e pelas horas disponíveis para resolução de dúvidas. À professora Claudene Barros (PPGBAS/UEMA), pelo suporte e por toda ajuda dada durante a execução desse trabalho.

Sou grata a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pela bolsa concedida. Agradeço aos coordenadores e ao secretário (Jaliade Chaves) do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde (PPGBAS/UEMA) por todo apoio científico, técnico e social para o desenvolvimento deste trabalho. A todos os professores do PPGBAS/UEMA pelos ensinamentos. Grata também a todos os colegas de turma do mestrado, por toda a parceria e aprendizado e que mesmo com a rápida convivência devido a pandemia da COVID-19, compartilharam momentos enriquecedores. E meu muito obrigada, também, a todos os professores que me conduziram, desde o ensino infantil até o ensino superior, para minha evolução acadêmica.

Agradeço aos pesquisadores que gentilmente cederam belas imagens de serpentes que ilustram esse trabalho: Nelson J. da Silva Jr., Alexandre Almeida, Vinicius T. Carvalho, Diego J. Santana, Paulo S. Bernarde, Breno Hamdan, Iuri Ygor Fernandes, Priscila Olímpio, Glauco Oliveira, Felipe P. Sena, Lucas Lima, Igor Roberto, William W. Lamar. A Secretaria de Saúde do Estado do Maranhão em nome de Leandro M. da Silva e Milenna S. Santos do Departamento de Pesquisa em Saúde e Desenvolvimento, a Tayara C. Pereira do Departamento de Epidemiologia e Controle de Doenças; Zulmira S. Batista, Celma Soares e Flavio Saraiva do Departamento de Controle de Zoonoses que

disponibilizaram a base de dados completa sobre os acidentes ofídicos ocorridos no estado do Maranhão utilizada nesta dissertação.

Profundos agradecimentos à minha mãe Francimar de Sampaio e ao meu pai Cláudio José Alves por seus esforços em sempre garantir uma boa educação, e que com toda paciência e determinação fundamentaram meu caráter. Por sempre vibrarem juntos pelo meu sucesso. Aos meus irmãos Samyle Kerlyne e Pedro Henrique, pela torcida constante e por sempre acreditarem em mim. Ao meu esposo Etielle Andrade por todos ensinamentos, paciência, incentivo, apoio e ajuda nos momentos de dificuldade. Além de, me auxiliar durante todo período de mestrado. Muito obrigada por todo o suporte durante esse período. Agradeço por vocês sempre estarem comigo!

Agradeço aos pesquisadores que se dispuseram a ler e contribuir com críticas construtivas ao longo da elaboração deste trabalho: Profa. Dra. Rejane Maria Lira da Silva (UFBA) e Prof. Dr. Breno Hamdan (Instituto Vital Brazil) membros da banca de qualificação; e Prof. Dr. Otavio A. V. Marques (Instituto Butantan) e Prof. Dr. Breno Hamdan (Instituto Vital Brazil) membros da banca de defesa.

A todos que torceram e contribuíram direta e indiretamente para minha formação. Todo o sucesso alcançado é fruto desse excelente trabalho em equipe.

Imensamente agradecida a todos.

*O Senhor Deus perguntou então à mulher: "Que foi que você fez?" Respondeu a mulher: "A serpente me enganou, e eu comi".*

*Então o Senhor Deus declarou à serpente: "Uma vez que você fez isso, maldita é você entre todos os rebanhos domésticos e entre todos os animais selvagens! Sobre o seu ventre você rastejará, e pó comerá todos os dias da sua vida. Porei inimizade entre você e a mulher, entre a sua descendência e o descendente dela; este ferirá a sua cabeça, e você lhe ferirá o calcanhar".*

(Gênesis 3: 13-15)

*“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.*

(Albert Einstein)

## RESUMO GERAL

O Brasil se destaca mundialmente por apresentar elevada riqueza e endemismo de espécies de serpentes. Na última síntese, 430 espécies foram listadas com ocorrência no país, das quais 71 são consideradas peçonhentas de importância médica; pertencentes as famílias Viperidae e Elapidae. Envenenamentos por serpentes peçonhentas constituem importante problema de saúde pública e está incluído na lista de Doenças Tropicais Negligenciadas pela Organização Mundial da Saúde. Dentre os países sul-americanos, o Brasil possui o maior número de casos de acidentes ofídicos e o estado do Maranhão é o segundo maior número em acidentes ofídicos da região Nordeste. Há necessidade de uma análise rebuscada e aprofundada desses acidentes, afim de contribuir para melhoria do tratamento das vítimas e prevenção dos acidentes. Aumentar o conhecimento sobre a distribuição das espécies de serpentes de importância médica e os acidentes que estas ocasionam de crucial importância para o planejamento estratégico da saúde e tratamento adequado das vítimas desse tipo de agravo. São objetivos dessa dissertação o (i) mapeamento das espécies de serpentes de importância médica com ocorrência no estado indicando áreas de elevado risco para o ofidismo (capítulo 1); (ii) traçar o perfil clínico-epidemiológico dos acidentes provocados por serpentes de importância médica no MA identificando vulnerabilidades no atendimento dos acidentados (capítulo 2) e; (iii) disseminar o conhecimento científico produzido nos capítulos 1 e 2 para a população a partir da elaboração de um livro em formato e-book apresentando as serpentes de importância médica e o perfil dos acidentes que ocasionam no estado do Maranhão, bem como estratégias de prevenção e primeiros socorros desse tipo de agravo (capítulo 3).

## GENERAL ABSTRACT

Brazil stands out worldwide for presenting high species richness and endemism of snake species. The last synthesis reported 430 species of snakes to occur in Brazilian territory, of which 71 species are venomous snakes of medical importance; families Viperidae and Elapidae. Poisonings by venomous snakes are an important problem to the public health and it is included in the list of Neglected Tropical Diseases by the World Health Organization. Among the South American countries, Brazil shows the highest number of snakebite accidents and the state of Maranhão has the second highest number of snakebites in the Northeast region. It is needed to conduct analyzes about these accidents, in order to improve the treatment of victims and accident prevention. Increase knowledge about the distribution of snake species of medical importance and the accidents they cause, are of crucial importance for strategic health planning and adequate treatment. The goals of this dissertation are (i) mapping of snake species of medical importance at risk in the state of indication of elevation areas for snakebite (chapter 1); (ii) to trace the clinical-epidemiological profile of accidents caused by snakes of medical importance in ma, identifying vulnerabilities in the care of accidents (chapter 2); (iii) disseminate the scientific knowledge produced in chapters 1 and 2 to the general population through the elaboration of a book (e-book format) presenting the snakes of medical emergency and the knowledge of accidents that cause in the state of Maranhão, as well as prevention strategies and first aid for this type of problem (chapter 3).

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 1: Use of geospatial analyses to address snakebite hotspots in mid-northern Brazil – a direction to health planning in shortfall biodiversity knowledge areas**

Figure 1 – Venomous snakes of the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. (A) Spatial distribution of 1,046 occurrence records of venomous snakes in Maranhão (137 elapids and 909 viperids; see Appendix A, Supplementary Material) available in our database. (B) Photographies of some venomous snakes (those that we got photos of the live specimens) recorded to occur inside the limites of the state of Maranhão.....31

Figure 2 – Maps of potential distribution of venomous snakes of the families Viperidae (A) and Elapidae (B) in the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. Color gradients represent degrees of suitability of the potential distribution of each family across the Maranhão limits.....37

Figure 3 – General map of potential distribution of venomous snakes (Viperidae + Elapidae) in the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. Color gradients represent degrees of suitability of the potential distribution of venomous snakes across the Maranhão limits. Inside the red circles we highlight the regions with high suitability (>70%) for venomous snakes and in the green circles low suitability (<10%); we also present the scientific name of the species of venomous snakes recorded, the name and populational data of each municipality, and the number of snakebites recorded along ten years (2009-2019) in the referred municipalities.....38

Appendix D (SM) – Maps of potential distribution of each venomous snakes of the family Viperidae in the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. The points represent occurrence records and color gradients represent degrees of suitability of the potential distribution of each family across the Maranhão limits.....59

Appendix E (SM) – Maps of potential distribution of each venomous snakes of the family Elapidae in the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. The points represent occurrence records and color gradients represent degrees of suitability of the potential distribution of each family across the Maranhão limits.....60

Appendix F (SM) – Relationship between the number of snakebites (2009-2019) and the risk of envenoming ( $z = 2.39$ ,  $df = 209$ ,  $p = 0.005$ ).....61

### **CAPÍTULO 2: Acidentes ofídicos na região meio-norte do Brasil: acessando aspectos clínico-epidemiológicos como estratégia para lidar com Doenças Tropicais Negligenciadas**

Figura 1 – Número dos envenenamentos ofídicos por mês entre os anos de 2009 e 2019 no estado do Maranhão.....83

Figura 2 – (A) Municípios com maiores notificações de envenenamento ofídico no estado do Maranhão. (B) Municípios com maiores taxas de incidência de envenenamento ofídico no estado do Maranhão.....83

Apêndice A (MS) – Número de envenenamentos ofídicos por ano, ocorridos no estado do Maranhão entre 2009 e 2019.....86

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 1: Use of geospatial analyses to address snakebite hotspots in mid-northern Brazil – a direction to health planning in shortfall biodiversity knowledge areas**

Table 1 – Venomous snakes of medical importance of the state of Maranhão (MA), mid-north region of Brazil. List of species with, at least, one occurrence record inside MA limits; number of occurrence records of each species that composed our database; biome of occurrence of each species in the MA. BC: Biological Collections, L: literature.....36

Table 2 – Result of the Generalized Linear Model (GLM) showing the relationship among the number of snakebites, the distribution of venomous snakes, and the population density (logarithmized) in the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. In bold = significant values.....39

Appendix B (SM) – Data used to analyze the risk of venomous snakebites: number of snakebites (2009–2019, from the Departamento de Controle de Zoonoses of the Secretaria do Estado da Saúde do Maranhão), snake distribution (from generalized map of potential distribution for all venomous snake species in Maranhão; Fig. 3), and human population density in Maranhão (from the Centro de Dados Socioeconômicos e Aplicações; CIESIN; SEDAC, 2018). We highlight that we removed the three highest snakebite indices (Buriticupu, Arame, and Grajaú) from the analysis because they caused overdispersion in the other data and inflated model performance.....54

Appendix C (SM) – Average performance of the SDM (AUC/TSS) generated for the venomous snakes of medial importance of the state of Maranhão, mid-north region of Brazil.....58

### **CAPÍTULO 2: Acidentes ofídicos na região meio-norte do Brasil: acessando aspectos clínico-epidemiológicos como estratégia para lidar com Doenças Tropicais Negligenciadas**

Tabela 1 – Número de envenenamentos ofídicos por sexo entre os anos de 2009 e 2019 no estado do Maranhão.....84

Tabela 2 – Classificação dos envenenamentos ofídicos entre 2009 e 2019 ocorridos no estado do Maranhão.....84

Tabela 3 – Evolução dos envenenamentos ofídicos entre 2009 e 2019 ocorridos no estado do Maranhão.....85

Tabela 4 – Odds ratio (OR) bruto e intervalo de confiança (IC) de 95% para associação entre a classificação dos envenenamentos e a faixa etária, o tempo de atendimento e o tipo da serpente envolvida nos acidentes, com respectivo valor de significância expresso em Qui-quadrado (p-valor).....85

Apêndice B (MS) – Zona de residência das vítimas dos envenenamentos ofídicos ocorridos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....87

Apêndice C (MS) – Zona de ocorrência dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	87
Apêndice D (MS) – Faixa etária das vítimas dos envenenamentos ofídicos ocorridos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	88
Apêndice E (MS) – Etnias (autodeclaradas) das vítimas dos envenenamentos ofídicos ocorridos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	88
Apêndice F (MS) – Tipo de serpente causadora dos envenenamentos ofídicos ocorridos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	89
Apêndice G (MS) – Região anatômica atingida nos envenenamentos ofídicos ocorridos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	89
Apêndice H (MS) – Tempo decorrido entre o atendimento e os envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	90
Apêndice I (MS) – Manifestação locais (dor) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	90
Apêndice J (MS) – Manifestação locais (edema) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019. ....	90
Apêndice L (MS) – Manifestação locais (equimose) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	91
Apêndice M (MS) – Manifestação sistêmicas (neuroparalíticas) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	91
Apêndice N (MS) – Manifestação sistêmicas (vagai) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	91
Apêndice O (MS) – Manifestação sistêmicas (miolíticas) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	92
Apêndice P (MS) – Manifestação sistêmicas (renal) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.....	92

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	17
INTRODUÇÃO GERAL.....	18
REFERÊNCIAS.....	22
<b>CAPÍTULO 1: Use of geospatial analyses to address snakebite hotspots in mid-northern Brazil – a direction to health planning in shortfall biodiversity knowledge areas.....</b>	<b>27</b>
ABSTRACT.....	28
INTRODUCTION.....	28
MATERIAL AND METHOD.....	31
RESULTS.....	34
DISCUSSION.....	39
CONCLUSION.....	42
ACKNOWLEDGEMENTS.....	43
REFERENCES.....	44
SUPPLEMENTARY MATERIAL.....	52
<b>CAPÍTULO 2: Acidentes ofídicos na região meio-norte do Brasil: acessando aspectos clínico-epidemiológicos como estratégia para lidar com Doenças Tropicais Negligenciadas.....</b>	<b>63</b>
RESUMO.....	64
INTRODUÇÃO.....	65
MÉTODOS.....	67
RESULTADOS.....	69
DISCUSSÃO.....	71
CONCLUSÃO.....	74
AGRADECIMENTOS.....	75
REFERÊNCIAS.....	77
LEGENDAS DE FIGURAS.....	83
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	86
<b>CAPÍTULO 3: Serpentes de importância médica e acidentes ofídicos no Maranhão.....</b>	<b>93</b>
APRESENTAÇÃO.....	7
PREFÁCIO.....	8

INTRODUÇÃO.....	9
ESTADO DO MARANHÃO.....	13
CARACTERÍSTICAS DAS SERPENTES PEÇONHENTAS.....	15
NÃO SÃO CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES NO RECONHECIMENTO DAS SERPENTES PEÇONHENTAS DE IMPORTÂNCIA MÉDICA.....	20
SERPENTES PEÇONHENTAS DO MARANHÃO.....	22
<i>Bothrops atrox</i> .....	23
<i>Bothrops bilineatus</i> .....	24
<i>Bothrops brasiliensis</i> .....	25
<i>Bothrops lutzi</i> .....	26
<i>Bothrops marajoensis</i> .....	27
<i>Bothrops moojeni</i> .....	28
<i>Bothrops taeniatus</i> .....	29
<i>Crotalus durissus</i> .....	30
<i>Lachesis muta</i> .....	31
<i>Micrurus brasiliensis</i> .....	32
<i>Micrurus filiformis</i> .....	33
<i>Micrurus hemprichii</i> .....	34
<i>Micrurus ibiboboca</i> .....	35
<i>Micrurus lemniscatus</i> .....	36
<i>Micrurus paraensis</i> .....	37
<i>Micrurus spixii</i> .....	38
<i>Micrurus surinamensis</i> .....	39
ENVENENAMENTO POR SERPENTES PEÇONHENTAS DE IMPORTÂNCIA MÉDICA.....	40
PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DOS ACIDENTES POR SERPENTES PEÇONHENTAS NO MARANHÃO.....	43
DICAS DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES POR SERPENTES PEÇONHENTAS....	45
TRATAMENTO: SOROS ANTIOFÍDICOS.....	47
POLOS DE SOROS ANTIOFÍDICOS NO MARANHÃO.....	48
AGRADECIMENTOS.....	60
REFERÊNCIAS.....	61

## APRESENTAÇÃO

A dissertação intitulada “Serpentes de importância médica do Maranhão: diversidade, mapeamento e perfil clínico-epidemiológico dos acidentes” cumpre um dos requisitos para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde da Universidade Estadual do Maranhão (PPGBAS/UEMA). Os dados e resultados aqui apresentados são originais e inéditos. Foram obtidos graças ao apoio da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

A dissertação é composta, inicialmente, de uma introdução geral e referências (formatadas em acordo com a ABNT). Em seguida, apresentamos os dois primeiros capítulos em formato de manuscritos. Capítulo 1 “Use of geospatial analyses to address snakebite hotspots in mid-northern Brazil – a direction to health planning in shortfall biodiversity knowledge areas”, publicado no periódico *Toxicon* (Qualis A2; Fator de impacto: 3.033); e o Capítulo 2 “Acidentes ofídicos na região meio-norte do Brasil: acessando aspectos clínico-epidemiológicos como estratégia para lidar com Doenças Tropicais Negligenciadas”, que será submetido a *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* (Qualis B1). Por fim, apresentamos o Capítulo 3 “Serpentes de importância médica e acidentes ofídicos no Maranhão”, que será publicado em formato de e-book.

Esperamos que este trabalho sirva de referência no conhecimento das serpentes peçonhentas de importância médica do estado do Maranhão e na defesa contra o ofidismo no estado. Desejamos uma agradável leitura!

## INTRODUÇÃO GERAL

Os répteis compreendem um grupo de vertebrados altamente diverso com 11,733 espécies válidas e habitando os mais diversos ecossistemas terrestres, marinhos e de água doce das regiões tropicais e temperadas do Globo (Greene 2000; Uetz & Hošek, 2022). Contudo, é também um dos grupos mais negligenciados com relação a estudos da sua diversidade, distribuição e conservação (Böhm et al., 2013; Guedes et al., 2018). Dentre os répteis, as serpentes somam ca. de 3,971 espécies conhecidas (Uetz & Hošek, 2022) e o Brasil é destaque mundial por abrigar elevada diversidade de espécies e endemismos, com 430 espécies ocorrendo nos limites do seu território (Costa et al., 2021).

À exceção das regiões polares, Madagascar e Nova Zelândia, as serpentes peçonhentas são em geral amplamente distribuídas (Kasturiratne et al., 2008; Harrison et al., 2009), sendo os países tropicais aqueles com maior diversidade de espécies (Melgarejo, 2016). No Brasil, a família Elapidae (com 35 espécies – representada pelas serpentes do gênero *Micrurus*) e a família Viperidae (com 36 espécies – representada pelas serpentes dos gêneros *Bothrops*, *Crotalus* e *Lachesis*) são consideradas serpentes peçonhentas de importância médica (Bernarde, 2014; Melgarejo et al., 2016). É nos países tropicais onde ocorrem a maioria dos acidentes por serpentes peçonhentas em humanos (Gutiérrez et al., 2017; Harrison et al., 2009). A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que cerca de 5,4 milhões de pessoas são picadas por serpentes anualmente, resultando em 81.000 a 138.000 óbitos, além do elevado número de pessoas que se curam, mas retêm sequelas clínicas (OMS, 2021a).

Envenenamento por serpentes peçonhentas constitui importante problema de saúde pública devido ao sofrimento que ocasionam, morbimortalidade e possível incapacidade física a longo prazo, com destaque para o elevado número de casos na Ásia, África e América Latina (Gutiérrez et al., 2017; Arias-Rodríguez & Gutiérrez, 2020; Schneider et al., 2021a). Incluída na lista de Doenças Tropicais Negligenciadas (DTN) pela OMS, envenenamentos por serpentes peçonhentas acometem, principalmente, pessoas de baixa condição socioeconômica e grupos como trabalhadores agrícolas, pastores, seringueiros e população indígena, que vivem em regiões remotas, pouco desenvolvidas e politicamente marginalizadas, causando um ciclo vicioso da pobreza (Schneider et al., 2021; OMS 2021a; Williams et al., 2019), recebendo assim também o status de ‘doença da pobreza’ e ‘doença ocupacional’ (Harrison et al., 2009; OMS 2021a).

Com objetivo de reduzir até 50% a mortalidade e incapacidade ocasionada pelos acidentes ofídicos, a Organização Mundial da Saúde criou estratégias que priorizam os quatro pilares principais: capacitar e envolver as comunidades regionais, nacionais e locais

objetivando ações proativas; garantir um tratamento seguro e eficaz as vítimas; fortalecer os sistemas de saúde para melhores resultados; e aumentar parcerias, coordenação e recursos para garantir que o roteiro seja bem implementado (Williams et al., 2019; OMS 2021b).

Na América Latina, dados sobre ofidismo são negligenciados por não-notificação ou subnotificação (Gutiérrez, 2011; Mise et al., 2018). Essa escassez de informação é fruto de quando o acidentado não consegue ou opta por não buscar atendimento médico e/ou pelo preenchimento incompleto ou inadequado das fichas compulsórias de notificação, além de outros fatores (Gutiérrez, 2011; Mise et al., 2018). Dentre os países Latino Americanos, o Brasil apresenta o maior número de acidentes ofídicos, com ca. de 30.000 casos anuais (Brasil, 2020). Por possuir elevada diversidade de serpentes peçonhentas (66 espécies; Costa et al., 2021) se destaca pelo o elevado risco de envenenamento por serpentes (Schneider et al., 2021b).

No Brasil, a produção dos soros antiofídicos é responsabilidade de quatro laboratórios: Instituto Butantan (IB), Instituto Vital Brazil (IVB), Centro de Pesquisa e Produção de Imunobiológicos (CPPI) e Fundação Ezequiel Dias (FUNED) (Salomão et al., 2018). E são distribuídos com base nas informações provenientes do Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN, que é abastecido com dados oriundos das Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde (SINAN, 2016). A análise dessas notificações possibilita a vigilância epidemiológica identificar as regiões mais vulneráveis, os locais de ocorrência das espécies, quantidade de ampolas a serem distribuídas e para onde serão distribuídas (SINAN, 2016). O tratamento é oferecido gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde –SUS brasileiro, no entanto, o acesso ao soro antiofídico não é distribuído de forma homogênea, representando um sério problema de saúde principalmente em áreas remotas (Citeli et al., 2020).

Estimar a presença de serpentes peçonhentas em áreas geográficas remotas é tarefa desafiadora em virtude da escassez de dados. Contudo, compreender a ecologia e distribuição de serpentes peçonhentas é de suma importância para auxiliar no combate ao ofidismo (OMS, 2021c). Além disso, acidentes com serpentes peçonhentas de importância médica ocorrem em contextos ecológicos, sociais, econômicos, culturais e políticos e, exigem esforços que requerem integração de experiências clínicas, ecológicas e de saúde pública (Longbottom et al., 2018; Gutiérrez 2020; OMS, 2021c). Ainda, a identificação das áreas de riscos para envenenamentos ofídicos, bem como quais principais espécies causadoras dos acidentes habitam determinada região e os padrões de distribuição geográfico dessas serpentes podem se dá, também, por meio da análise das informações contidas em coleções biológicas, analisadas paralelamente aos dados epidemiológicos de determinada

região (Lira-da-Silva et al., 2009a; Citeli et al., 2020). Assim, o mapeamento da distribuição das serpentes de importância médica associado a dados epidemiológicos de qualidade e informações de acesso ao tratamento e disponibilidade do antiveneno constituem importante ferramenta para identificar populações vulneráveis aos envenenamentos ofídicos, fornecendo direcionamento que vise minimizar o impacto ocasionado pelos acidentes ofídicos nas comunidades vulneráveis (Longbottom et al., 2018; OMS, 2021c).

Apesar dos avanços em conhecer a fauna de serpentes do Brasil, ainda há uma vasta lacuna de conhecimento sobre a distribuição das serpentes (Guedes et al., 2018). Embora a região meio-norte (Norte-Nordeste) tenha avançado no conhecimento sobre as serpentes com diversos trabalhos científicos disponíveis (e.g., Martins & Oliveira, 2011; Hamdan & Lira-da-Silva, 2012; Mesquita et al., 2013; Guedes, et al., 2014; Silva et al., 2016; Freitas et al., 2017) ainda assim, há lacunas importantes no conhecimento sobre as espécies dessa região e como estão distribuídas, principalmente no estado do Maranhão que é um vazio amostral no conhecimento sobre a fauna ofídica e da biodiversidade como um todo (Guedes et al. 2020).

Oficialmente parte do Nordeste, o Maranhão é o segundo lugar com maior número de acidentes ofídicos da região, registrando 2.332 casos em 2020, ficando atrás apenas da Bahia que registrou 2.897 casos. Na sequência, Ceará com 992 casos, Pernambuco com 845, Rio Grande do Norte com 656, Paraíba com 665, Piauí com 408, Alagoas com 332 e Sergipe com 140 casos (Brasil, 2020). O elevado número de vítimas e a gravidade dos casos de ofidismo torna necessária uma análise aprofundada da realidade desses acidentes, contribuindo para melhoria da abordagem de cuidados por parte do governo, melhorando a distribuição do antiveneno no estado do Maranhão, assim como o atendimento das vítimas. Além disso, promover campanhas educativas na tentativa de prevenir esses acidentes contribuindo especialmente para a preservação das serpentes, grupo historicamente perseguido por populares e com conservação negligenciada (Vizotto, 2003). Ainda, uma parte do estado do Maranhão encontra-se inserido dentro dos limites da Amazônia Legal onde muitas populações vivem em áreas rurais, com pouca ou nenhuma assistência em saúde e difícil acesso ao tratamento, configurando uma área de vulnerabilidade da população em casos de acidentes ofídicos (Chippaux 2017; Chippaux 2015; Salazar et al., 2021; Schneider et al., 2021b).

É política de saúde coletiva no Brasil a obrigatoriedade da notificação dos acidentes ofídicos desde 1988/1989 por parte dos centros de atendimento (Fan et al., 2015). Tais informações visam auxiliar o planejamento estratégico de ações de saúde pública. Contudo,

apesar do esforço a real magnitude dos acidentes ofídicos no país é subestimada (Mise et al., 2018), especialmente por falta de planejamento e treinamento em ampla escala esperado para um país de limites continentais e cuja fauna de serpentes é altamente diversa. Apesar dos esforços constantes em sínteses de ofidismo para o país (e.g., Lira-da-Silva et al., 2009b; Sangenis et al., 2013; Roriz et al., 2018; Araújo & Andrade, 2019; Ceron et al., 2021), muita informação está diluída na literatura científica oriunda de registros pontuais de relatos de envenenamento e/ou registros hospitalares (e.g., García & Díaz, 2006; Pardal et al., 2007; Sangenis et al., 2013; Bisneto et al., 2019; Silva et al., 2019; Silva et al., 2020). Neste sentido, iniciativas de estudos sobre ofidismo em escala regional e/ou estadual podem auxiliar no planejamento epidemiológico (Salazar et al., 2021; Yañez-Arenas et al., 2018; Bisneto et al., 2019) podendo elencar soluções modelos para lidar com o ofidismo em escala nacional (e.g., Bernarde & Gomes, 2012; Nascimento et al., 2017; Ceron et al., 2019).

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, S. C. M.; ANDRADE, E. B. Aspectos epidemiológicos dos acidentes ofídicos ocorridos no estado do Piauí, Nordeste do Brasil, entre os anos de 2003 e 2017. **Revista Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**, v. 3, n. 2, p. 154-165, 2019.
- ARIAS-RODRÍGUEZ, J. A.; GUTIÉRREZ, J. M. Circumstances and Consequences of Snakebite Envenomings: A Qualitative Study in South-Eastern Costa Rica. **Toxins**, v. 12, n. 45, p. 1-13, 2020.
- BERNARDE, P. S.; GOMES, J. O. Serpentes peçonhentas e ofidismo em Cruzeiro do Sul, Alto Juruá, Estado do Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 65-72, 2012.
- BERNARDE P.S. **Serpentes peçonhentas e acidentes ofídicos no Brasil**. 1 ed. São Paulo, AnolisBooks. p. 224. 2014.
- BISNETO, P. F. *et al.* Coral snake bites in Brazilian Amazonia: perpetrating species, epidemiology and clinical aspects. **Toxicon**, v. 175, p. 7-18, 2019.
- BÖHM, M. *et al.* The conservation status of the world's reptiles. **Biological Conservation**, v. 157, p. 372-385, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Casos – Ofidismo. 2021.  
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinanet/cnv/animaisbr.def>  
Acessado em 10 de janeiro de 2022.
- CERON, K. *et al.* Acidentes ofídicos no estado de Santa Catarina, Brasil. **Oecologia Australis**, v. 23, n. 1, p. 56-65, 2019.
- CERON, K. *et al.* Epidemiology of snake envenomation from Mato Grosso do Sul, Brazil. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 9, e0009737, 2021.
- CITELI, N. *et al.* Bushmaster bites in Brazil: ecological niche modeling and spatial analysis to improve human health measures. **Cuadernos de Herpetología**, v. 34, n. 2, p. 00-00, 2020.
- CHIPPAUX, J. P. Epidemiology of envenomations by terrestrial venomous animals in Brazil based on case reporting: from obvious facts to contingencies. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical**, v. 21, p. 1-17, 2015.
- CHIPPAUX, J. P. Incidence and mortality due to snakebite in the Americas. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 11, e0005662, 2017.
- COSTA, H. C.; GUEDES, T. B.; BÉRNILS, R. S. Lista de répteis do Brasil: padrões e tendências. **Herpetologia Brasileira**, v. 10, n. 3, 110-279.

FAN, H. W. *et al.* Snakebites and Scorpion Stings in the Brazilian Amazon: Identifying Research Priorities for a Largely Neglected Problem. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 5, e0003701, 2015.

FREITAS, M. A. *et al.* Herpetofauna of the Northwest Amazon forest in the state of Maranhão, Brazil, with remarks on the Gurupi Biological Reserve. **ZooKeys**, v. 643, p. 141-155, 2017.

GARCÍA, M. M.; DÍAZ, R. S. Ofidismo. Estudio de 30 casos en Brasil. **Revista Cubana de Medicina General Integral**, v. 22, n. 2, p. 1-7, 2006.

GRENNE, H. W. 2000. **Snakes – The Evolution of Mystery in Nature**. University of California Press, p. 366.

GUEDES, T. B. *et al.* Patterns, biases and prospects in the distribution and diversity of Neotropical snakes. **Global Ecology and Biogeography**, v. 27, p. 14-21, 2018.

GUEDES, T. B.; NOGUEIRA, C.; MARQUES, O. A.V. Diversity, natural history, and geographic distribution of snakes in the Caatinga, Northeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 3863, n. 1, p. 001-093. 2014.

GUEDES, T. B.; QUEIROZ, A.; SOUSA, P.; HAMDAN, B. (Passos, Caramaschi & Pinto, 2006) and *Drepanoides anomalus* (Jan, 1863) (Squamata, Serpentes) in the state of Maranhão, northeastern Brazil. **Check List**, v. 16, n. 2, p. 424-433, 2020.

GUTIÉRREZ, J. M. Envenenamientos por mordeduras de serpientes em América Latina y el Caribe: una visión integral de carácter regional. **Boletín de Malariología y Salud Ambiental**. v. 51, n. 1, p. 1-16, 2011.

GUTIÉRREZ, J. M. *et al.* Snakebite envenoming. **Nature reviews/disease primers**, v. 3, 17063, 2017.

GUTIÉRREZ, J. M. Snakebite envenoming from an Ecohealth perspective. **Toxicon**, v. 10, p. 100043, 2020.

HAMDAN, B.; LIRA-DA-SILVA, R. M. The snakes of Bahia State, northeastern Brazil: species richness, composition and biogeographical notes. **Salamandra**, v. 48, n. 1, p. 31-50, 2012.

HARRISON, R. A. *et al.* Snake Envenoming: A Disease of Poverty. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 3, n. 12, e569, 2009.

KASTURIRATNE, A. *et al.* The global burden of snakebite: a literature analysis and modeling based on regional estimates of envenoming and deaths. **PLoS Medicine**, v. 5, n. 11, e218, 2008.

LIRA-DA-SILVA, R. M. *et al.* Serpentes de importância médica do Nordeste do Brasil. **Gazeta Médica da Bahia**, v. 79 (Supl.1), p. 7-20, 2009a.

LIRA-DA-SILVA, R. M. *et al.* Morbimortalidade por ofidismo no nordeste do Brasil (1999-2003). **Gazeta Médica da Bahia**, n. 79 (Supl.1), p. 21-25, 2009b.

LONGBOTTOM, J. *et al.* Vulnerability to snakebite envenoming: a global mapping of hotspots. **The Lancet**, v. 392, p. 673-84, 2018.

MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. Amazônia Maranhense: diversidade e conservação. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 2011, p. 328.

MELGAREJO, A., PUORTO, G., BUONONATO, M.A., SILVA JR., N. Cobras-corais de interesse médico no Brasil. In: SILVA JR., N.J. As cobras-corais do Brasil: Biologia, taxonomia, venenos e envenenamentos. Editora Puc Goiás, Goiânia, 2016, p. 330-345.

MESQUITA, P. C. M. D. *et al.* Ecologia e história natural das serpentes de uma área de Caatinga no nordeste brasileiro. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 53, n. 8, p. 99-113, 2013.

MISE, Y. F.; LIRA-DA-SILVA, R. M.; CARVALHO, F. M. Time to treatment and severity of snake envenoming in Brazil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 42, e52, p. 1-6, 2018.

NASCIMENTO, L. S.; JUNIOR, U. R. C.; BRAGA, J. R. M. Perfil epidemiológico do ofidismo no estado da Bahia – Brasil (2010-2015). **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 4, n. 2, p. 4-16, 2017.

NOGUEIRA, C. C. *et al.* Atlas of Brazilian Snakes: Verified Point-Localities Maps to Mitigate the Wallacean Shortfall in a Megadiverse Snake Fauna. **South American Journal of Herpetology**, v. 14, (Special Issue 1), n. 1, p. 1-274, 2019.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Snakebite**. Disponível em: [https://www.who.int/health-topics/snakebite#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/snakebite#tab=tab_1). Acessado em 05 de janeiro de 2021a.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Snakebite envenoming**. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/snakebite-envenoming>. Acessado em 05 de janeiro de 2021b.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Improving ecological and epidemiological data on snakebite envenoming**. Disponível em: <https://www.who.int/activities/improving-ecological-and-epidemiological-data-on-snakebite-envenoming>. Acessado em 06 de janeiro de 2021c.

PARDAL, P. P. O. *et al.* Acidente por surucucu (*Lachesis muta muta*) em Belém-Pará: relato de caso. **Revista Paraense de Medicina**, v. 21, n. 1, p. 37-42, 2007.

- RORIZ, K. R. P. S. *et al.* Epidemiological study of snakebite cases in Brazilian Western Amazonia. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 51, n. 3, p. 338-346, 2018.
- SALAZAR, M. G. K. *et al.* Snakebites in “Invisible Populations”: A cross-sectional survey in riverine populations in the remote western Brazilian Amazon. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 9, e0009758, 2021.
- SALOMÃO, M. G.; OLIVEIRA, P. L.; MACHADO, C. Epidemiologia dos acidentes por animais peçonhentos e a distribuição de soros: estado de arte e a situação mundial. **Revista de Salud Pública**, v. 20, n. 4, p. 523-529, 2018.
- SANGENIS, L. H. C. *et al.* Acidentes ofídicos no município de Valença, Rio de Janeiro: possível emergência de envenenamentos por cascavel. **Revista de Patologia Tropical**, v. 42, n. 1, p. 114-120, 2013.
- SCHNEIDER, M. C. *et al.* Snakebites in Rural Areas of Brazil by Race: Indigenous the Most Exposed Group. **International Journal Environmental of Research and Public Health**, v. 18, 9365, 2021a.
- SCHNEIDER, M. C. *et al.* Overview of snakebite in Brazil: Possible drivers and a tool for risk mapping. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 1, e0009044, 2021b.
- SILVA, M. B. *et al.* Checklist of reptiles of the Amazonia-Caatinga-Cerrado ecotonal zone in eastern Maranhão, Brazil. **Herpetology Notes**, v. 9, p. 7-14, 2016.
- SILVA, A. M. *et al.* Ethno-knowledge and attitudes regarding snakebites in the Alto Juruá region, Western Brazilian Amazonia. **Toxicon** 171: 66-77, 2019.
- SILVA, A. M. *et al.* Epidemiological and clinical aspects of snakebites in the upper Juruá River region, western Brazilian Amazonia. **Acta Amazonica**, 50(1):90-99, 2020.
- SINAN. Sistema de Informação de Agravos de Notificação. Funcionamento. 2016. Disponível em: <http://portalsinan.saude.gov.br/funcionamentos>. Acessado em 10 de janeiro de 2022.
- UETZ, P.; FREED, P.; HOŠEK, J. (eds.) The Reptile Database. 2022. Disponível em: <http://www.reptile-database.org>. Acessado em 26 de abril de 2022.
- VIZOTTO, L. D. 2003. **Serpentes: Lendas, mitos, superstições e crendices**. Editora Plêiade. São Paulo, p. 240.
- WILLIAMS, D. J. *et al.* Strategy for a globally coordinated response to a priority neglected tropical disease: Snakebite envenoming. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 13, n. 2, e0007059, 2019.
- YAÑEZ-ARENAS, C. *et al.* Estimating geographic patterns of ophidism risk in Ecuador. **Neotropical Biodiversity**, v. 4, n. 1, p. 55-61, 2018.

## **CAPÍTULO 1**

### **Use of geospatial analyses to address snakebite hotspots in mid-northern Brazil – a direction to health planning in shortfall biodiversity knowledge areas**

Este manuscrito foi publicado na Toxicon ISSN 0041-0101 online | Fator de Impacto  
3.033

Acesso ao artigo: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2022.03.012>

1 Article type: Full-Length Research Papers

2

3 **Use of geospatial analyses to address snakebite hotspots in mid-northern Brazil – a**  
4 **direction to health planning in shortfall biodiversity knowledge areas**

5

6 Sâmia Caroline Melo Araújo<sup>a</sup>, Karoline Ceron<sup>b</sup>, Thaís B. Guedes<sup>a,c\*</sup>

7 <sup>a</sup>Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente  
8 e Saúde, Caxias, MA, 65604-380, Brazil

9 <sup>b</sup>Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, 13083-872, Campinas, SP, Brazil

10 <sup>c</sup>University of Gothenburg, Gothenburg Global Biodiversity Center and Department of Biological  
11 and Environmental Sciences, Box 461, SE-405-30, Göteborg, Sweden

12 \*Corresponding author. Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em  
13 Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Caxias, MA, 65604-380, Brazil. E-mail address:  
14 thaisbguedes@yahoo.com.br (T. B. GUEDES)

## 15 **ABSTRACT**

16 Knowing the distribution of venomous snakes of medical importance is essential to identify  
17 areas at risk for snakebites. Thus, we used an integrative approach based on the application of  
18 geographic distribution data of venomous snakes, species distribution modeling (SDM),  
19 spatial organization of snakebites, and information on human population density for mapping  
20 the potential distribution of snakes and identifying areas at risk of snakebites in the state of  
21 Maranhão (mid-northern Brazil). From a compiled database of venomous snake records  
22 deposited in biological collections and the literature, we predict the potential distribution of  
23 venomous snakes in Maranhão, a state whose diversity and geographic distribution of  
24 venomous snake species are poorly known. With this, we constructed potential distribution  
25 maps for each venomous snake species with at least one occurrence record within state  
26 boundaries, as well as generalized maps by family (Viperidae and Elapidae) and the total  
27 number of venomous snakes in Maranhão State. We also obtained data on the number of  
28 snakebites recorded in each municipality of Maranhão over a decade (2009 – 2019) and we  
29 ran a Generalized Linear Model to test for relationships between the number of venomous  
30 snakebites, the area of occurrence of snakes, and human population density. We obtained  
31 1,046 records of venomous snake species for Maranhão, represented by 17 viperid and elapid  
32 species. Most of the records were from Viperidae (mostly *Bothrops atrox* and *B. marajoensis*)  
33 and were concentrated mainly in the Amazon of the northern portion of the state. The models  
34 showed accurate predictive performance for all modeled species. The entire area of Maranhão  
35 exhibits environmental conditions for the occurrence of venomous snakes, with higher  
36 suitability indices in the northern region, in the Amazon rainforest. The number of snakebites  
37 was positively correlated with high-risk areas (i.e., greater distribution of venomous snakes)  
38 and human population density. Our study is a pioneer in using species distribution modeling  
39 in mid-northern Brazil to address the scarcity of data on snakebite-causing species, directly  
40 contributing to the theme of neglected tropical diseases of the World Health Organization.

41

42 **Keywords:** Biological collections, Maranhão, neglected tropical diseases, ophidism, species  
43 distribution models, venomous snakes.

44

## 45 **1 INTRODUCTION**

46 Snake envenomation is a serious threat to many countries in the world. Snakebite  
47 envenoming was classified as a major public health problem and added to the category “A” of  
48 Neglected Tropical Disease (NTD), according to the World Health Organization (WHO,

49 2021a). Medically important venomous snakes occur nearly worldwide, and snakebite  
50 envenoming affects approximately 5.4 million people every year, seriously injuring about 2.7  
51 million and killing about 138,000 (Gutiérrez et al., 2017; WHO, 2021b). The incidence of  
52 snakebite envenoming is highest in tropical countries (Harrison et al., 2009; Gutiérrez et al.,  
53 2006; 2010), which also harbor the greatest diversity of venomous snake species (Melgarejo,  
54 2009; Roll et al., 2017). Most snakebites' victims live in some of the world's most remote,  
55 poorly developed, and politically marginalized tropical communities, which turns these  
56 accidents more severe (Gutiérrez et al., 2017).

57 Several factors are known to influence the incidence of the snake envenomations and  
58 some of them are related to the snakes (e.g., species, distribution), victims (e.g., age, sex),  
59 social (e.g., work, economy), and by the environment (e.g., climate) (Gutiérrez, 2011; Chaves  
60 et al., 2015; Gutiérrez, 2020). However, the incidence of snakebite envenoming is known to  
61 be largely influenced by environmental and demographic factors (Molesworth et al., 2003;  
62 Hansson et al., 2013). Agricultural workers, particularly young males from poor rural  
63 communities in emerging countries, are at higher risk and constitute the majority of snakebite  
64 victims (Harrison et al., 2009; Longbottom et al., 2018; Ediriweera et al., 2019). Nevertheless,  
65 lethality, in general, is relatively low (0.4%; see Fan & Monteiro, 2018) and depends on  
66 different factors such as antivenom availability, which are the only treatment for snakebite  
67 envenomation (Fan & Monteiro, 2018, Longbottom et al., 2018, WHO, 2021a). These  
68 substances have a high cost of production, acquisition, and packaging, and they should be  
69 judiciously distributed throughout the country considering the venomous snake species  
70 richness at local and regional levels, demand, and spatial distribution of snakebites (Gutiérrez  
71 et al., 2012). Such an epidemiological profile characterizes snakebite envenoming as a  
72 'disease of poverty' (Harrison et al., 2009), which explains the global disregard for research  
73 funding, preventive actions, and medical treatments for this injury (WHO, 2021b).

74 Biogeography tools have been widely used to overcome the ignorance on the distribution  
75 of venomous snakes and have been applied in public health planning, especially in areas with  
76 a deficit in taxonomic and geographic knowledge of biodiversity (e.g., Nori et al., 2013;  
77 Zacarias & Loyola, 2018; Ceron et al., 2021b). This new approach considers the relationships  
78 between snakes and human populations and allows the identification of snakebite hotspots  
79 (Longbottom et al., 2018). This approach includes the application of geographic distribution  
80 data of venomous snakes, species distribution modeling (SDM), spatial organization of  
81 snakebites, and information on human population density for mapping the potential  
82 distribution of snakes and identifying areas at risk of snakebites (see Nori et al., 2013; Yáñez-

83 Arenas et al., 2014; 2015; 2018; Bravo-Vega et al., 2019; Citeli et al., 2020; Yousefi et al.,  
84 2020). This information is crucial for public health planning, since it allows availability  
85 antivenom in risk areas, training of health professionals to deal with this kind of accident,  
86 include continued environmental education classes to vulnerable population, as well as  
87 distribution of individual protection equipment to prevent accidents (Yañez-Arena et al.,  
88 2015; Malhotra et al., 2021; Pintor et al., 2021), helping to reduce the snakebites and its  
89 impacts. The distribution maps of venomous snakes generated in this approach also form  
90 solid bases for studying the intraspecific spatial variation in venom composition, thus aiding  
91 in the planning and production of antivenoms (Jorge et al., 2015; Silva-Júnior et al., 2020).

92 Brazil harbors one of the greatest species richness of snakes in the world, with about 430  
93 species (Costa et al., 2021). Of these, 66 species (families Viperidae and Elapidae) are  
94 considered of medical importance due to their ability to cause severe envenoming in humans  
95 (Melgarejo, 2009; Nogueira et al., 2019). Despite recent efforts and significant advances (e.g.,  
96 Guedes et al. 2018; Nogueira et al., 2019), knowledge of the geographic distribution of  
97 Brazilian snakes remains fragmented. Like Brazil, the state of Maranhão (mid-northern  
98 region) is known for its rich biodiversity (Martins, 2011). Regarding the snake fauna,  
99 approximately 110 species are known for the state, of which 17 (Viperidae and Elapidae) are  
100 venomous snakes of medical importance (Costa et al., 2021; Nogueira et al., 2019). However,  
101 these numbers come from a few faunal surveys (e.g., Cunha & Nascimento, 1993; Barreto et  
102 al., 2011; Freitas et al., 2017), thus evidencing extensive gaps in the knowledge of the  
103 distribution of venomous snakes in the state, mainly due to the historical scarcity of snake  
104 researchers (Guedes et al., 2020). There is a need to intensify studies that fill the gaps in  
105 knowledge about the geographic distribution of snake species, especially in mid-northern and  
106 northern Brazil (see Fig. 1A; Guedes et al., 2018). This fact reveals the scarcity of funding for  
107 biodiversity research and suggests negligence in combating snakebites, particularly because  
108 Maranhão ranks second in northeastern Brazil in number of snakebite envenoming, behind  
109 only the State of Bahia (Brasil, 2021).

110 This study has three principal aims because snakebites in complex contexts demand  
111 ecological, social, and health approaches (Gutierrez et al., 2020). First, we used species  
112 occurrence records and environmental and demographic variables to produce maps of the  
113 potential distribution of venomous snakes in the state of Maranhão using species distribution  
114 modeling. Second, we used venomous snakebite indices, snake distribution, and human  
115 population density to verify whether there is a relationship between these variables in  
116 determining areas at risk for venomous snakebites in Maranhão. Third, we identified the

117 state's regions most vulnerable to snakebites from the production of risk maps of venomous  
118 snakebites.

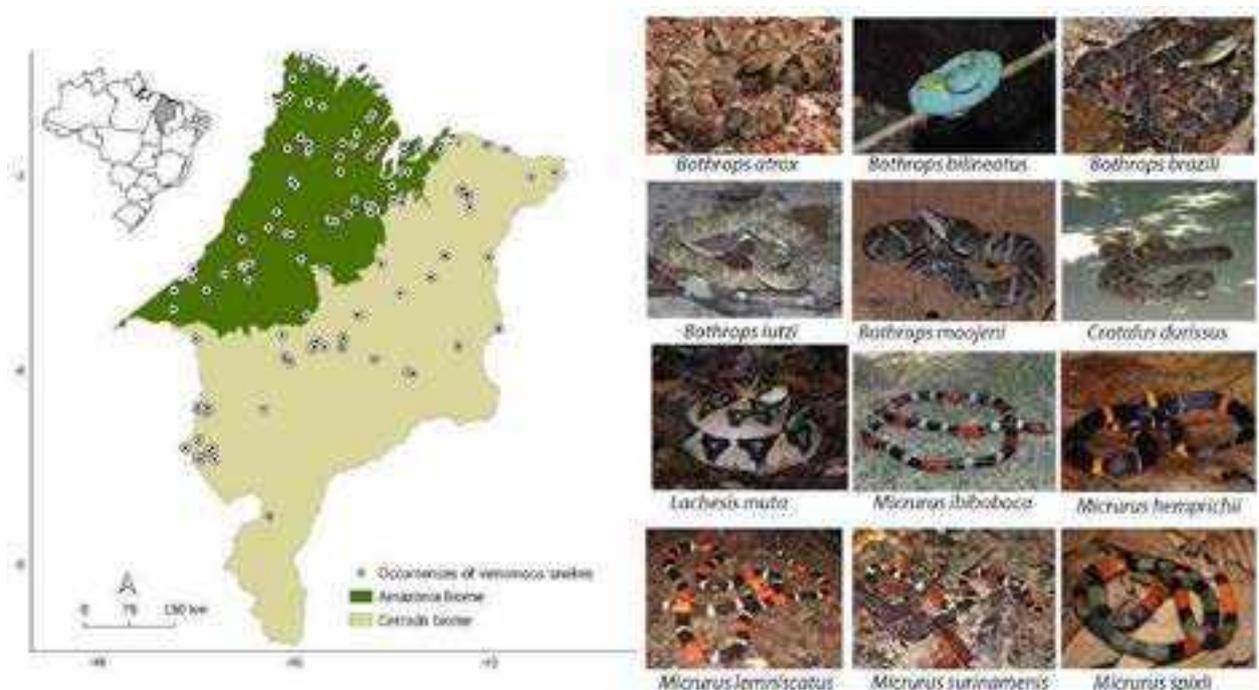
119

## 120 2 MATERIAL AND METHODS

### 121 2.1 Study area

122 This study was conducted in the state of Maranhão, mid-northern Brazil, Neotropical  
123 region (Fig. 1). Maranhão has an area of 330,000 km<sup>2</sup>, 217 municipalities, an estimated  
124 population of 6,574,789 inhabitants (36.92% in rural areas), and a population density of 19.81  
125 per km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). The state concentrates complex natural landscapes, represented mainly  
126 by the Cerrado and Amazon biomes (Fig. 1) (IBGE, 2017).

127



128

129 **Figure 1.** Venomous snakes of the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. (A) Spatial  
130 distribution of 1,046 occurrence records of venomous snakes in Maranhão (137 elapids and  
131 909 viperids; see Appendix A, Supplementary Material) available in our database. (B)  
132 Photographies of some venomous snakes (those that we got photos of the live specimens)  
133 recorded to occur inside the limites of the state of Maranhão. Photo credits: Nelson Jorge da  
134 Silva Jr (*B. atrox*), Alexandre Almeida (*B. bilineatus*), Vinicius T. Carvalho (*B. brazili*),  
135 Diego J. Santana (*B. moojeni*, *M. hemprichii*, *M. spixii*), Paulo S. Bernarde (*M. surinamensis*),  
136 and Thaís B. Guedes (*B. lutzi*, *C. durissus*, *L. muta*, *M. ibiboboca*).

137

## 138 **2.2 Data collection**

139 We constructed a refined and verified database of all venomous snake species recorded at  
140 least once in Maranhão. For this, we obtained records of occurrence of venomous snakes by  
141 direct analysis (conducted by TBG) of specimens deposited in the Coleção Herpetológica do  
142 Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) and Coleção Herpetológica da Universidade Federal  
143 do Maranhão (HUFMA) (Appendix A, Supplementary Material). We complemented our  
144 database by including records of voucher specimens obtained from the scientific literature  
145 (e.g., Barreto et al., 2011; Miranda et al., 2012; Silva et al., 2016; Freitas et al., 2017; Guedes  
146 et al., 2014, 2018; Cavalcante-Pinto et al., 2019; Nogueira et al., 2019; Araújo et al., 2020).

147 We georeferenced the locality data associated with each verified specimen in  
148 herpetological collections and each specimen cited in the literature. When precise locality data  
149 were absent, we adopted the coordinates of the centroid of the municipality of collection.  
150 After identifying the species occurring in Maranhão, we expanded the occurrence database of  
151 these species beyond the state boundaries using data provided by Nogueira et al. (2019). This  
152 approach was used because the better we detail the distribution of species, the better we  
153 characterize their climatic niches, thus generating more reliable models (Phillips et al., 2004).

154 To analyze the risk of venomous snakebites, we constructed a spreadsheet containing data  
155 on the number of snakebites, snake distribution, and human population density in Maranhão  
156 (Appendix B, Supplementary Material). We obtained real data on the number of snakebites in  
157 each municipality of Maranhão over a decade (2009–2019) from the Departamento de  
158 Controle de Zoonoses of the Secretaria do Estado da Saúde do Maranhão.

159 Venomous snake species occurrence data were extracted from the potential distribution  
160 map generated for Maranhão (see sections 2.3 and 2.4), and population density data for 2015  
161 were extracted (resolution = 2.5 arc-min) from the Centro de Dados Socioeconômicos e  
162 Aplicações (CIESIN, 2018). We extracted the data considering the centroids of the  
163 municipalities using QGIS software version 3.10.6 (QGIS Development Team, 2020).

164

## 165 **2.3 Species Distribution Modelling**

166 We characterized the conditions of snake encounters by using 20 environmental variables  
167 (being 19 climatic variables and one of altitude; from 1970-2000; resolution = 2.5 arc-min)  
168 available from World Clim (<https://www.worldclim.org/>; Fick & Hijmans, 2017).

169 Additionally, we also consider the variable population density (for 2015; resolution = 2.5 arc-  
170 min) available from the Centro de Dados Socioeconômicos e Aplicações (CIESIN, 2018).

171 Thus, for SDM we considered 21 variables. To reduce the correlation between predictor

172 variables and avoid errors caused by spatial autocorrelation (Dormann, 2007), we performed a  
173 Principal Component Analysis (PCA) using the *ade4* package in the R environment (R Core  
174 Team, 2021). Next, we selected the variables that did not show collinearity (i.e., through  
175 visual analysis, variables were selected in orthogonal directions and that presented longer  
176 arrows, demonstrating the importance of the variable) and are known to demonstrate  
177 ecological meaning for species distribution (Guisan et al., 2017). In general, seven variables  
178 were selected: annual mean temperature (BIO1), isothermality (BIO3), minimum temperature  
179 of coldest month (BIO6), annual temperature range (BIO7), mean temperature of warmest  
180 quarter (BIO10), mean temperature of coldest quarter (BIO11), and precipitation of wettest  
181 quarter (BIO16); except for *Bothrops bilineatus* for which only six variables were observed:  
182 annual mean temperature (BIO1), minimum temperature of coldest month (BIO6), mean  
183 temperature of driest quarter (BIO9), mean temperature of warmest quarter (BIO10), mean  
184 temperature of coldest quarter (BIO11), and annual precipitation (BIO12).

185 We modeled the geographic distribution of venomous snake species to predict their  
186 potential areas of occurrence in Maranhão. For this, we used the *biomod2* package (Thuiller et  
187 al., 2009) in R version 4.0.3 (R Core Team, 2021) using eight algorithms: GLM (Generalized  
188 Linear Model; McCullagh & Nelder, 1989), GBM (Generalized Boosting Model; Ridgeway,  
189 1999), GAM (Generalized Additive Model; Hastie & Tibshirani, 1990), CTA (Classification  
190 Tree Analysis; Breiman, 1984), SER (Surface Range Envelop; Busby, 1991), FDA (Flexible  
191 Discriminant Analysis; Hastie et al. al., 1994), RF (Random Forest; Breiman, 2001), and  
192 Maxent (Maximum Entropy; Phillips et al. 2006).

193 The models were calibrated with 80% of the data (training set) selected randomly and  
194 then validated using the other 20% of the data (500 pseudo-absences). Individual model  
195 performance was evaluated using two metrics, as implemented in the *biomod2* package: the  
196 true skills statistics (TSS) and area under the curve (AUC) of the receiver operating  
197 characteristics (ROC) (Thuiller et al., 2009). Furthermore, in order to select the best  
198 predictive models to construct consensus maps, we used TSS to select models showing high  
199 precision values, which assess model success at both presence and absence points (i.e., TSS >  
200 0.8). Continuous predictions of ensemble models were transformed into a predicted bivariate  
201 map of potential presence versus absence of the species using a threshold approach  
202 implemented in the ‘*biomod2*’ package. Variable importance in the ensemble prediction was  
203 evaluated with a permutation procedure (see Thuiller et al., 2016 for details). After, bivariate  
204 maps were summed to obtain a map of regions of high habitat suitability, building a  
205 consensus map.

## 206 **2.4 Mapping hotspots of venomous snakes in Maranhão**

207 To characterize the potential distribution of each snake species in Maranhão, we  
208 constructed environmental suitability maps by extracting information from the raster layers  
209 generated in the distribution modeling. We also constructed environmental suitability maps  
210 for Viperidae and Elapidae, the two medically important snake families in the state. Finally,  
211 we constructed a generalized map of potential distribution for all venomous snake species in  
212 Maranhão. The final potential distribution maps were made using QGIS software version  
213 3.10.6 (QGIS Development Team, 2020).

214

## 215 **2.5 Testing predictors for snakebite risk**

216 We tested which variables were related to areas of higher risks of snakebites in  
217 Maranhão. For this, we ran the Generalized Linear Models (GLM) using the number of  
218 venomous snakebites in Maranhão as the response variable and the distribution of venomous  
219 snakes and human population density as predictor variables (log-transformed). For the GLMs,  
220 we removed the three highest snakebite values (Buriticupu, Arame and Grajaú) from the  
221 analysis because they caused overdispersion in the other data and inflated model performance.  
222 We ran the GLMs using the glmmTMB package in the R environment (Brooks et al., 2017; R  
223 Core Team, 2021). The model families were selected after inspecting the distributions of the  
224 response variables in the diagnostic plots generated in the DHARMA package in the R  
225 environment (Hartig, 2019; R Core Team, 2021). The model that best explained the data was  
226 the negative binomial regression.

227

## 228 **3 RESULTS**

### 229 **3.1 The venomous snakes of Maranhão**

230 We constructed a database containing 1,046 records of venomous snakes in Maranhão  
231 (137 elapids and 909 viperids; Appendix A, Supplementary Material). Seventeen venomous  
232 snake species (nine viperids and eight elapids) were recorded at least once in Maranhão  
233 (Table 1; Fig. 1). The occurrence records were unevenly distributed both taxonomically and  
234 spatially. Seventy-one percent of the records were from two species (*B. atrox* and *B.*  
235 *marajoensis*), and most records were concentrated in northern Maranhão, in the Amazonia  
236 biome (Table 1; Fig. 1).

237 The potential distribution models generated for each of the 17 species had TSS values ranging  
238 from 0.94 to 1.0 and AUC ranging from 0.99 to 1.0 (Appendix C, Supplementary Material).

239 We mapped the potential geographic distribution of nine viperid species (Appendix D,

240 Supplementary Material). *Bothrops atrox* was predicted to occur in northwestern Maranhão  
241 (in the Amazon), with punctual patches in the north (coastal region, Cerrado), and in the  
242 central region of the state (at the transition between the Amazon and Cerrado). *Bothrops*  
243 *bilineatus* was predicted to occur in northwestern and northern Maranhão, at the transition  
244 between the Cerrado and the Amazon, where the species has not been yet recorded.

245 For *Bothrops brazili*, the predicted geographic distribution indicated occurrence in  
246 western (in the Amazon) and southwestern Maranhão (in the Cerrado area), consistent with  
247 the occurrence records. *Bothrops lutzi* potentially occurs in the Cerrado and some areas in  
248 southern and eastern Maranhão. *Bothrops marajoensis* was predicted to occur in the  
249 northwestern (in the Amazon) and northern coastal regions (within the Cerrado), where there  
250 is no occurrence record of the species. *Bothrops moojeni* was predicted to occur widely in  
251 Maranhão, with punctual areas of greater suitability in the southwest region (in the Cerrado);  
252 there is suitability for the occurrence of the species in the extreme south of the state, where  
253 the species has not yet been recorded. *Bothrops taeniatus* potentially occurs in the west (in the  
254 Amazon), the coastal region to the north, and the south of Maranhão (where the Cerrado  
255 predominates); there is a predicted occurrence in areas where the species has not yet been  
256 recorded. For *Crotalus durissus*, the predicted geographic distribution indicated occurrence in  
257 patches distributed in northern and southern Maranhão (in the Amazon and Cerrado). Finally,  
258 *Lachesis muta* had a predicted distribution restricted to northwestern Maranhão (in the  
259 Amazon).

260 Regarding the potential distribution of elapids (Appendix E, Supplementary Material),  
261 *Micrurus brasiliensis* was predicted to occur in southwestern and southern Maranhão (in  
262 Cerrado areas), with patches in the eastern and southeastern regions, where the species has not  
263 been recorded. *Micrurus filiformis* was predicted to occur in western (in the Amazon) and  
264 eastern Maranhão (in Cerrado areas), where the species has not been recorded. *Micrurus*  
265 *hemprichii* had greater environmental suitability in northwestern Maranhão, patches in the  
266 coastal region (in the Cerrado), where the species had no record. For *Micrurus ibiboboca*, the  
267 potential distribution indicated occurrence in eastern Maranhão (in the Cerrado), patches  
268 scattered in the northern coastal region, and areas in the west and extreme south of Maranhão,  
269 where the species has not yet been recorded. *Micrurus lemniscatus* showed possible  
270 occurrence in northwestern (in the Amazon) and northeastern (Cerrado) Maranhão, and  
271 punctual patches in the southwest of the state (in Cerrado areas). *Micrurus paraensis* was  
272 predicted to occur in northwestern (in an area of the Amazon biome) and eastern Maranhão,  
273 where the Cerrado biome predominates. *Micrurus spixii* potentially occurred in northwestern

274 and western (in the Amazon biome), central (at the transition between the Amazon and  
 275 Cerrado), and northeastern, eastern, and southwestern Maranhão (where the Cerrado  
 276 predominates). *Micrurus surinamensis* was predicted to occur in northwestern Maranhão (in  
 277 the Amazon), a punctual patch in the southwest (of the Cerrado biome), and the northeastern  
 278 region of the state, where the species has not yet been recorded.

279

280 **Table 1.** Venomous snakes of medical importance of the state of Maranhão (MA), mid-north  
 281 region of Brazil. List of species with, at least, one occurrence record inside MA limits;  
 282 number of occurrence records of each species that composed our database; biome of  
 283 occurrence of each species in the MA. BC: Biological Collections, L: literature.

284

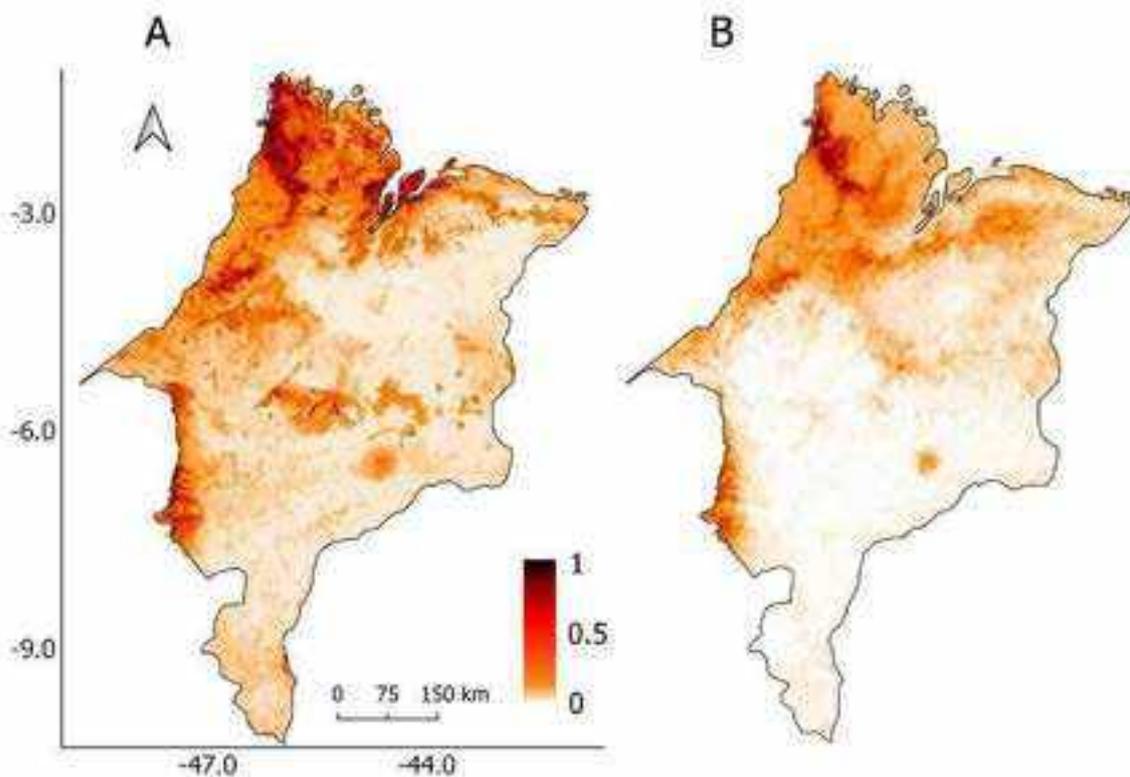
Species	Occurrence Records Total (BC + L)	Biome
<b>Viperidae</b>		
<i>Bothrops atrox</i> Linnaeus, 1758	431 (233 + 198)	Amazon
<i>Bothrops bilineatus</i> Wied-Neuwied, 1821	2 (0 + 2)	Amazon
<i>Bothrops brazili</i> Hoge, 1954	8 (7 + 1)	Amazon
<i>Bothrops lutzi</i> Miranda-Ribeiro, 1915	7 (0 + 7)	Cerrado
<i>Bothrops marajoensis</i> Hoge, 1966	309 (4 + 305)	Amazon
<i>Bothrops moojeni</i> Hoge, 1966	20 (16 + 4)	Cerrado
<i>Bothrops taeniatus</i> Wagler, 1824	4 (1 + 3)	Amazon
<i>Crotalus durissus</i> Linnaeus, 1758	120 (25 + 95)	Cerrado
<i>Lachesis muta</i> Linnaeus, 1766	8 (0 + 8)	Amazon
<b>Elapidae</b>		
<i>Micrurus brasiliensis</i> Roze, 1967	16 (10 + 6)	Cerrado
<i>Micrurus filiformis</i> Günther, 1859	7 (2 + 5)	Amazon
<i>Micrurus hemprichii</i> Jan, 1858	7 (2 + 5)	Amazon
<i>Micrurus ibiboboca</i> Merrem, 1820	11 (6 + 5)	Amazon, Cerrado
<i>Micrurus lemniscatus</i> Linnaeus, 1758	51 (25 + 26)	Amazon, Cerrado
<i>Micrurus paraensis</i> Cunha & Nascimento, 1973	5 (2 + 3)	Amazon, Cerrado
<i>Micrurus spixii</i> Wagler, 1824	22 (13 + 9)	Amazon, Cerrado
<i>Micrurus surinamensis</i> Cuvier, 1816	18 (15 + 3)	Amazon, Cerrado

285

286 **3.2 Mapping the hotspots of medically important venomous snake families in Maranhão**

287 For viperids (Fig. 2A), the highest suitability rates (>70%) were observed in northern-  
288 northwestern (at the border with the state of Pará, in the Amazon biome) and western  
289 Maranhão (to the south, at the border with the state of Tocantins, in the Cerrado); there were  
290 even spaced patches in the central Maranhão, in the transition between the Amazon and  
291 Cerrado. We observed isolated patches with medium suitability value (~50%) in the  
292 northeastern, southeastern, central, and eastern Maranhão and the northern coastal area, where  
293 the Cerrado biome predominates (Fig. 2). We also observed a scenario for viperid species to  
294 occur throughout Maranhão (suitability >10%).

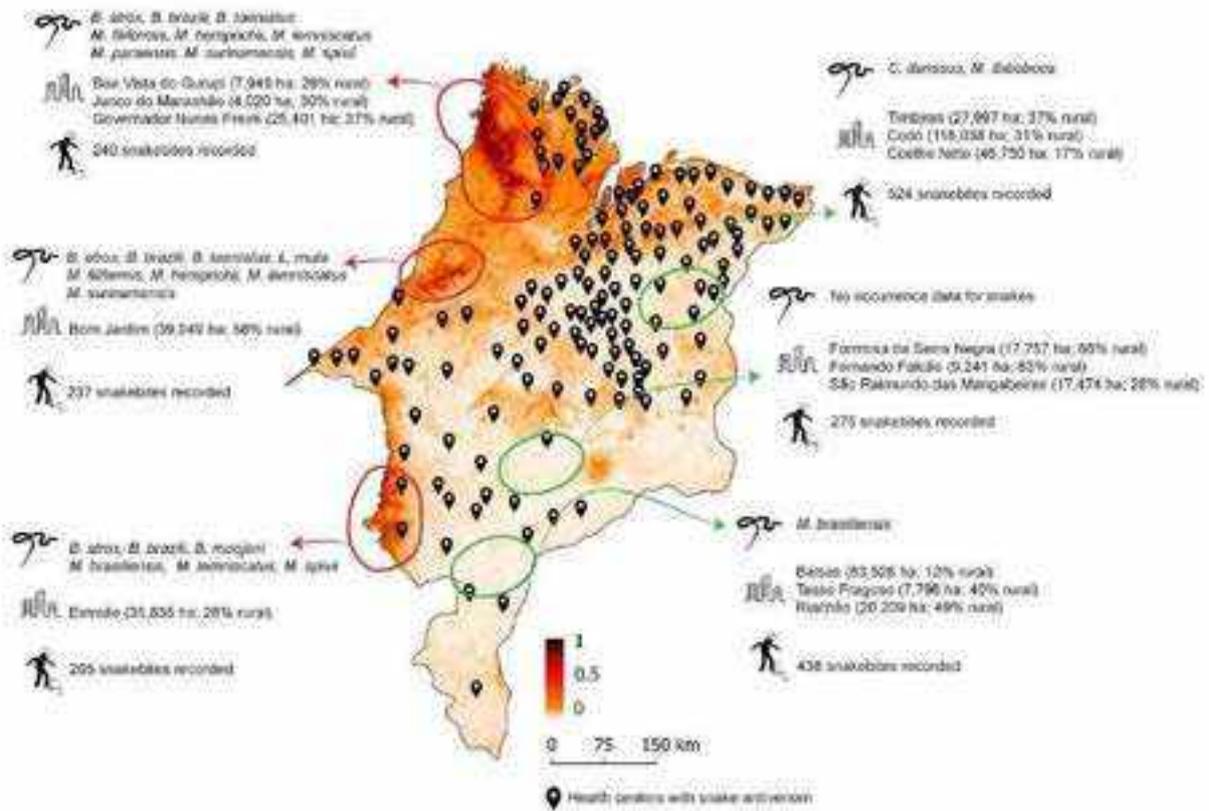
295 For elapids (Fig. 2B), the highest suitability indices (>70%) were observed in  
296 northwestern Maranhão, in the Amazon. Elapidae were also predicted to occur (~50%) in  
297 northeastern and coastal regions (in the Cerrado). We also observed a scenario for elapid  
298 species to occur in the north-central portion of the state (suitability >10%).



299 **Figure 2.** Maps of potential distribution of venomous snakes of the families Viperidae (A)  
300 and Elapidae (B) in the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. Color gradients  
301 represent degrees of suitability of the potential distribution of each family across the  
302 Maranhão limits.  
303

304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315

The general map of potential distribution (Fig. 3) indicated suitability of occurrence (>10%) of medically important snake species for an extensive area of Maranhão. However, only five municipalities exhibited the highest suitability indices (>70%) (Boa Vista do Gurupi, Junco do Maranhão, Governador Nunes Freire, Bom Jardim, and Estreito). These municipalities are primarily located in western Maranhão, in the Amazon (at the border with the state of Pará) and Cerrado (at the border with the state of Tocantins). We observed an average index (~50%) of suitability for 17 municipalities located mostly in western Maranhão, in the Amazon and Cerrado (e.g., Carutapera, Luís Domingues, Maracaçumé, Maranhãozinho, Presidente Médici, Nova Olinda do Maranhão, Santa Luzia do Paruá, Centro Novo do Maranhão, and São Bento).



316  
317  
318  
319  
320  
321

**Figure 3.** General map of potential distribution of venomous snakes (Viperidae + Elapidae) in the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. Color gradients represent degrees of suitability of the potential distribution of venomous snakes across the Maranhão limits. Inside the red circles we highlight the regions with high suitability (>70%) for venomous snakes and in the green circles low suitability (<10%); we also present the scientific name of the species

322 of venomous snakes recorded, the name and populational data of each municipality, and the  
 323 number of snakebites recorded along ten years (2009-2019) in the referred municipalities (see  
 324 methods for details).

325

### 326 **3.3 Predictors for snakebite risk**

327 We observed no direct relationship between the number of snakebites and human  
 328 population density ( $p > 0.05$ ). However, we observed a positive and significant correlation  
 329 when we considered the risk of snakebites (i.e., suitability value for the presence of venomous  
 330 snakes together with the number of documented snakebites) and its interaction with human  
 331 population density ( $z = -0.74$ ,  $df = 209$ ,  $p = 0.007$ ). Likewise, we observed a direct  
 332 relationship between the number of snakebites to the risk of snakebites ( $z = 2.39$ ,  $df = 209$ ,  $p$   
 333  $= 0.005$ ; Table 2; Appendix F, Supplementary Material).

334

335 **Table 2.** Result of the Generalized Linear Model (GLM) showing the relationship among the  
 336 number of snakebites, the distribution of venomous snakes, and the population density  
 337 (logaritimized) in the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. In bold = significant  
 338 values.

	<b>Estimated</b>	<b>Standard</b>	<b>z value</b>	<b>Pr(&gt; z )</b>
		<b>Error</b>		
(Intercept)	4.01846	0.17598	22.835	< 2e-16
risk	2.39715	0.87104	2.752	<b>0.00592</b>
log(population)	0.06190	0.06313	0.981	0.32682
risk:log(population)	-0.74606	0.27736	-2.690	<b>0.00715</b>

339

## 340 **4 DISCUSSION**

### 341 **4.1 The venomous snakes of Maranhão**

342 This study is the first compilation of data on the geographic distribution of medically  
 343 important venomous snakes in the Maranhão state. According to the records, Maranhão has  
 344 110 snake species (15% are considered of medical importance), the second-highest snake  
 345 diversity in the northeast region of Brazil and 10th in the entire country (Costa et al., 2021).  
 346 Despite efforts to characterize the composition and distribution of the snake fauna of  
 347 Maranhão (e.g., Lira-da-Silva et al., 2009; Barreto et al., 2011; Miranda et al., 2012; Silva et  
 348 al., 2016; Freitas et al., 2017; Guedes et al., 2014, 2018; Cavalcante-Pinto et al., 2019;  
 349 Nogueira et al., 2019; Araújo et al., 2020), there is a sampling gap that is evidenced by the

350 scarcity of records, especially in regions dominated by the Cerrado ecosystem in the south of  
351 the state (Fig. 1). This fact reinforces the existence of a taxonomic and geographic deficit of  
352 snake sampling in Maranhão (Guedes et al., 2018; 2020) and indicates the lack of taxonomists  
353 in the state, following a global trend (Engel et al., 2021). It is also noteworthy that the scarcity  
354 of taxonomists of venomous animals results in the scarcity of basic knowledge, which directly  
355 affects public health, especially in highly biodiverse and poorly sampled regions such as  
356 Maranhão.

357 The family Viperidae has diversified in the Neotropical region, where it is rich in species  
358 (Hamdan et al., 2020) and widely distributed in open and forested environments. Viperids  
359 have diverse habits (Quijada-Mascareñas et al., 2007; Nogueira et al., 2019; Hamdan et al.,  
360 2020), which may explain why they constitute most occurrence records in our study. Within  
361 Viperidae, the genus *Bothrops* had the highest number of species and records. These findings  
362 are likely explained by the occurrence of *Bothrops* species in a variety of habitats, ranging  
363 from forested (e.g., Atlantic Forest and Amazon) to open areas (e.g., Cerrado and Caatinga),  
364 including water bodies, cultivated and disturbed areas, and by their use of diverse substrates,  
365 which may facilitate frequent encounters with humans (Jorge et al., 2015; Mota-da-Silva et  
366 al., 2019; Nogueira et al., 2019). In contrast, elapids have fossorial habits, which probably  
367 resulted in the scarcity of records (Silva et al., 2016).

368 The climatic variables related to the distribution of venomous snake species were  
369 composed of variables associated with temperature and precipitation. Because snakes are  
370 ectothermic animals, temperature directly affects their metabolic activity, and along with  
371 precipitation, can affect their distribution (Martín et al., 2021). Our potential distribution  
372 models showed high TSS and AUC indices ( $>0.8$ ), indicating a robustness of the constructed  
373 maps and that they can be reliably used for decision-making in public health (Guisan et al.,  
374 2017). The predictive maps are consistent with the known distribution for each species in  
375 Maranhão (Appendices D and E) and indicate potential occurrence in unsampled areas for  
376 only nine species. Therefore, it is safe to say that our predictive maps can be used as risk  
377 indicators to highlight vulnerable populations and they are important to confront snakebite  
378 burden. The maps generated for Viperidae and Elapidae (Fig. 2) and the general map of the  
379 potential distribution of venomous snakes (Fig. 3) in the state follow the same quality  
380 standard.

381

## 382 **4.2 Hotspots of medically important venomous snake families in Maranhão**

383 The areas with the highest suitability for venomous snakes are located in northern  
384 Maranhão, with particular importance for the northwest region. This finding may be explained  
385 by the fact that most venomous snakes known to Maranhão occur in forested regions, such as  
386 the Amazon (Silva et al., 2016; Cunha & Nascimento, 1993). Moreover, the northwest portion  
387 of Maranhão is located within the Legal Amazon, a highly biodiverse area that houses  
388 indigenous reserves and other lands protected by law (Moura et al., 2011). These areas (e.g.,  
389 the Gurupi Biological Reserve) have faced intense deforestation and poaching (Martins &  
390 Oliveira, 2011), which may facilitate the encounter between humans and snakes.

391 The largest area of environmental suitability was observed for Viperidae. This family and  
392 one of its genera (*Bothrops*) stand out in public health studies on snakebites due to the  
393 frequency and severity of their envenomation (Chippaux 2015; Brasil, 2021). Some areas  
394 showed potential suitability for the occurrence of venomous species, such as *M. hemprichii* in  
395 the coastal region of Maranhão, in Cerrado areas. However, this species has not yet been  
396 recorded in this region, which may be explained by the scarcity of studies in the state or its  
397 semi-fossorial habit and, consequently, poor records in biological collections and inventories  
398 (Silva et al., 2016).

399 The state of Maranhão is divided in 217 municipalities of which 139 have centers to treat  
400 snake envenoming (Citeli et al., 2018). However, only 21 of this health care centers qualified  
401 to treat snakebite victims are located in the region with the greatest environmental suitability  
402 for the presence of venomous snakes (formed by 52 municipalities) (Fig. 3). Thus, the  
403 population of the higher risk of envenoming areas is left unattended and even more vulnerable  
404 by the scarcity of the health care centers qualified to treat snakebite, as rapid serotherapy  
405 treatment is crucial in assisting snakebite victims (Gutiérrez et al., 2015).

406 The lack of relationship between the number of envenoming and human population  
407 density may be related to the fact that urban population growth is a limiting factor for  
408 maintaining snake populations (Chippaux 2017). On the other hand, the number of snakebites  
409 was associated with population density in the risk area. Therefore, the greater the number of  
410 people occupying a risk area, the greater the number of snakebite envenoming may be. This  
411 relationship indicates that population density *per se* is not a good indicator for the occurrence  
412 of snakebites, as external factors (e.g., the occurrence of venomous snakes) may inflate the  
413 occurrence of snakebites. Previous studies failed to find a relationship between the number of  
414 snake bites and population density in other Brazilian states (Mato Grosso do Sul: Ceron et al.,

415 2021a; Bahia: Mise et al., 2016). This result could be related to urban population growth  
416 being a limiting factor in maintaining snake populations (Chippaux 2017).

417 Bravo-Vega et al. 2019 used the "interaction term" between the human population and an  
418 estimate of *Bothrops asper* encounter frequency measured in the field, a way of quantifying  
419 venomous snake abundance, to infer snakebite incidence. According to this approximation,  
420 derived from the law of mass action, the incidence will be proportional to the multiplication  
421 of the densities of humans and poisonous snakes, which represent the contact between  
422 humans and these snakes. Our results support this approach. In addition, it is noteworthy that  
423 all of Maranhão has favorable environmental characteristics for venomous snake species, so  
424 even in regions with low suitability for occurrence, they require attention from health  
425 agencies. Additionally, climate change, deforestation, and urban growth could influence the  
426 distribution of snakes and, consequently, affect the risk of snake bites (Nori et al., 2013,  
427 Zacarias and Loyola, 2019; Yáñez-Arenas et al., 2015).

428 Our potential distribution maps are important because they include information on the  
429 biodiversity (of venomous snake species) in a poorly understood area and because they  
430 generate high-resolution risk maps that highlight vulnerable populations. This information is  
431 crucial in public health planning and fits into a specific goal of the World Health Organization  
432 (WHO, 2021a) strategy to reduce snakebite mortality. The high-resolution snake envenoming  
433 risk maps for Maranhão constitute solid tools for the regional health policy sectors to  
434 strategically guide prevention and assistance programs for communities in areas with a higher  
435 risk of snake bites: strengthening health systems, ensuring professional training, the  
436 availability of antivenoms, as well as adequate facilities and equipment in case of severe  
437 poisoning (e.g., mechanical ventilation).

438

## 439 **5 CONCLUSION**

440 Our study is a pioneer in using species distribution modeling in mid-northern Brazil to  
441 address the scarcity of data on snakebite-causing species, directly contributing to the World  
442 Health Organization's Neglected Tropical Diseases theme. The use of data from biological  
443 collections makes these institutions indispensable allies of public health in highly diverse  
444 regions. Data from collections allow identifying species and mapping their distribution  
445 (although scarce in some cases) for the application of geospatial tools and obtaining robust  
446 results on the potential distribution of venomous snakes.

447 Investing in the prevention and treatment of snakebite envenoming saves victims from  
448 poverty and reduces health inequality. To do this, we first need to know "where" to act to

449 prevent and treat snake bites. In this study, in the state of Maranhão, we found that the  
450 number of snakebites is positively correlated with high-risk areas (ie, higher distribution of  
451 venomous snakes) and human population density. Given this, the western region in the  
452 Amazon rainforest can be considered a focus of medical importance for snakebites in the state  
453 and should be considered a priority area for community education to prevent snakebites.

454 However, if a snakebite accident occurs, the means for treating snakebite envenoming must  
455 be available, by ensuring that those who are bitten have access to safe, effective and, affordable  
456 medicines. For the state of Maranhão, we identified a gap in the availability of health centers  
457 qualified to treat snakebite victims in high-risk areas (western region), with the majority located  
458 in lower-risk areas (eastern region). Therefore, to prevent death and disability caused by snake  
459 bites, we suggest allocating more snake antivenom health care facilities to treat victims in the  
460 western region, thus coinciding with the areas of highest risk of snake bites. Therefore, through  
461 community education and a balanced distribution of qualified health care facilities in areas of  
462 highest risk for snakebite accidents, the number of accidents, deaths, and disabilities caused by  
463 snakebites can be substantially reduced.

464 We hope this paper will inspire future work that addresses aspects of the portion of  
465 biodiversity associated with public health problems in areas with knowledge gaps. In  
466 Maranhão, the scarcity of knowledge on biodiversity extends to other medically important  
467 animals (e.g., spiders, scorpions, bees, ants, rays, and fish) and vector species (e.g., yellow  
468 fever mosquito: *Aedes aegypti*; sand fly: *Lutzomyia longipalpis*), which are also responsible  
469 for other neglected tropical diseases. Additionally, we hope this work will inspire taxonomists  
470 and biogeographers to study the biodiversity of medically important animals in Maranhão and  
471 help build reference collections to guide public health investments.

472

473

## 474 **6 ACKNOWLEDGEMENTS**

475 The authors are grateful to Health Secretariat of the State of Maranhão in name of  
476 Leandro M. da Silva and Milenna S. Santos from the Health and Development Research  
477 Department; Tayara C. Pereira from the Epidemiology and Diseases Control Department;  
478 Zulmira S. Batista, Celma Soares and Flavio Saraiva from the Zoonotic Diseases Control  
479 Department who kindly attended our request and provided refined data about the snakebite in  
480 the state of Maranhão under their care. We also thank all curators and technical manager of  
481 the biological collections visited: Ana L. C. Prudente and João Fabrício de M. Sarmiento

482 (Museu Paraense Emílio Goeldi), and Gilda V. Andrade and Antonio Fernando C. Silva  
483 (Universidade Federal do Maranhão). We would like to thank Nelson J. da Silva Jr.,  
484 Alexandre Almeida, Vinicius T. Carvalho, Diego J. Santana e Paulo S. Bernarde for providing  
485 great photos of the species of snakes in life. We are deeply indebted to Glenn F King and José  
486 María Gutiérrez (Editors) and two anonymous referees to for providing valuable criticism to  
487 our paper. SCMA and TBG thank to Universidade Estadual do Maranhão for, respectively,  
488 the master degree and senior researcher fellowships. KC thanks São Paulo Research  
489 Foundation (FAPESP) for the grant (#2020/12558-0).

490

#### 491 **Author contributions**

492 **Conceptualization:** SCMA, KC, TBG; **Data curation:** SCMA, TBG; **Formal analysis:**  
493 SCMA, KC, TBG; **Funding acquisition:** TBG; **Investigation:** SCMA, KC, TBG;  
494 **Methodology:** SCMA, KC, TBG; **Project administration:** TBG; **Resources:** TBG;  
495 **Software:** SCMA, KC, TBG; **Supervision:** TBG; **Validation:** SCMA, KC, TBG;  
496 **Visualization:** SCMA, KC, TBG; **Writing – original draft:** SCMA, KC, TBG; **Writing –**  
497 **review & editing:** SCMA, KC, TBG.

498

#### 499 **Declaration of competing interests**

500 The authors have declared that no competing interests exists.

501

#### 502 **Ethical statement**

503 This study was evaluated, approved and authorized by the National Research Ethical  
504 Committee through the Plataforma Brasil and Ethical Committee of the State University of  
505 Maranhão (CAAE 40065720.0.0000.554).

506

#### 507 **REFERENCES**

- 508 Araújo, K.C., Ribeiro, A.S.N., Andrade, E.B., Pereira, O.A., Guzzi, A., Ávila, R. W., 2020.  
509 Herpetofauna of the Environmental Protection Area Delta do Parnaíba, Northeastern Brazil.  
510 Cuad. Herpetol. 34, 1–15.
- 511 Barreto, L., Ribeiro, L.E.S., Nascimento, M.C., 2011. Caracterização da herpetofauna em áreas  
512 da Amazônia do Maranhão. In: Martins, M. B.; Oliveira, T. G. (Org). Amazônia  
513 Maranhense: Diversidade e Conservação. Belém: MPEG, pp. 18–22.

514 Brasil. 2021 Ministério da Saúde. Acidentes por animais peçonhentos.  
515 <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/acidentes-ofidicos/acidentes->  
516 [ofidicos-1](https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/acidentes-ofidicos/acidentes-ofidicos-1). Accessed in September 20, 2021.

517 Bravo-Vega, C.A., Cordovez, J.M., Renjifo-Ibáñez, C., Santos-Vega M., Sasa, M., 2019.  
518 Estimating snakebite incidence from mathematical models: A test in Costa Rica. *PLoS Negl*  
519 *Trop. Dis.* 13, e0007914. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007914>

520 Breiman, L., 1984. *Classification and Regression Trees*. CRC Press, USA.

521 Brooks, M.E., Kristensen, K., Van Benthem, K.J., Magnusson, A., Berg, C.W., Nielsen, A.,  
522 Skaug, H.J., Maechler, M., Bolker, B.M., 2017. *GlmmTMB* balances speed and flexibility  
523 among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *R J*, 9, 378–400.

524 Busby, J., 1991. BIOCLIM: A bioclimate analysis and prediction system. *Plant Protection*  
525 *Quarterly*. 61, 8–9.

526 Cavalcante-Pinto, K., Pinheiro, L.R., Ferreira, J.B., Cruz, L.S.S., Anjos, S.F., Pereira, K.D.L.,  
527 Araújo, D.M., Castro, A.L.S., 2019. Herpetological biodiversity of the Maranhão ecotone,  
528 Brazil. *Scientific Electronic Archives*, 12, 94–99.

529 Ceron, K., Vieira, C., Carvalho, P.S., Carrillo, Alonso, J., Santana, D.J., 2021a. Epidemiology  
530 of snake envenomation from Mato Grosso do Sul, Brazil. *PLoS Negl Trop Dis.* 15,  
531 e0009737. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009737>

532 Ceron, K., Mângia, S., Guedes, T.B., Alvares, D.J., Neves, M.O., Moroti, M.T., Torello, N.,  
533 Borges-Martins, M., Ferreira, V.L., Santana, D., 2021b. Ecological Niche Explains the  
534 Sympatric Occurrence of Lined Ground Snakes of the Genus *Lygophis* (Serpentes,  
535 *Dipsadidae*) in the South American Dry Diagonal. *Herpetologica*, 77, 000–000.

536 CIESIN, 2021. Center for International Earth Science Information Network - CIESIN -  
537 Columbia University. 2018. Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4):  
538 Population Density, Revision 10. NASA Socioeconomic Data and Applications Center  
539 (SEDAC), Palisades, NY. <https://doi.org/10.7927/H49C6VHW>. Accessed in March 03, 2021.

540 Chaves, L.F., Chuang, T.W., Sasa, M., Gutiérrez, J.M., 2015. Snakebites are associated with  
541 poverty, weather fluctuations, and El Niño. *Sci. Adv.*, 1, e1500249.

542 Chippaux, J.P., 2015. Epidemiology of envenomations by terrestrial venomous animals in  
543 Brazil based on case reporting: from obvious facts to contingencies. *J Venom Anim Toxins*  
544 *Incl Trop Dis.* 21, 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40409-015-0011-1>

545 Chippaux, J.P., 2017. Incidence and mortality due to snakebite in the Americas. *PLoS Negl*  
546 *Trop Dis.* 11, e0005662. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005662>

547 Citeli, N.Q.K., Cavalcante, M.M., Magalhães, M.A.F.M., Bochner, R., 2018. Lista dos Polos  
548 de Soro para Atendimento de Acidentes Ofídicos no Brasil. SINITOX. Available at  
549 [www.sinitox.icict.fiocruz.br](http://www.sinitox.icict.fiocruz.br)

550 Citeli, N., Carvalho, M., Carvalho, B.M., Magalhães, M.A.F.M., Bochner, R., 2020.  
551 Bushmaster bites in Brazil: ecological niche modeling and spatial analysis to improve human  
552 health measures. *Cuad Herpetol.* 34, 1–9.

553 Costa, H.C., Guedes, T.B., Bérnils, R.S., 2021. Lista de répteis do Brasil: padrões e tendências.  
554 *Herpetologia Brasileira*, 10, 110–279.

555 Cunha, O.R., Nascimento, F.P., 1993. Ofídios da Amazônia. As cobras da região leste do Pará.  
556 – *Boletim do Museu. Paraense Emílio Goeldi (Série Zoologia)*, 9, 1–191.

557 Dormann, C.F., 2007. Effects of incorporating spatial autocorrelation into the analysis of  
558 species distribution data. *Glob Ecol Biogeogr.* 16, 129–138.

559 Ediriweera, D.S., Kasturiratne, A., Pathmeswaran, A., Gunawardena, N.K., Wijayawickrama,  
560 B.A., Jayamanne, S.F., Isbister, G.K., Dawson, A., Giorgi, E., Diggle, P.J., Lalloo, D.G.,  
561 Silva, H.J., 2016. Mapping the Risk of Snakebite in Sri Lanka – A National Survey with  
562 Geospatial Analysis. *PLoS Negl Trop. Dis.* 10, e0004813. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004813>

563

564 Engel, M.S., Ceríaco, L.M.P., Daniel, G.M., Dellapé, P.M., Löbl, I., Marinov, M., Reis, R.,  
565 Young, M.T., 2021. The taxonomic impediment: a shortage of taxonomists, not the lack of  
566 technical approaches. *Zool J Linn Soc.* 193, 381–387.  
567 <https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlab072>

568 Fan, H.W., Monteiro, W.M., 2018. History and perspectives on how to ensure antivenom  
569 accessibility in the most remote areas in Brazil, *Toxicon.*  
570 <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.06.070>

571 Fick, S.E., Hijmans, R.J., 2017. WorldClim 2: novas superfícies climáticas de resolução  
572 espacial de 1 km para áreas terrestres globais. *International Journal of Climatology* 37, 4302–  
573 4315.

574 Freitas, M.A., Vieira, R.S., Entiauspe-Neto, O.M., Sousa, S.O., Farias, T., Sousa, A.G., Moura,  
575 G.J.B., 2017. Herpetofauna of the Northwest Amazon Forest in the state of Maranhão,  
576 Brazil, with remarks on the Gurupi Biological Reserve. *ZooKeys*, 643, 141–155.  
577 <https://doi.org/10.3897/zookeys.643.8215>

578 Guedes, T.B., Nogueira, C., Marques, O.A.V., 2014. Diversity, natural history, and geographic  
579 distribution of snakes in the Caatinga, Northeastern Brazil. *Zootaxa*, 3863, 001–093.

580 Guedes, T.B., Sawaya, R.J., Zizka, A., Laffan, S., Faurby, S., Pyron, A.R., Bérnils, R.S., Jansen,  
581 M., Passos, P., Prudente, A.L.C., Cisneros-Heredia, D.F., Braz, H.B., Nogueira, C.C.,  
582 Antonelli, A., 2018. Patterns, biases and prospects in the distribution and diversity of  
583 Neotropical snakes. *Global Ecology and Biogeography* 27, 14–21. [https://doi.org/](https://doi.org/10.1111/geb.12679)  
584 [10.1111/geb.12679](https://doi.org/10.1111/geb.12679)

585 Guedes, T.B., Queiroz, A., Sousa, P., Hamdan, B., 2020. Updated distribution maps with new  
586 records of *Trilepida fuliginosa* (Passos, Caramaschi & Pinto, 2006) and *Drepanoides*  
587 *anomalus* (Jan, 1863) (Squamata, Serpentes) in the state of Maranhão, northeastern Brazil.  
588 *Check List*, 16, 423–433. <https://doi.org/10.15560/16.2.423>

589 Guisan, A., Thuiller, W., Zimmermann, N.E., 2017. *Habitat Suitability and Distribution*  
590 *Models, With Applications in R*. Cambridge University Press. pp. 462.

591 Gutiérrez, J.M., Theakston, D.G., Warrell, D.A., 2006. Confronting the Neglected Problem of  
592 Snake Bite Envenoming: The Need for a Global Partnership. *PLoS Medicine* 3, e150.

593 Gutiérrez, J.M., Williams, D., Fran, W.H.; Warrell, D.A., 2010. Snakebite envenoming from a  
594 global perspective: Towards an integrated approach. *Toxicon*, 56, 1223–1235.

595 Gutiérrez, J.M., 2011. Envenenamientos por mordeduras de serpientes en América Latina y el  
596 Caribe: Una visión integral de carácter regional. *Bol Mal Salud Amb.*, 51, 1–16.

597 Gutiérrez, J.M., 2012. Improving antivenom availability and accessibility: Science, technology,  
598 and beyond. *Toxicon*, 60, 676–687.

599 Gutiérrez, J.M., Burnouf, T., Harrison, R.A., Calvete, J.J., Brown, N., Jensen, S.D., Warrell,  
600 D.A., Williams, D.J., 2015. A Call for Incorporating Social Research in the Global Struggle  
601 against Snakebite. *PLoS Negl Trop Dis.* 9, e0003960.  
602 <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003960>.

603 Gutiérrez, J.M., Calvete, J.J., Habib, A.G., Harrison, R.A., Williams, D.J., Warrell, D.A., 2017.  
604 Snakebite envenoming. *Nat Rev Dis Primers*, 3, 17063.  
605 <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.63>

606 Gutiérrez, J.M., 2020. Snakebite envenoming from an Ecohealth perspective. *Toxicon*, 10,  
607 100043.

608 Hastie, T., Tibshirani, R. 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman & Hall, UK.

609 Hamdan, B., Guedes, T.B., Carrasco, P.A., Melville, J., 2020. A complex biogeographic history  
610 of diversification in Neotropical lancehead pitvipers (Serpentes, Viperidae). *Zoologica*  
611 *Scripta* 49, 145–158. <https://doi.org/10.1111/zsc.12398>

612 Hansson, E., Sasa, M., Mattisson, K., Robles, A., Gutiérrez, J.M., 2013. Using Geographical  
613 Information Systems to Identify Populations in Need of Improved Accessibility to

614 Antivenom Treatment for Snakebite Envenoming in Costa Rica. *PLoS Neglected Tropical*  
615 *Disease* 7, e2009. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002009>

616 Harrison, R.A., Hargreaves, A., Wagstaff, S.C., Faragher, B., Lalloo, D.G., 2009. Snake  
617 Envenoming: A Disease of Poverty. *PLoS Neglected Tropical Disease* 3, e569.

618 Hartig, F., 2019. DHARMA: residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression  
619 models. R packages version 0.2.3.

620 IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível  
621 em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Accessed in September 01, 2021.

622 IBGE. 2017. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html#:~:text=Notas%3A,entre%20munic%C3%ADpios%20na%20fronteira%20interestadual>. Accessed in July 05,2021.

625 Jorge, R.J.B., Monteiro, H.S.A., Gonçalves, M.L., Guarnieri, M.C., Ximenes, R.M., Borges-  
626 Nojosa, D.M., Luna, K.P.O., Zingali, R.B., Corrêa-Netto, C., Gutiérrez, J.M., Sanz, L.,  
627 Calvete, J.J., Pla, D., 2015. Venomics and antivenomics of Bothrops erythromelas from five  
628 geographic populations within the Caatinga ecoregion of northeastern Brazil. *J Proteomics*.  
629 30, 93–114. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2014.11.011>.

630 Lira-da-Silva, R.M., Mise, Y.F., Casais-e-Silva, L.L., Ulloa, J., Hamdan, B., Brazil, T.K., 2009.  
631 Serpentes de importância médica do nordeste do Brasil. *Gazeta Médica da Bahia*, 79, 7–20.

632 Longbottom, J., Shearer, F.M., Devine, M., Alcoba, G., Chappuis, F., Weiss, D.J., Ray, S., Ray,  
633 N., Warrell, D., Castañeda, R.R., Williams, D.J., Hay, S., Pigott, D.M., 2018. Vulnerability  
634 to snakebite envenoming: a global mapping of hotspots. *The Lancet*, 392, 673–84. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31224-8](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31224-8)

635

636 Malhotra, A., Wüster, W., Owens, J.B., Hodges, C.W., Jesudasan, A., Ch, G., Kartik, A.,  
637 Louies, J., Naik, H., Santra, V., Kuttalam, S.R., Attre, S., Sasa, M., Bravo-Vega, C., Murray,  
638 K.A., 2021. Promoting co-existence between humans and venomous snakes through  
639 increasing the herpetological knowledge base. *Toxicon* X, 12, 100081.  
640 <http://doi.org/10.1016/j.toxcx.2021.100081>

641 Martins, M.B., 2011. A Reserva Biológica do Gurupi como instrumento de conservação da  
642 natureza na Amazônia Oriental. In: Martins, M. B.; Oliveira, T. G. (Org). *Amazônia*  
643 *Maranhense: Diversidade e Conservação*. Belém: MPEG, pp. 18–22.

644 Martín, G., Yáñez-Arenas, C., Rangel-Camacho, R., Murray, K. A., Goldstein, E., Iwamura,  
645 T., Chiappa-Carrara, X., 2021. Implications of global environmental change for the burden  
646 of snakebite. *Toxicon*: X, 9-10, 100069. <https://doi.org/10.1016/j.toxcx.2021.100069>

647 Mccullagh, P & Nelder, J.A., 1989. *Generalized Linear Models*, 2nd ed. Chapman & Hall, UK.

648 Melgarejo, A.R. 2009. Serpentes Peçonhentas no Brasil. In: Animais Peçonhentos no Brasil:  
649 Biologia, Clínica e Terapêutica dos Acidentes (Cardoso, J.L.C.; França, F.O.S.; Fan, H.W.;  
650 Málaque, C.M.S., Haddad, V.Jr., org.), 2009, pp. 33–61.

651 Miranda, J.P., Costa, J.C.L., Rocha, C.F.D., 2012. Reptiles from Lençóis Maranhenses National  
652 Park, Maranhão, northeastern Brazil. *ZooKeys*, 246, 51–68. doi:10.3897/zookeys.246.2593.

653 Mise, Y.F., Lira-da-Silva, R.M., Carvalho, F.M., 2016. Agriculture and snakebite in Bahia,  
654 Brazil – An ecological study. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 23, 467–  
655 470.

656 Molesworth, A.M., Harrison, R., Theakston, R.D.G., Lalloo, D.G., 2003. Geographic  
657 Information System mapping of snakebite incidence in Northern Ghana and Nigeria using  
658 environmental indicators: a preliminary study. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 97, 188–192.

659 Moura, W.C., Fukuda, J.C., Lisboa, E.A., Gomes, B.N., Oliveira, S.L., Santos, M.P., Carvalho,  
660 A.S., Martins, M.B., 2011. A Reserva Biológica do Gurupi como instrumento de  
661 conservação da natureza na Amazônia Oriental. In: Martins, M. B.; Oliveira, T. G. (Org).  
662 Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação. Belém: MPEG, pp. 26–32.

663 Mota-da-Silva, A., Sachett, J., Monteiro, W.M., Bernarde, P.S., 2019. Extractivism of palm tree  
664 fruits: A risky activity because of snakebites in the state of Acre, Western Brazilian Amazon.  
665 *Rev Soc Bras Med Trop.* 52, e-20180195. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0195-2018>

666 Nogueira, C.C., et al. 2019. Atlas of Brazilian Snakes: Verified Point-Locality Maps to Mitigate  
667 the Wallacean Shortfall in a Megadiverse Snake Fauna. *South Am J Herpetol.* 14, (Special  
668 Issue 1), 1–274. <http://doi.org/10.2994/SAJH-D-19-00120.1>

669 Nori, J., Carrasco, P.A., Leynaud, G.C., 2013. Venomous snakes and climate change: ophidism  
670 as a dynamic problem. *Clim Change*, 122, 67–80. [https://doi.org/10.1007/s10584-013-1019-](https://doi.org/10.1007/s10584-013-1019-6)  
671 6

672 Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E., 2004. A Maximum Entropy Approach to Species  
673 Distribution Modeling. Princeton University, Department of Computer Science, 35 Olden  
674 Street, Princeton, NJ 08544.

675 Phillips, S.J., Anderson, R.P and Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species  
676 geographic distributions. *Ecological Modelling.* 190, 231–259.

677 Pintor, A.F.V., Ray, N., Longbottom, J., Bravo-Vega, C.A., Yousefi, M., Murray, K.A.,  
678 Ediriweera, D.S., Diggle, P.J., 2021. Addressing the global snakebite crisis with geo-spatial  
679 analyses – Recent advances and future directions. *Toxicon X*, 11, 100076.  
680 <http://doi.org/10.1016/j.toxcx.2021.100076>

681 QGIS Development Team. 2020. Quantum GIS Geographic Information System. Version  
682 3.12.1. Available at: [www.qgis.org](http://www.qgis.org).

683 Quijada-Mascareñas, J.A., Ferguson, J.E., Pook, C.E., Salomão, M.G., Thorpe, R.S., Wuster,  
684 W., 2007. Phylogeographic patterns of trans-Amazonian vicariants and Amazonian  
685 biogeography: the Neotropical rattlesnake (*Crotalus durissus* complex) as an example. J  
686 Biogeogr. 34, 1296–1312. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01707.x>

687 R Core Team. 2021. R: a language and environment for statistical computing [software].  
688 Available at: <https://www.r-project.org/>

689 Ridgeway, G., 1999. The state of boosting. Computational Science and Statistics. 172–181.

690 Roll, U., Feldman, A., Novosolov, M., Allison, A., Bauer, A.M., Bernard, R., Böhm, M., et al.  
691 2017. The global distribution of tetrapods reveals a need for targeted reptile conservation.  
692 Nat Ecol Evol. 1, 1677–1682. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0332-2>

693 Silva, N.J.Jr., Pires, M.G., Feitosa, D.T., 2016. Diversidade das cobras corais do Brasil. In:  
694 Silva N.J. Jr. (Ed). As Cobras-Corais do Brasil: Biologia, Taxonomia e Envenenamentos.  
695 PUC Goiás, Goiânia, pp. 78–167.

696 Silva-Júnior, L.N., Abreu, L.S., Rodrigues, C.F.B., Galizio, N.C., Aguiar, W.S., Serino-Silva,  
697 C., Santos, V.S., Costa, I.A., Oliveira, L.C.F., Sant'Anna, S.S., Grego, K.F., Tanaka-  
698 Azevedo, A.M., Rodrigues, L.N.S., Morais-Zani, K., 2020. Geographic variation of  
699 individual venom profile of *Crotalus durissus* snakes. J Venom Anim Toxins Incl Trop Dis.  
700 26, e20200016.

701 Thuiller, W., D. Georges, Engler, R., Breiner, F., 2009. biomod2: Ensemble platform for  
702 species distribution modeling, R package Version 3.3-7. Ecography, 32, 369–373.

703 Yáñez-Arenas, C., Peterson, T.A., Mokondoko, P., Rojas-Soto, O., Martínez-Meyer, E., 2014.  
704 The Use of Ecological Niche Modeling to Infer Potential Risk Areas of Snakebite in the  
705 Mexican State of Veracruz. PLOS ONE, 9, e100957.  
706 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100957>

707 Yáñez-Arenas, C., Peterson, T.A., Rodríguez-Medina, K., Barve, N., 2015. Mapping current  
708 and future potential snakebite risk in the new world. Clim Change, 134, 697–711.

709 Yáñez-Arenas, C., Díaz-Gamboa, L., Patrón-Rivero, C., López-Reyes, K., Chiappa-Carrara, X.,  
710 2018. Estimating geographic patterns of ophidism risk in Ecuador. Neotrop Biodivers. 4,  
711 55–61.

712 Yousefi, M., Kafash, A., Khani, A., Nabati, N., 2020. Applying species distribution models in  
713 public health research by predicting snakebite risk using venomous snakes' habitat suitability  
714 as an indicating factor. Nature, 10, 18073. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74682-w>

715 Zacarias, D., Loyola, R.D., 2018. Climate change impacts on the distribution of venomous  
716 snakes and snakebite risk in Mozambique. *Climate Change*, 152, 195–207.

717 WHO, 2021a. World Health Organization Control of Neglected Tropical Diseases:  
718 <https://www.who.int/teams/control-of-neglected-tropical-diseases> (accessed January 01,  
719 2021).

720 WHO, 2021b. World Health Organization. Snakebite: <https://www.who.int/health-topics/>  
721

## Use of geospatial analyses to address snakebite hotspots in mid-northern Brazil – a direction to health planning in shortfall biodiversity knowledge areas

Sâmia Caroline Melo Araújo<sup>a</sup>, Karoline Ceron<sup>b</sup>, Thaís B. Guedes<sup>a,c,\*</sup>

<sup>a</sup> Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Caxias, MA, 65604-380, Brazil

<sup>b</sup> Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, 13083-872, Campinas, SP, Brazil

<sup>c</sup> University of Gothenburg, Gothenburg Global Biodiversity Center and Department of Biological and Environmental Sciences, Box 461, SE-405-30, Göteborg, Sweden

\*Corresponding author. Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Caxias, MA, 65604-380, Brazil. E-mail address: thaibguedes@yahoo.com.br (T. B. GUEDES)

### Supplementary Material

**Appendix A.** Voucher specimens of lizards of the Caatinga examined in biological collections (examined by TBG). MPEG: Coleção Herpetológica do Museu Paraense Emílio Goeldi; and HUFMA: Coleção Herpetológica da Universidade Federal do Maranhão. Data are presented organized by family and species in alphabetical order.

VIPERIDAE: *Bothrops atrox* (n=233). Cajari: HUFMA 409, 421, 422, 423, 424; Bom Jesus das Selvas: HUFMA 444, 461, 462, 485, 498, 499, 500, 693, MPEG 25399, 25400, 25401, 25402, 25403, 25404; Santa Luzia: HUFMA 71; Alto Alegre do Pindaré: HUFMA 590; Açailândia: HUFMA 512, 624, 702, 703, 704, 705, 711, 712, 713, 522, MPEG 25383; Urbano Santos: HUFMA 69; Buriticupu: HUFMA 749, 750; Grajaú: MPEG 15223, 15224, 15225, 15226, 15227, 15576, 15580, 16130, 16931; Araguanã: MPEG 18295, 18296; Barra do Corda: MPEG 14530, 14531, 15013, 15014, 15218, 15219, 15220, 15221, 15558, 15559, 15560, 15561, 16109, 16110, 16111, 16112, 16113, 16114, 16115, 16116, 16117, 16118, 16119, 16120, 16121, 16122; Arari: MPEG 14331; Bom Jardim: MPEG 25761, 25762; Carolina: MPEG 24681; Estreito: MPEG 24721, 24722, 24723, 24724, 24725; Governador Nunes Freire: MPEG 25906; Junco do Maranhão: MPEG 10192, 10193, 10194, 10195, 10196, 10197, 10198, 10201, 10210, 10344, 10345, 10346, 11067, 11068, 11072, 11073, 11074, 11075, 11076, 11077, 11078, 11079, 11080, 11081, 11082, 11083, 11151, 12107, 12108, 12109, 12110, 12111, 12112, 12113, 12115, 12231, 12232, 12233, 12234, 12235, 12236, 12241, 12249, 12630, 12631, 12632, 12633, 12647, 12691, 12692, 12693, 13666, 13667, 13725, 14421, 14422, 14423, 14424, 14425, 14426, 14427, 14713, 14714, 14715, 14716, 14717, 14718, 14719, 14720, 14721, 14722, 14723, 14724, 14725, 14726, 14727, 14728, 14729, 14730, 14731, 14732, 14733, 14734, 14980, 14981, 14982, 14983, 15343,

15344, 15345, 15346, 15347, 15348, 15349, 15350, 15351, 15352, 15353, 15727, 15728, 15729, 15730, 15731, 15732, 15733, 15734, 15735, 15736, 15737, 15738, 15739, 15740, 15741, 15742, 15743, 15744, 15745, 15746, 15747, 15748, 15749, 15750, 15751, 15752, 16239, 16240, 16241, 16242, 16243, 16244, 16245; Pindaré-Mirim: MPEG 15659, 16191, 16194, 16195, 16196, 16197, 16201; Santa Luzia do Paruá: MPEG 10261, 10263, 10264, 10265, 11165, 11167, 11168, 12300, 12810, 13620, 13621, 13624, 13627. *Bothrops brazili* (n=7). Junco do Maranhão: MPEG 12114, 14775, 15405, 15757; Carolina: MPEG 24155, 24375, 24382. *Bothrops marajoensis* (n=4). Bom Jesus das Selvas: MPEG 12114, 14775, 15405, 15757. *Bothrops moojeni* (n=16). Grajaú: MPEG 15571; Carolina: MPEG 24375, 24382; Estreito: MPEG 24679, 24680, 24727, 24728, 24729, 24730, 24731, 24732, 24733, 24734, 24735, 24736; Pindaré-Mirim: MPEG 15660. *Bothrops taeniatus* (n=1). Açailândia: HUFMA 541. *Crotalus durissus* (n=25). São José de Ribamar: HUFMA 190, 197, 240; São Luís: HUFMA 1; Urbano Santos: HUFMA 47, 8, 86, 235, 67; Santa Rita: HUFMA 621; Colinas: MPEG 18782; Arari: MPEG 25916, 25917, 25918; Bacabeira: MPEG 25431, 26151; Barra do Corda: MPEG 14528, 14529, 15012, 16116, 16125; Grajaú: MPEG 16828, 16830; Itapecuru-Mirim: MPEG 26150; Mirinzal: MPEG 26243.

ELAPIDAE: *Micrurus brasiliensis* (n=10). Estreito: MPEG 24136, 24137, 24138, 24139, 24140, 24141, 24143; Carolina: MPEG 24144, 24145, 24146. *Micrurus filiformis* (n= 2). Junco do Maranhão: MPEG 11107; Pindaré-Mirim: MPEG 14688. *Micrurus hemprichii* (n=2). Junco do Maranhão: MPEG 10142, MPEG 12758. *Micrurus ibiboboca* (n=6). Urbano Santos: MPEG 20528, 20529, 20531, HUFMA 25; Codó: MPEG 26156; São José de Ribamar: HUFMA 167. *Micrurus lemniscatus* (n=25). Alto Alegre do Pindaré: HUFMA 592; Arari: HUFMA 673, MPEG 13517, 15026, 16162, 16164, 25445; Santa Inês: MPEG 10178; Junco do Maranhão: MPEG 12694, 15147, Santa Luzia do Paruá MPEG 13645, 13652; Pindaré-Mirim: MPEG 16198, 16199; Grajaú: MPEG 17606; Urbano Santos: MPEG 20530; Carolina: MPEG 24148, 24149, 24150, 24151, 24152, 24153, 24154, 24381, 24385. *Micrurus paraenses* (n=2). Junco do Maranhão: MPEG 14435, 8855. *Micrurus spixii* (n=13). Cidelândia: HUFMA 518; Junco do Maranhão: MPEG 13692, 14434, 14984, 14985, 15709, 15710; Barra do Corda: MPEG 15233, 15564; Pindaré-Mirim: MPEG 16200; Açailândia: MPEG 17247; Carolina: MPEG 24132; Itapecuru-Mirim: MPEG 26149. *Micrurus surinamensis* (n=15). Junco do Maranhão: MPEG 12759, 12760, 14437, 14767, 14768, 15001, 15002, 15337, 24132, 24133, 8854, 8856; Santa Luzia do Paruá: MPEG 12811, 13653; Arari: MPEG 14844.

**Appendix B.** Data used to analyze the risk of venomous snakebites: number of snakebites (2009–2019, from the Departamento de Controle de Zoonoses of the Secretaria do Estado da Saúde do Maranhão), snake distribution (from generalized map of potential distribution for all venomous snake species in Maranhão; Fig. 3), and human population density in Maranhão (from the Centro de Dados Socioeconômicos e Aplicações; CIESIN; SEDAC, 2018).

Municipalities	Snakebites	Snake distribution	Human population density
Açailândia	393	0.3849746882915497	0.7706788778305054
Afonso Cunha	18	0.062326319515705109	4.729764938354490
Água Doce do Maranhão	17	0.0726383700966835	42.092193603515600
Alcântara	10	0.28011271357536316	4.810338497161865
Aldeias Altas	49	0.057232305407524109	6.7238640785217285
Altamira do Maranhão	64	0.060389980673789978	2.607761859893799
Alto Alegre do Maranhão	36	0.0244644433259964	18.337482452392578
Alto Alegre do Pindaré	229	0.23256003856658936	4.695635795593262
Alto Parnaíba	54	0.051477070897817612	0.6309071183204651
Amapá do Maranhão	45	0.4504581093788147	8.638877868652344
Amarante do Maranhão	421	0.084993727505207062	3.2259597778320313
Anajatuba	31	0.22003716230392456	25.633466720581055
Anapurus	24	0.081518657505512238	19.94624900817871
Apicum-Açu	12	0.17519666254520416	356.2099914550781
Araguanã	110	0.2755638360977173	1.4362432956695500
Araioses	5	0.093374140560626984	22.887950897216700
Arame	705	0.0499718450009822845	3.614084482192990
Arari	114	0.19600531458854675	41.33140563964840
Axixá	9	0.3209426999092102	80.76495361328120
Bacabal	237	0.0492556728422641754	4.98978853225708
Bacabeira	29	0.21965308487415314	100.63287353515600
Bacuri	10	0.18048112094402313	2.2041547298431300
Bacurituba	7	0.29455074667930603	1.3664557933807300
Balsas	259	0.052667263895273209	0.354328989982605
Barão de Grajaú	4	0.048011705279350281	1.9177743196487400
Barra do Corda	401	0.39187100529670715	1.0985184907913208
Barreirinhas	87	0.069436609745025635	52.44793701171870
Bela Vista do Maranhão	71	0.23482021689414978	60.294742584228500
Belágua	9	0.17118851840496063	5.061704158782950
Benedito Leite	4	0.036400731652975082	0.8010921478271484
Bequimão	32	0.2255176305770874	193.80343627929600

Bernardo do Mearim	9	0.0337911322712898254	20.653108596801700
Boa Vista do Gurupi	69	0.6511745452880859	6.88207483291626
Bom Jardim	263	0.34510329365730286	1.077779769897460
Bom Jesus das Selvas	415	0.30339929461479187	4.2892985343933100
Bom Lugar	12	0.048385810106992722	8.13271713256836
Brejo	52	0.043079614639282227	63.59294891357420
Brejo de Areia	65	0.1049037054181099	4.24314546585083
Buriti	76	0.060061134397983551	10.039554595947200
Buriti Bravo	78	0.0407409630715847	81.46210479736320
Buriticupu	936	0.14742054045200348	1.5275089740753100
Buritirana	51	0.0516610369086265564	79.21263122558590
Cachoeira Grande	15	0.17694933712482452	16.99323844909660
Cajapió	16	0.360863171517849	0.2588125765323639
Cajari	124	0.2339203655719757	22.585384368896400
Campestre do Maranhão	31	0.1337401121854782	1.9748252630233700
Cândido Mendes	22	0.2896842062473297	0.8340664505958557
Cantanhede	52	0.13019950687885284	8.798274993896480
Capinzal do Norte	33	0.0445939451456069946	15.563780784606900
Carolina	181	0.3983568251132965	2.4030160903930600
Carutapera	34	0.4051083028316498	2.9400343894958400
Caxias	249	0.1570023149251938	231.54969787597600
Cedral	2	0.23396563529968262	8.026290893554680
Central do Maranhão	6	0.22658087313175201	10.438849449157700
Centro do Guilherme	116	0.4590368866920471	5.692557334899900
Centro Novo do Maranhão	211	0.1834116131067276	0.37223151326179504
Chapadinha	162	0.069436609745025635	9.79083251953125
Cidelândia	32	0.20983503758907318	16.5693416595459
Codó	345	0.0943148210644722	25.140180587768500
Coelho Neto	124	0.027963016182184219	6.305174827575680
Colinas	105	0.02659032866358757	7.664205074310300
Conceição do Lago Açu	77	0.1034158244729042	9.401917457580560
Coroatá	269	0.0560670904815197	414.0381774902340
Cururupu	25	0.2606179714202881	5.699107646942130
Davinópolis	23	0.17913104593753815	3.141044855117790
Dom Pedro	44	0.062564648687839508	636.9741821289060
Duque Bacelar	11	0.0366616956889629364	23.24192237854000
Esperantinópolis	92	0.1928749680519104	56.59857940673820
Estreito	200	0.1546051800251007	3.335547924041740
Feira Nova do Maranhão	64	0.037584461271762848	5.864141941070550
Fernando Falcão	113	0.05982545018196106	3.2163443565368600

Formosa da Serra Negra	114	0.0557144433259964	4.896068096160880
Fortaleza dos Nogueiras	24	0.04293355718255043	1.8388005495071400
Fortuna	25	0.097389042377471924	8.261738777160640
Godofredo Viana	11	0.32711583375930786	165.81454467773400
Gonçalves Dias	60	0.0468582510948181152	4.407520771026610
Governador Archer	61	0.056668654084205627	6.613683223724360
Governador Edison Lobão	44	0.16124439239501953	6.532605171203610
Governador Eugênio Barros	41	0.0410110317170619965	2.8810951709747300
Governador Luiz Rocha	23	0.12282474339008331	1.2238612174987700
Governador Newton Bello	35	0.2619609832763672	3.2240371704101500
Governador Nunes Freire	121	0.5208638906478882	18.568105697631800
Graça Aranha	18	0.037696424871683121	36.65287399291990
Grajaú	627	0.11409932374954224	0.9697632193565369
Guimarães	20	0.22397126257419586	4.030534267425530
Humberto de Campos	7	0.18114672601222992	6.145395755767820
Icatu	26	0.2152484804391861	62.960086822509700
Igarapé do Meio	98	0.18203306198120117	12.228939056396400
Igarapé Grande	15	0.0383144430816173553	7.805601119995110
Imperatriz	169	0.17846129834651947	4.0396647453308100
Itaipava do Grajaú	140	0.0267801731824874878	3.974470376968380
Itapecuru Mirim	193	0.20311324298381805	6.099294662475580
Itinga do Maranhão	117	0.1480044722557068	0.7539797425270081
Jatobá	18	0.036400731652975082	59.13245391845700
Jenipapo dos Vieiras	179	0.08371242880821228	12.57371997833250
João Lisboa	42	0.0516610369086265564	1.3066424131393400
Joselândia	30	0.083266913890838623	36.506038665771400
Junco do Maranhão	51	0.5235475897789001	0.15082351863384247
Lago da Pedra	218	0.0469070300459861755	6.215877532958980
Lago do Junco	38	0.048385810106992722	68.24465942382810
Lago dos Rodrigues	21	0.03507683053612709	28.487146377563400
Lago Verde	28	0.0518417693674564362	9.374251365661620
Lagoa do Mato	33	0.02659032866358757	202.8341064453120
Lagoa Grande do Maranhão	69	0.084123857319355011	12.468361854553200
Lajeado Novo	28	0.030229669064283371	4.572610855102530
Lima Campos	61	0.033424079418182373	9.180343627929680
Loreto	15	0.044763512909412384	0.5479684472084045
Luís Domingues	3	0.33362191915512085	1.3331407308578400

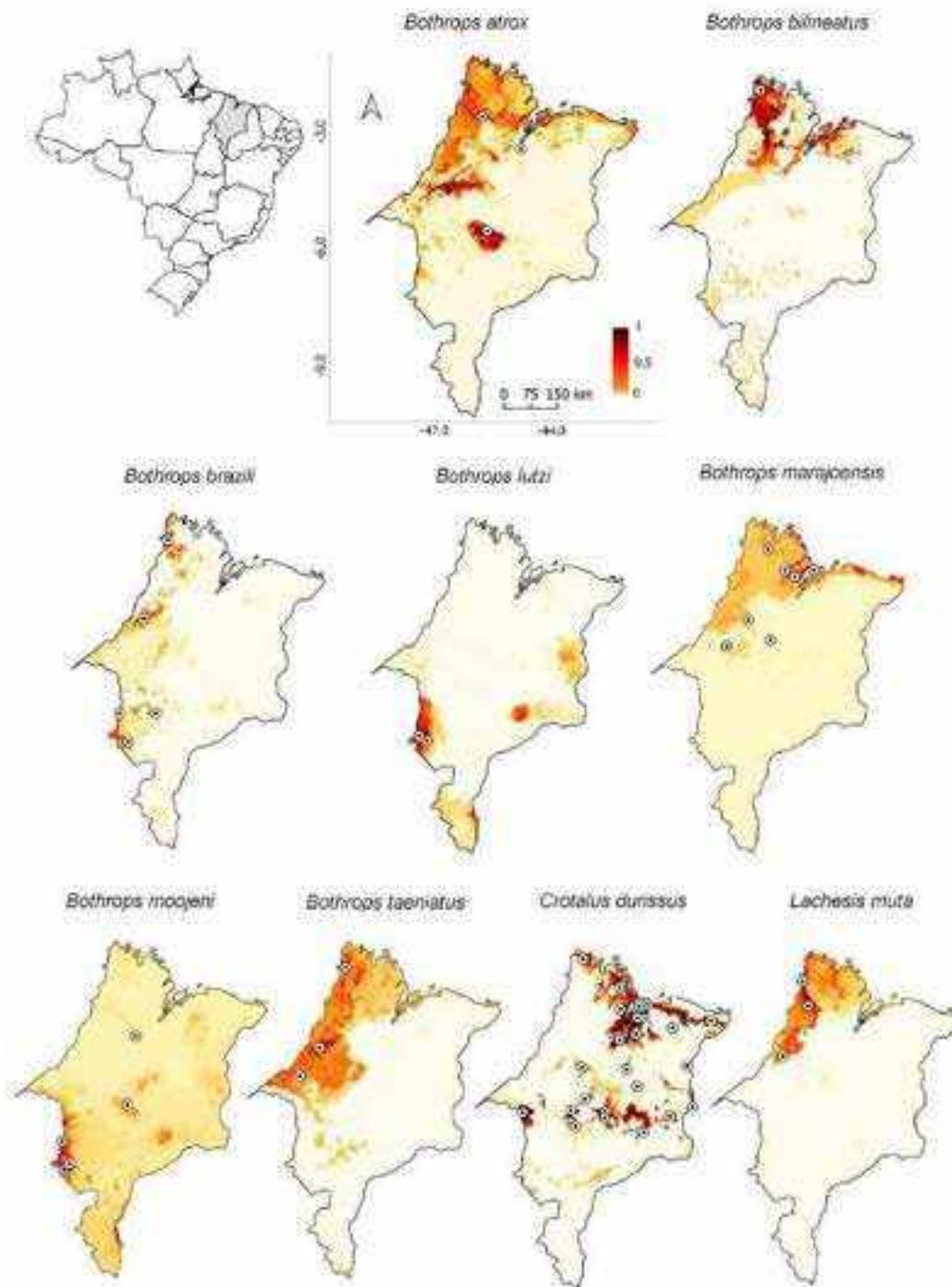
Magalhães de Almeida	8	0.082746759057044983	74.96928405761710
Maracaçumé	46	0.47669166326522827	7.179633617401120
Marajá do Sena	150	0.066293917596340179	18.4912109375
Maranhãozinho	52	0.5308500528335571	357.1375732421870
Mata Roma	49	0.07603849470615387	12.306795120239200
Matinha	9	0.2719618082046509	60.20321273803710
Matões	44	0.13145582377910614	8.014472961425780
Matões do Norte	34	0.085468627512454987	9.833226203918450
Milagres do Maranhão	10	0.0524741895496845245	16.99630355834960
Mirador	63	0.0523331277072429657	0.17156647145748138
Miranda do Norte	45	0.29433444142341614	6.688397407531730
Mirinzal	20	0.33587977290153503	0.5058755874633789
Monção	316	0.081219792366027832	21.398231506347600
Montes Altos	45	0.04374641552567482	87.14872741699210
Morros	45	0.1470208764076233	9.436262130737300
Nina Rodrigues	55	0.223492830991745	9.212835311889640
Nova Colinas	27	0.0543355867266655	5.386163711547850
Nova Iorque	6	0.0485083535313606262	1.0469577312469400
Nova Olinda do Maranhão	141	0.4324791431427002	4.595019817352290
Olho d'agua das Cunhãs	25	0.0609345324337482452	6.534058570861810
Olinda Nova do Maranhão	14	0.30610767006874084	95.49229431152340
Paço do Lumiar	13	0.3387329578399658	1688.71533203125
Palmeirândia	10	0.254325807094574	24.754682540893500
Paraibano	23	0.03320632129907608	9.255922317504880
Parnarama	58	0.1806303858757019	4.628175258636470
Passagem Franca	45	0.03447321429848671	3.672600746154780
Pastos Bons	13	0.035708367824554443	2.1844351291656400
Paulino Neves	16	0.052537664771080017	11.517125129699700
Paulo Ramos	131	0.072481147944927216	7.999337196350090
Pedreiras	47	0.039426170289516449	2014.0863037109300
Pedro do Rosário	39	0.43802574276924133	9.834356307983390
Penalva	47	0.19214202463626862	28.912364959716700
Peri Mirim	11	0.2390599399805069	29.925939559936500
Peritoró	86	0.0288137830793857574	4.199913501739500
Pindaré Mirim	100	0.4803503751754761	107.21961212158200
Pinheiro	47	0.3482186496257782	94.42243957519530
Pio XII	198	0.12101976573467255	24.79049301147460
Pirapemas	89	0.0383144430816173553	17.796018600463800
Poção de Pedras	67	0.051362462341785431	72.95596313476560
Porto Franco	68	0.12579874694347382	5.939156532287590

Porto Rico do Maranhão	3	0.1641458123922348	5.590362548828120
Presidente Dutra	118	0.13401047885417938	934.25830078125
Presidente Juscelino	16	0.10401120781898499	17.957468032836900
Presidente Medici	22	0.543014645576477	147.46759033203100
Presidente Sarney	14	0.40132054686546326	215.12478637695300
Presidente Vargas	45	0.2509077787399292	11.763936042785600
Primeira Cruz	3	0.10125701874494553	5.207400321960440
Raposa	3	0.2595473825931549	1035.0540771484300
Riachão	141	0.0468144603073596954	1.2233960628509500
Ribamar Fiquene	42	0.20380589365959167	4.389828205108640
Rosário	13	0.19833573698997498	28.331640243530200
Sambaíba	13	0.034834973514080048	1.441306471824640
Santa Filomena do Maranhão	25	0.14833831787109375	7.853768348693840
Santa Helena	27	0.26679080724716187	8.871675491333000
Santa Inês	168	0.12408075481653214	5.38491153717041
Santa Luzia	404	0.22892509400844574	4.977270603179930
Santa Luzia do Paruá	39	0.24425123631954193	4.653770446777340
Santa Quitéria do Maranhão	60	0.062825612723827362	2.994560718536370
Santa Rita	23	0.21276113390922546	25.979053497314400
Santana do Maranhão	21	0.075699657201766968	6.493349075317380
Santo Amaro do Maranhão	9	0.0968356728553772	20.151336669921800
Santo Antônio dos Lopes	24	0.033424079418182373	7.8026814460754300
São Benedito do Rio Preto	60	0.11048996448516846	8.550024032592770
São Bento	25	0.2749122977256775	54.95478439331050
São Bernardo	30	0.2143462896347046	27.871562957763600
São Domingos do Azeitão	9	0.033723246306180954	0.9125001430511475
São Domingos do Maranhão	45	0.10807930678129196	9.02927017211914
São Félix de Balsas	11	0.03896331787109375	2.2446448802948
São Francisco do Brejão	30	0.15192827582359314	3.618790626525870
São Francisco do Maranhão	10	0.08267182856798172	10.614781379699700
São João Batista	128	0.23936468362808228	23.729692459106400
São João do Caru	193	0.27436572313308716	8.711092948913570
São João do Paraíso	49	0.09881756454706192	3.234835147857660
São João do Soter	34	0.055522248148918152	2.366089344024650
São João dos Patos	17	0.0450541526079177856	2.726233959197990

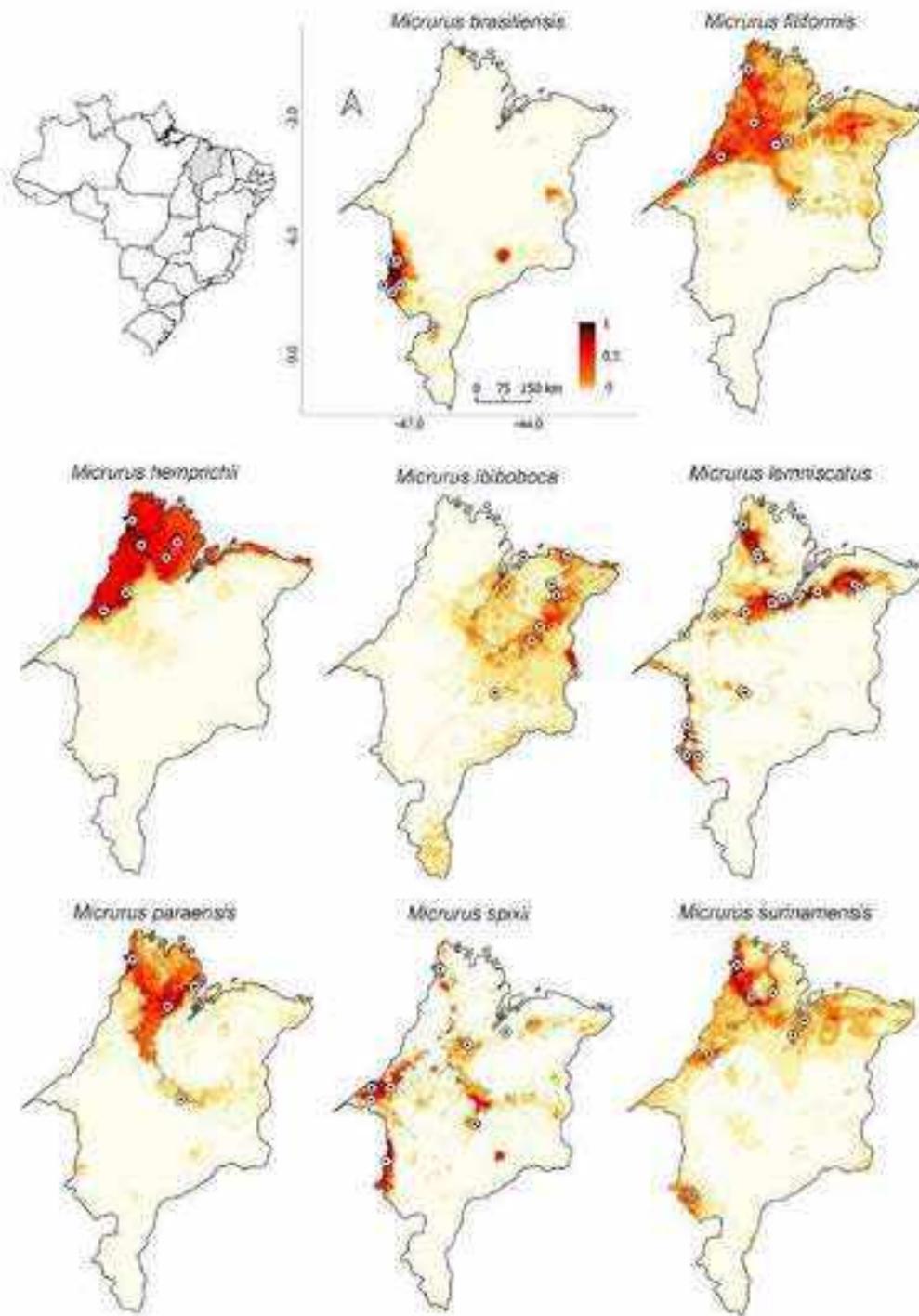
São José de Ribamar	13	0.3859485685825348	391.6184997558590
São José dos Basílios	19	0.043881595134735107	81.53851318359370
São Luís	79	0.30540382862091064	434.6744079589840
São Luís Gonzaga do Maranhão	67	0.10980904847383499	88.23299407958980
São Mateus do Maranhão	153	0.0552486516535282135	4.907648086547850
São Pedro da água Branca	90	0.12340191751718521	0.609322726726532
São Pedro dos Crentes	27	0.0256193690001964569	2.438183069229120
São Raimundo das Mangabeiras	58	0.0274349227547645569	3.265291929244990
São Raimundo do Doca Bezerra	53	0.10843313485383987	1.3545140027999800
São Roberto	53	0.1228702962398529	9.549263000488280
São Vicente Ferrer	18	0.282809317111969	48.53855895996090
Satubinha	59	0.10598310083150864	27.80772590637200
Senador Alexandre Costa	28	0.0368356704711914063	2.9733476638793900
Senador La Rocque	66	0.054898649454116821	3.080033779144280
Serrano do Maranhão	5	0.25947949290275574	2.2347545623779200
Sítio Novo	88	0.0256193690001964569	1.5423362255096400
Sucupira do Norte	24	0.035458572208881378	4.664074420928950
Sucupira do Riachão	16	0.0296871773898601532	2.0456337928771900
Tasso Fragoso	36	0.0284029450267553329	0.49163389205932617
Timbiras	70	0.0523002110421657562	7.2510666847229
Timon	4	0.072800293564796448	12.823798179626400
Trizidela do Vale	34	0.048385810106992722	8.949600219726560
Tufilândia	98	0.14332835376262665	5.027817726135250
Tuntum	142	0.12820881605148315	2.747504711151120
Turialva	6	0.252603143453598	20.833688735961900
Turilândia	5	0.28253042697906494	4.7407355308532700
Tutóia	35	0.040849696844816208	10.7866792678833
Urbano Santos	40	0.099968962371349335	8.17146110534668
Vargem Grande	139	0.057364549487829208	10.283716201782200
Viana	50	0.20816229283809662	48.53049087524410
Vila Nova dos Martírios	73	0.1320803165435791	2.6708312034606900
Vitória do Mearim	191	0.22011886537075043	102.78871154785100
Vitorino Freire	178	0.11126814037561417	7.333885669708250
Zé Doca	332	0.2333211600780487	30.761178970336900

**Appendix C.** Average performance of the SDM (AUC/TSS) generated for the venomous snakes of medial importance of the state of Maranhão, mid-north region of Brazil.

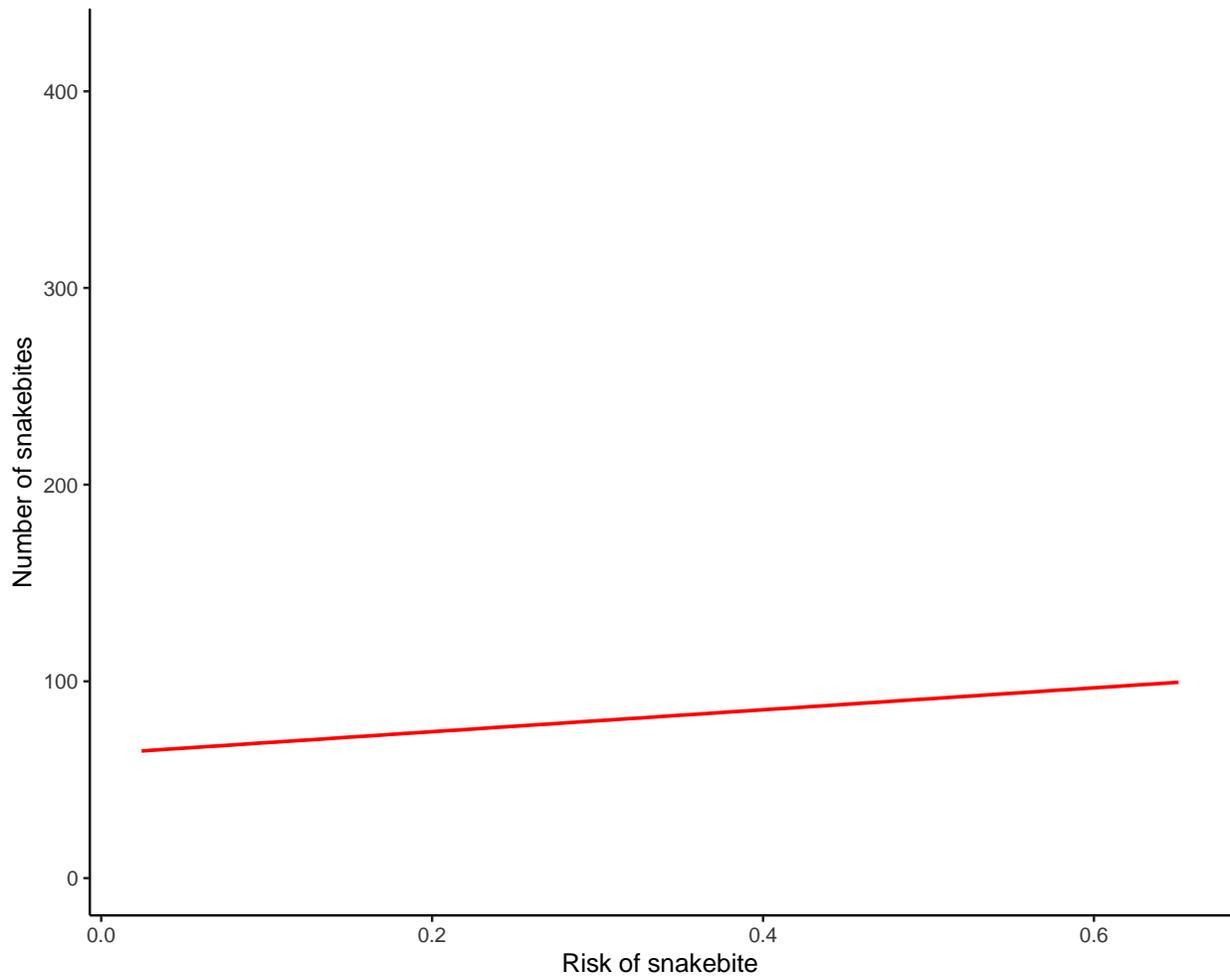
Taxons	Average TSS/AUC	
	TSS	AUC
<i>B. atrox</i>	0.95	0.99
<i>B. bilineatus</i>	0.94	0.99
<i>B. brazili</i>	1	1
<i>B. lutzii</i>	1	1
<i>B. marajoensis</i>	0.98	1
<i>B. moojeni</i>	0.99	1
<i>B. taeniatus</i>	1	1
<i>C. durissus</i>	0.95	0.99
<i>L. muta</i>	0.99	0.99
<i>M. brasiliensis</i>	0.98	0.99
<i>M. filiformis</i>	1	1
<i>M. hemprichii</i>	0.99	1
<i>M. ibiboboca</i>	0.99	1
<i>M. lemniscatus</i>	0.97	0.99
<i>M. paraensis</i>	1	1
<i>M. spixii</i>	1	1
<i>M. surinamensis</i>	1	1



**Appendix D.** Maps of potential distribution of each venomous snakes of the family Viperidae in the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. The points represent occurrence records and color gradients represent degrees of suitability of the potential distribution of each family across the Maranhão limits.



**Appendix E.** Maps of potential distribution of each venomous snakes of the family Elapidae in the state of Maranhão, mid-north region of Brazil. The points represent occurrence records and color gradients represent degrees of suitability of the potential distribution of each family across the Maranhão limits.



**Appendix F.** Relationship between the number of snakebites (2009-2019) and the risk of envenoming ( $z = 2.39$ ,  $df = 209$ ,  $p = 0.005$ ).

## **CAPÍTULO 2**

### **Acidentes ofídicos na região meio-norte do Brasil: acessando aspectos clínico-epidemiológicos como estratégia para lidar com Doenças Tropicais Negligenciadas**

(Este manuscrito foi escrito nas normas da Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical ISSN 1678-9849 online | Fator de Impacto 1.498)

Tipo de manuscrito: Artigo Original

**Acidentes ofídicos na região meio-norte do Brasil: acessando aspectos clínico-epidemiológicos como estratégia para lidar com Doenças Tropicais Negligenciadas**

Sâmia Caroline Melo Araújo<sup>[1]</sup>, Joseneide Teixeira Câmara<sup>[1]</sup>, Thaís B. Guedes<sup>[1],[2]</sup>

[1].Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Caxias, MA, 65604-380, Brasil

[2].Gothenburg Global Biodiversity Center, University of Gothenburg, Department of Biological and Environmental Sciences, Box 461, SE-405-30, Göteborg, Sweden

**Autora correspondente:** Thaís B. Guedes

**E-mail:** thaisbguedes@yahoo.com.br

**Telefone:** +55 11 94878-7931

<https://orcid.org/0000-0003-3318-7193>

Título Corrente: Ofidismo no estado do Maranhão, Brasil

ORCID:

Araújo, S.C.M: <https://orcid.org/0000-0002-8817-8406>

Câmara, J.T.: <https://orcid.org/0000-0002-8312-1697>

Guedes, T.B.: <https://orcid.org/0000-0003-3318-7193>

## **Resumo**

**Introdução:** O Brasil é recordista em número de acidentes ofídicos na América do Sul. Tal fato requer uma análise detalhada desses acidentes para melhorar o planejamento de saúde pública. Nosso objetivo neste estudo é descrever o perfil clínico e epidemiológico característico dos acidentes ofídicos ocorridos no estado do Maranhão. **Métodos:** Nosso estudo é retrospectivo de uma década de informação sobre acidentes com serpentes de importância médica. Obtivemos dados a partir das fichas de notificação compulsória fornecidas pela Secretaria de Saúde do Estado do Maranhão, de janeiro de 2009 a dezembro de 2019. **Resultados:** Um total de 17.658 casos foram registrados no período. A maioria dos acidentes foram causados por serpentes do gênero *Bothrops*. Os atendimentos ocorreram até 3hs após o acidente, com maioria dos casos classificados como leves e evoluindo para cura e 139 evoluíram para óbito. A maioria dos acidentes ocorreram em pessoas entre 20 e 39 anos, atingindo principalmente, trabalhadores rurais. As manifestações locais mais frequentes foram dor, edema e equimose. As manifestações sistêmicas mais frequentes registradas foram neuromusculares, vagais e miolíticas. A maioria dos acidentes ocorreram nos meses de janeiro a março. Os municípios que apresentaram maiores notificações foram Buriticupu (936 casos), Arame (705) e Grajaú (627). Observamos que os dois municípios com maiores notificações apresentam, cada um, apenas um polo de atendimento para animais peçonhentos. **Conclusão:** fornecemos dados inéditos para nortear a distribuição de soros antiofídicos, capacitação profissional e trabalhos de educação ambiental, principalmente para a região de maior vulnerabilidade no estado do Maranhão.

**Palavras-chave:** *Bothrops*. Saúde Pública. Nordeste. Maranhão. Soro antiofídico.

## **Introdução**

Acidentes por serpentes peçonhentas de importância médica são considerados Doença Tropical Negligenciada (Neglected Tropical Disease, NTD)<sup>1</sup>. Acometem mais de 5 milhões de pessoas anualmente, com letalidade entre 81.000 e 137.000 óbitos, além de elevado número de vítimas que permanecem com sequelas funcionais<sup>2,1</sup>. É importante problema de saúde pública pela frequência e gravidade que ocorre e pelo alto índice de morbimortalidade que ocasionam<sup>3</sup>. Associado à pobreza, atinge majoritariamente, trabalhadores rurais (agricultura e pecuária), pessoas de ambos os sexos, adultos e crianças que vivem em condições precárias em regiões rurais de países emergentes da Ásia, África e América Latina. Além de NTD, também carrega os títulos de “doença da pobreza” e “doença ocupacional”<sup>1,4</sup>.

As vítimas de acidentes ofídicos experimentam falhas no abastecimento e distribuição de soros antiofídicos e escassez de profissionais da saúde capacitados<sup>5</sup>. Que, aliados a subnotificação e/ou não-notificação dos acidentes constroem o cenário perfeito para a extensa lacuna na compreensão desses agravos em escala local, regional e até mundial<sup>6,7</sup>. O impacto dos acidentes ofídicos nas populações humanas tem sido ignorado, seja pelos órgãos governamentais, da saúde bem como pela indústria farmacêutica, refletindo uma escassez histórica de programas que visem minimizar os efeitos e melhorar o tratamento desse agravo, globalmente<sup>8,9</sup>. Partindo desses pressupostos, a Organização Mundial da Saúde (OMS) vem implementando uma agenda mundial com diversas estratégias cujo objetivo é capacitar e (envolvendo as comunidades) garantir tratamento seguro e eficaz às vítimas e, fortalecer os sistemas de saúde visando reduzir o número de casos em 50% até 2030<sup>8,1</sup>.

O Ministério da Saúde estima que ca. de 28.000 casos de acidentes com serpentes peçonhentas ocorram anualmente no Brasil<sup>10</sup>. Contudo, sabe-se que esse número não representa a realidade do ofidismo no país, que tem subnotificação reconhecida<sup>11</sup>. Há falta de planejamento sistemático governamental, de treinamento adequado para os profissionais saúde no correto preenchimento das fichas compulsórias de notificação, além de falha na construção de educação em saúde sobre a importância do correto e completo preenchimento das fichas de notificação sobre o ofidismo em nível nacional e estadual<sup>12,11</sup>. Desde 1986, é política pública de saúde coletiva no Brasil a obrigatoriedade da notificação de acidentes ofídicos por parte dos centros de atendimento<sup>13</sup>. Também é responsabilidade do Ministério

da Saúde o abastecimento e distribuição dos soros antiofídicos (produzidos no Instituto Butantan, Fundação Ezequiel Dias, Instituto Vital Brazil e Centro de Produção e Pesquisa de Imunobiológicos) em todo o território nacional<sup>14</sup>.

As serpentes de importância médica no Brasil pertencem a duas famílias, com destaque para quatro gêneros que requerem aplicação de soro antiofídico no caso de acidentes com seres humanos: *Bothrops*, *Crotalus* e *Lachesis* (família Viperidae) e *Micrurus* (família Elapidae)<sup>15</sup>. Em nível nacional, aproximadamente 90% dos acidentes são causados por serpentes do gênero *Bothrops*<sup>12</sup>, cuja peçonha tem ação coagulante, proteolítica e hemorrágica, podendo ocasionar sintomas locais (edema, equimose e necrose) e sistêmicos graves como Acidente Vascular Cerebral (AVC) e Lesão Renal Aguda (LRA)<sup>16,17</sup>. Em segundo lugar, as serpentes do gênero *Crotalus* ocasionam cerca de 7% dos agravos<sup>12</sup>, com peçonha de ação neurotóxica, miotóxica e coagulante, podendo causar sintomas locais (edema e eritema discretos, parestesia) e sintomas sistêmicos (cefaleia, fácies miastênicas, mialgia e falência renal)<sup>18</sup>. Acidentes por serpentes do gênero *Lachesis* correspondem a, aproximadamente, 1% dos agravos<sup>19</sup>, sua peçonha possui ação proteolítica, hemorrágica, coagulante e neurotóxica, ocasionando sintomas locais (dor, edema e hemorragia) e sintomas sistêmicos (vômito, hipotensão arterial, dor abdominal)<sup>20</sup>. E, por sua vez, espécies do gênero *Micrurus* são responsáveis por cerca de 1% dos acidentes ofídicos<sup>19</sup> e possuem peçonha com ação neurotóxica e miotóxica, com sintomas locais (dor, edema e parestesia) e sistêmicos (fácies miastênicas, ptose palpebral, paralisia total dos membros e paralisia respiratória)<sup>21</sup>.

A região do corpo mais atingida em acidentes por serpentes peçonhentas no Brasil são os membros inferiores. A população mais acometida são crianças e trabalhadores rurais (agropecuária), do sexo masculino, com idade entre 20 e 59 anos<sup>22,23</sup>. Adicionalmente, é conhecido que a incidência de acidentes ofídicos pode ser influenciada por fatores climáticos (temperatura e precipitação), socioeconômicos (aumento de trabalho no campo), ambientais (desmatamento), entre outros<sup>23,24</sup>.

O estado do Maranhão possui a segunda maior incidência de acidentes por serpentes peçonhentas da região nordeste e está na 4ª posição em nível nacional<sup>10</sup>. Contudo, até o momento não há estudo detalhado sobre o perfil clínico-epidemiológico dos acidentes provocados por serpentes peçonhentas no estado. São objetivos desse estudo (i) descrever os

aspectos clínicos e epidemiológicos dos acidentes por serpentes peçonhentas no estado do Maranhão, (ii) comparar o perfil clínico-epidemiológico encontrado em nível estadual aos perfis nacional e global e (iii) discutir estratégias visando o melhor atendimento das vítimas de acidentes ofídicos e capacitação profissional com relação ao atendimento do paciente e preenchimento adequado da ficha de notificação, além de trabalhos educacionais voltado à população de maior vulnerabilidade para minimizar o número de envenenamentos e organizar estrategicamente a distribuição dos soros antiofídicos no estado do Maranhão.

## **Métodos**

### *Área de estudo*

O estado do Maranhão (MA) é o segundo maior estado em extensão territorial da região nordeste, com área de aproximadamente 330 mil km<sup>2</sup> e conta com 217 municípios. População estimada de 6.574.789 habitantes, 63% se concentram na zona urbana, e densidade demográfica de 19,81 hab/km<sup>25</sup>. O Estado ocupa a oitava posição no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) da rede pública; 25º lugar no ranking do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH); e está em 17º na performance do Produto Interno Bruto do país (PIB)<sup>26</sup>. Está dividido em cinco mesorregiões: norte maranhense, oeste maranhense, centro maranhense, leste maranhense e sul maranhense<sup>26</sup> e, possui 18 Unidades Regionais de Saúde que abrangem de quatro a 17 municípios<sup>27</sup>.

Está situado na região Neotropical, apresenta clima tropical úmido, temperaturas médias anuais superiores a 26°C e índices pluviométricos de aproximadamente 700 mm na região centro-sul e superiores a 2.200 mm na região centro-norte do estado, maiores níveis de precipitação de janeiro a março<sup>28</sup>.

### *Obtenção dos dados*

Utilizamos dados retrospectivos dos acidentes com serpentes peçonhentas de importância médica ocorridos no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2019 no MA. Os dados foram obtidos a partir das fichas de notificação compulsória cedidos pela Secretaria de Saúde do Estado do Maranhão após aprovação do comitê de ética em pesquisa. As variáveis epidemiológicas consideradas no estudo foram: período do acidente (ano e mês), município

de ocorrência do acidente, zona onde ocorreu o acidente (urbana ou rural), zonal de residência da vítima (urbana ou rural), faixa etária, a etnia (autodeclarada) da vítima, sexo, atividade ocupacional, gênero da serpente causadora do agravo, local anatômico da picada, tempo decorrido entre o acidente e o atendimento, gravidade e evolução do acidente. As variáveis clínicas consideradas foram: manifestações locais e manifestações sistêmicas. Os resultados descritivos do perfil clínico e epidemiológico são apresentados em gráficos de barras e tabelas confeccionados no software Excel versão 2016<sup>29</sup>.

### *Análise de dados*

Utilizamos procedimentos da estatística descritiva na análise dos dados clínico-epidemiológicos, como frequência absoluta (n) e relativa (%), médias e desvio padrão<sup>30</sup>. A principal associação entre a classificação dos envenenamentos, dividida em grave e não grave (que inclui casos leves e moderados), e a faixa etária, o tempo de atendimento e o gênero da serpente envolvida nos acidentes foi medida pela razão de chances expressa em valores estimados de Odds Ratio (OR) bruto e seu respectivo intervalo de confiança de 95% (IC). Odds Ratio é uma medida de associação muito usada em saúde pública<sup>31,32,33</sup>. Quantifica as relações entre uma exposição (nesse caso variáveis clínicas e epidemiológicas) e a doença (ofidismo, considerando sua gravidade). Resultados de OR igual ou próximos de 1.0 indicam que não existe associação das variáveis com a doença; Maior que 1.0 que existe associação das variáveis com a doença; menor que 1.0 indica associação de variáveis que protegem contra a doença<sup>32</sup>. Em análise bivariada, utilizamos o teste Qui-quadrado (p-valor), atribuindo o nível de significância de  $p \leq 0,05$ . Para análise dos dados utilizamos o IBM SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences) versão 20.0<sup>34</sup>.

### *Considerações éticas*

Este estudo foi avaliado, aprovado e autorizado pelo Comitê Nacional de Ética em Pesquisa por meio da Plataforma Brasil e Comitê de Ética da Universidade Estadual do Maranhão (CAAE 40065720.0.0000.554).

## Resultados

Entre 2009 e 2019 foram notificados 17.658 mil casos de acidentes por serpentes peçonhentas no estado do Maranhão. O período com os maiores registros de acidentes foram os anos de 2019 com 2.339 casos (13% do total de casos), seguindo de 2018 com 1.857 casos (10%; Apêndice 1, Material Suplementar) e os meses com maiores números de acidentes ofídicos foram de janeiro a março (35%; Figura 1). O mês com menor número de acidentes foi outubro (5% do total de casos).

Os municípios que mais notificaram acidentes foram Buriticupu com 936 casos (5% do total), Arame com 705 casos (4%) e Grajaú com 627 casos (3%); localizados nas Mesorregiões Oeste Maranhense e Centro Maranhense. No que diz respeito a incidência, os municípios de Arame (2223,83), Marajá do Sena (1863,12), Tufilândia (1751,25), São João do Carú (1567,96), Bom Jesus das Selvas (1458,24) e Buriticupu (1434,77), apresentaram as maiores incidências por 100.000 habitantes (Figura 2). A maioria das vítimas dos acidentes ofídicos residiam na zona rural (Apêndice 2, Material Suplementar), correspondendo a 11.650 casos registrados (66% do total) e sofreram o acidente também na zona rural com 14.497 casos (82% do total; Apêndice 3, Material Suplementar). Vale ressaltar que do total de casos, 535 (3%) ignoraram ou deixaram em branco as informações sobre zona de residência das vítimas e 425 casos (2%) sobre a zona do acidente.

A faixa etária mais atingida pelos acidentes ofídicos foi 20 a 39 anos com 6.405 (36% do total) casos, seguido pela faixa etária de 40 a 59 anos com 4.351 casos (25%, Apêndice 4, Material Suplementar). Quando consideramos as etnias autodeclaradas, a maioria dos casos de acidentes ofídicos foram em pessoas pardas com 12.800 casos (72% do total; Apêndice 5, Material Suplementar). O sexo masculino foi o mais acometido por este tipo de agravo com 13.657 (77%) dos casos (Tabela 1). A maioria das vítimas tinham como atividade ocupacional o trabalho rural (agricultura e pecuária) com 7.913 casos (45%) e, em segundo lugar, estudantes corresponderam a 2.779 casos (16% do total). Dados foram ignorados ou em branco para 433 (2% do total) casos sobre etnias autodeclaradas, 2 casos para sexo e 5.450 casos (31%) para atividades ocupacionais.

A maioria dos acidentes foi causado por serpentes do gênero *Bothrops* com 11.753 casos (67% do total), seguido de *Crotalus* com 4.164 casos (24%), *Micrurus* com 135 casos

(1%) e *Lachesis* com 96 casos (1%; Apêndice 6, Material suplementar). A região anatômica mais atingida pela picada das serpentes foram os pés com 9.338 casos (53%) e pernas com 3.670 (21%); cabe ressaltar que 1.754 (10%) picadas ocorreram nas mãos (Apêndice 7, Material Suplementar). A maioria das vítimas foram atendidas nas três primeiras horas após o acidente, 10.184 casos (58% do total; Apêndice 8, Material Suplementar). A maioria dos acidentes foram classificados como leves com 9.111 casos (52%; Tabela 2) e evoluíram para cura 14.359 casos (81%; Tabela 3). Um total de 139 casos evoluíram para óbito (taxa de letalidade de 0,01). Dados foram ignorados ou em branco para 1.033 (6% do total) casos sobre tipo de serpentes, 98 casos (1%) para região anatômica, 1.001 casos (5%) para tempo de atendimento após picada, 1.700 casos (10%) para classificação e 3.156 casos (18%) para evolução dos acidentes.

As principais manifestações clínicas locais foram dor em 14.054 casos (80% do total; Apêndice 9, Material Suplementar), edema 10.712 casos, (61%; Apêndice 10, Material Suplementar) e equimose 1.314 casos (7%; Apêndice 11, Material Suplementar). As principais manifestações clínicas sistêmicas foram sintomas neuromusculares em 2.627 casos (15% do total; Apêndice 12, Material Suplementar), vagais em 1.279 casos (7%; Apêndice 13, Material Suplementar) e miolíticos em 1.105 (6%; Apêndice 14, Material Suplementar); insuficiência renal ocorreu em 530 dos casos (3%; Apêndice 14, Material Suplementar). Em 8.485 dos casos (48% do total) o tempo de coagulação (TC) não foi realizado. Dados foram ignorados ou em branco para 2.898 (16% do total) dos casos que apresentaram manifestações locais do tipo dor, 2.951 edema (17%) e 3.108 (18%) para equimose. E, ainda, 13.584 casos (77%) para manifestação sistêmica do tipo neuromusculares, 13.632 casos (77%) para vagais, 13.638 casos (77%) miolíticos e 13.646 casos (77%) para insuficiência renal; em 4.037 casos (23% do total) o tempo de coagulação (TC) não foi reportado.

As principais associações ( $p < 0,05$ ) ocorreram entre a gravidade do acidente e as variáveis epidemiológicas de idade, gênero da serpente e tempo decorrido entre a picada e o atendimento médico (Tabela 4). Vítimas com faixa etária entre 51 e 60 anos de idade apresentam maiores chances de evoluir para casos graves (OR=1,42; 95% IC, 0,79 - 2,55), seguidos de idade acima de 60 anos (OR=1,29; 95% IC, 0,71 - 2,34). Envenenamentos provocados por serpentes do gênero *Micrurus* apresentaram maior associação com os casos

graves (OR=4,97; 95% IC, 3,04 - 8,13), seguidos pelos envenenamentos crotálicos (OR=3,31; 95% IC, 2,89 - 3,80; Tabela 4). Envenenamentos graves foram associados ao tempo decorrido entre picada e o atendimento entre 12 - 24h (OR=2,99; 95% IC, 2,28 - 3,92) e 6 - 12h (OR=2,94; 95% IC, 2,26 - 3,82), respectivamente (Tabela 4).

## **Discussão**

O Maranhão apresenta o segundo maior número de notificações de envenenamentos por serpentes peçonhentas de importância médica da região nordeste do Brasil<sup>10</sup> e este é o primeiro estudo que apresenta o perfil clínico-epidemiológico detalhado desse tipo de agravo, a partir de dados retrospectivos de uma década. O perfil observado para o estado é similar ao padrão observado em nível nacional, bem como outros estudos em escalas regionais<sup>35,36,37,38,24</sup>.

Durante o período analisado, foram notificados 17.658 acidentes ofídicos, contudo, esses dados podem não refletir a real situação do MA. É sabido para no cenário mundial, nacional e regional que existe subnotificação em virtude de residirem em regiões remotas e percorrem longas distâncias até uma unidade de saúde<sup>39</sup>. Os anos de 2019 e 2018 apresentaram maiores números de notificação, o que pode estar relacionado ao aumento considerável da produção agrícola no Maranhão nos últimos anos<sup>40</sup>. Mas, é provável que também possa estar associado a uma melhoria no sistema de notificação dos dados. Outros fatores também podem ser considerados, como mudanças climáticas e demográficas.

Os envenenamentos ofídicos são mais frequentes nas zonas rurais, atingindo principalmente, pessoas do sexo masculino, principalmente crianças e trabalhadores agrícolas em idade economicamente produtiva, além da população que reside em área rural<sup>41,42</sup>. Deste modo, estudos investigativos sobre o uso da terra em áreas rurais são importantes, visto que o desmatamento para expansão agrícola ou expansão dos centros urbanos podem influenciar o aumento desses acidentes<sup>43</sup>. Corroborando estudos anteriores, nossa análise mostrou uma associação positiva entre a gravidade do envenenamento e a idade, onde adultos acima de 50 anos apresentam maiores chances de evoluir gravemente, provavelmente pela maior probabilidade de desenvolverem insuficiência renal e necrose local<sup>23,44,45</sup>. Nos últimos anos, o Maranhão apresentou aumento relevante de trabalhadores na

agricultura, reforçando a classificação dos envenenamentos por serpentes como doença ocupacional<sup>46</sup>. A frequência dos acidentes atingindo membros inferiores e mãos, corrobora a importância da utilização de botas/perneiras e luvas na tentativa de prevenir esses acidentes<sup>1</sup>.

A predominância do envolvimento das serpentes do gênero *Bothrops* nos acidentes, pode estar atribuída ao fato do Brasil apresentar alta diversidade de espécies desse gênero<sup>47</sup>. Além disso, são serpentes mais agressivas, com ampla distribuição geográfica e capacidade de habitar diversos ecossistemas, incluindo ambientes degradados<sup>48,49</sup>. No estado do Maranhão, estão representadas por sete espécies de ampla distribuição para todo o estado<sup>50</sup>, podendo ser encontradas em regiões próximas a rios, igarapés e córregos, matas densas, em áreas perturbadas e ambientes abertos<sup>48,51,49</sup>. Envenenamentos ocasionados por essas serpentes podem infligir danos locais como dor, edema, equimose, bolhas e hemorragia<sup>41,52</sup> e problemas sistêmicos como insuficiência renal, Acidentes Vascular Cerebral e insuficiência cardiorrespiratória<sup>16</sup>.

O gênero *Crotalus* possui serpentes típicas de áreas abertas, áridas e semiáridas, mas que podem habitar enclaves savânicos na Amazônia e Mata Atlântica, além de áreas de pastagens e zonas perturbadas e urbanizadas<sup>53,49</sup>. No entanto, devido seu habitat em áreas abertas causam menos acidentes quando comparada às espécies do gênero *Bothrops*. Além disso, são serpentes mais robustas e podem vibrar o chocalho avisando sua presença, minimizando o número de acidentes. Este tipo de envenenamento também pode causar dor e edema, além de parestesia e eritema<sup>54</sup>. Os principais sintomas sistêmicos são fácies miastênicas, mialgia, escurecimento da urina e insuficiência renal<sup>18</sup>. Envenenamentos crotálicos apresentam as maiores letalidades, uma vez que, podem evoluir para insuficiência renal grave (IRA) e insuficiência respiratória aguda<sup>18</sup>.

Atualmente, no estado do Maranhão ocorrem oito espécies do gênero *Micrurus*<sup>41</sup>, no entanto, apresentam hábitos fossoriais, baixa agressividade, pequenas presas inoculadoras e pequena abertura da boca, refletindo seu baixo envolvimento em acidentes. Os sintomas mais comuns são leve manifestação local como dor, edema, parestesia e eritema<sup>20</sup>. As principais manifestações sistêmicas são fácies miastênicas, paralisia dos músculos oculares e maxilares com sialorreia, além de paralisia respiratória<sup>55</sup>. Envenenamentos com corais

verdadeiras devem ser considerados potencialmente graves por poderem evoluir para insuficiência respiratória grave mesmo que tardia<sup>56,21</sup>.

Serpentes do gênero *Lachesis* são típicas de áreas de mata, sendo amplamente difundidas na Floresta Amazônica e porção norte da Mata Atlântica<sup>49</sup>. Como principais sintomas locais podem manifestar dor, edema, equimose e hemorragia. Como manifestações sistêmicas podem apresentar bradiquardia, dor abdominal, vômito e diarreia<sup>21</sup>. Sendo facilmente confundido com envenenamentos botrópicos, contudo, acidentes com *Lachesis* são de baixa frequência devido sua distribuição predominante em florestas primárias, sendo animais raros e, portanto, de difícil encontro. Ainda, são animais de grande porte facilitando sua visualização em campo.

A maioria dos casos foram atendidos até três horas após o acidente, sendo classificados como leves e evoluindo para cura, provavelmente, devido a conscientização das vítimas sobre a rápida procura por um centro de atendimento; unidades de saúde com soros antiofídicos disponíveis e rápido atendimento por parte dos profissionais da saúde<sup>38</sup>. A associação positiva entre classificação dos casos e o tempo de atendimento já observada em diversos estudos enfatiza a importância do rápido início do tratamento, visto que, quanto maior o tempo decorrido entre a picada e o atendimento, maior probabilidade de manifestações graves e evoluir para óbito<sup>52,11</sup>. Por sua vez, o tratamento deve ser iniciado paralelamente à realização do teste de coagulação para rastrear coagulopatias induzidas pelos venenos<sup>2</sup>. As manifestações clínicas locais e sistêmicas observadas na maioria dos acidentes corroboram estudos anteriores que descrevem tais características para envenenamentos ofídicos<sup>21,20,18,52</sup>.

Envenenamentos por serpentes peçonhentas ocorrem majoritariamente nos meses chuvosos e quentes, período com maior abundância de presas e de maior atividade das serpentes. Além disso, esse mesmo período está associado a maior atividade agrícola, proporcionando maior encontro desses animais com humanos<sup>57</sup>. Fato que pode explicar o maior número de acidentes ofídicos nos meses entre janeiro e março, visto que, é o período de maior índice pluviométrico no estado do Maranhão e, geralmente, esse período está associado a uma maior atividade agrícola<sup>28,58</sup>.

Os municípios que apresentaram maiores números de notificações de envenenamento ofídico e maiores taxas de incidências estão localizados nas Mesorregiões Oeste Maranhense

e Centro Maranhense. Tais regiões possuem áreas de produção agrícola<sup>40,58</sup>, fato que pode estar relacionado aos maiores índices de notificação ocorrerem nessa região, uma vez que, acidentes ofídicos acometem, principalmente, trabalhadores agropecuários. Ainda, estão localizadas dentro dos limites considerados da Amazônia Legal que possui elevada biodiversidade e reservas indígenas, além de sofrer com desmatamentos, facilitando o encontro com serpentes<sup>59</sup>. Estudo recente aponta essas Mesorregiões como áreas de maiores risco de acidentes, se configurando como áreas prioritárias em ações que visem minimizar seus agravos<sup>50</sup>. Identificar áreas de elevada incidência de envenenamento ofídico é relevante para direcionar assistência em saúde adaptadas às necessidades e características das populações vulneráveis, contribuindo diretamente com as estratégias propostas pela Organização Mundial da Saúde. Ainda, são municípios que estão localizados em áreas desassistidas por polos de soros, deixando as vítimas desamparadas sem um rápido e eficaz tratamento<sup>60</sup>.

Por sua vez, o preenchimento das fichas de notificação como “Ignorado e Branco (sem preenchimento)” pode refletir a falta de compreensão dos profissionais da saúde quanto a importância do completo e adequado preenchimento das fichas, o que dificulta o tratamento das vítimas e o planejamento da distribuição dos soros antiofídicos, que depende diretamente dos critérios epidemiológicos. Além disso, algumas variáveis e.g., zona de ocorrência, tempo decorrido entre o acidente e o atendimento, evolução do caso não são de preenchimento obrigatório pelo Ministério da Saúde, dificultando uma análise mais rebuscada dos casos<sup>10</sup>. Por fim, ainda, observamos o registro de um caso grave envolvendo serpente não peçonhenta, apresentando manifestação sistêmica e que fez utilização de soro antiofídico, que pode ser devido a identificação errônea por parte do profissional da saúde ressaltando a importância dos conhecimentos prévios acerca da identificação de serpentes peçonhentas.

## **Conclusão**

Visto que o MA é detentor do segundo maior número de notificações de envenenamentos por serpentes na região nordeste do Brasil, sendo uma doença que necessita de uma compreensão holística de saúde pública, fornecemos dados robustos para vigilância epidemiológica direcionar assistência à população, no que diz respeito a capacitação dos

profissionais da saúde e a realização de trabalhos de educação ambiental e distribuição de equipamentos de proteção individual (EPIs) para a população geral, principalmente para trabalhadores agrícolas, que compreendem o maior número dos acidentados, visando minimizar os efeitos que o ofidismo causa, direta e indiretamente, às suas vítimas, contribuindo diretamente com as estratégias propostas pela Organização Mundial da Saúde.

Destacamos ainda, a importância de organizar estrategicamente os polos de soros antiofídicos, uma vez que, são o único tratamento de eficiência comprovada para envenenamentos ofídicos devendo ser alocado adequadamente de acordo com a necessidade da região. Outrossim, é de conhecimento da vigilância epidemiológica o elevado número de pessoas que, por residirem em áreas remotas, demoram chegar ao centro de tratamento e por esse mesmo motivo fazem uso da medicina alternativa, agravando ainda mais esse quadro. Contudo, o Maranhão ainda é palco de outras Doenças Tropicais Negligenciadas, e.g., esquistossomose, leptospirose, leishmaniose visceral, dengue, entre outras, se configurando prioritário para medidas de saúde pública para demais áreas epidemiológicas.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Secretaria de Saúde do Estado do Maranhão em nome de Leandro M. da Silva e Milenna S. Santos do Departamento de Pesquisa em Saúde e Desenvolvimento; Tayara C. Pereira, do Departamento de Epidemiologia e Controle de Doenças; Zulmira S. Batista, Celma Soares e Flavio Saraiva do Departamento de Controle de Doenças Zoonóticas que gentilmente atenderam nossa solicitação e forneceram dados refinados sobre acidentes ofídicos no estado do Maranhão que estavam sob seus cuidados. SCMA e TBG agradecem à Universidade Estadual do Maranhão, respectivamente, pelas bolsas de mestrado e de pesquisadora sênior concedidas.

### **Contribuições dos autores**

Conceitualização: SCMA, JTC, TBG; Curadoria de dados: SCMA, TBG; Análise formal: SCMA, JTC, TBG; Aquisição de financiamento: TBG; Investigação: SCMA, JTC, TBG; Metodologia: SCMA, JTC, TBG; Administração do projeto: TBG; Recursos: TBG; Software: SCMA, JTC, TBG; Supervisão: TBG; Validação: SCMA, JTC, TBG;

Visualização: SCMA, JTC, TBG; Redação - rascunho original: SCMA, JTC, TBG; Redação - revisão e edição: SCMA, JTC, TBG.

**Declaração de conflito de interesse**

Os autores declararam não haver conflito de interesses.

**Suporte Financeiro**

Universidade Estadual do Maranhão.

## Referências

1. OMS 2021. Organização Mundial da Saúde. Snakebite. Disponível em: [https://www.who.int/health-topics/snakebite#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/snakebite#tab=tab_1). Acessado em setembro 2021.
2. Knudsen C, Jürgensen JA, Fons S, Haack AM, Friis RUW, Dam SH, et al. Snakebite Envenoming Diagnosis and Diagnostics. *Front Immunol.* 2021;12:661457. doi: 10.3389/fimmu.2021.661457
3. Musah Y, Ameade EPK, Attuquayefio DK, Holbech LH. Epidemiology, ecology and human perceptions of snakebites in a savanna community of northern Ghana. *PLoS Neglected Trop Dis.* 2019;13(8):e0007221. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007221>
4. Schneider MC, Min K-d, Hamrick PN, Montebello LR, Ranieri TM, Mardini L, et al. Overview of snakebite in Brazil: Possible drivers and a tool for risk mapping. *PLoS Neglected Trop Dis.* 2021;15(1):e0009044. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009044>
5. Citeli N, Carvalho M, Carvalho BM, Magalhães MAFM, Bochner R. Bushmaster bites in Brazil: ecological niche modeling and spatial analysis to improve human health measures. *Cuad herpetol.* 2020;34(2):00-00.
6. Leynaud GC, Reati GJ. Identificación de las zonas de riesgo ofídico en Córdoba, Argentina, mediante el programa SIGEpi. *Rev Panam Salud Publica.* 2009;26(1):64-6
7. Bisneto PF, Alcântara JA, Silva IM, Sachett JAG, Bernarde PS, Monteiro WM, et al. Coral snake bites in Brazilian Amazonia: perpetrating species, epidemiology and clinical aspects. *Toxicon.* 2019;175:718. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.11.011>
8. Gutiérrez JM, Warrell, Williams DJ, Jensen S, Brown N. The Need for Full Integration of Snakebite Envenoming within a Global Strategy to Combat the Neglected Tropical Diseases: The Way Forward. *PLOS Neglected Trop Dis.* 2013;7(6):e2162.
9. Gutiérrez JM. Snakebite envenoming from an Ecohealth perspective. *Toxicon.* 2020;7:1-5.
10. Brasil. Ministério da Saúde. Acidente por animais peçonhentos. 2019. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sinanet/cnv/animaisma.def>. Acessado em 20 de abril de 2022.

11. Mise YF, Lira-da-Silva RM, Carvalho FM. Time to treatment and severity of snake envenoming in Brazil. *Rev panam salud pública*. 2018;42:e52.
12. Bochner R, Fiszon JT, Machado C. A Profile of Snake Bites in Brazil, 2001 to 2012. *J Toxicol Clin Toxicol*. 2014;4(194):1-7.
13. Fan HW, Monteiro WM, Silva AM, et al. Snakebites and Scorpion Stings in the Brazilian Amazon: Identifying Research Priorities for a Largely Neglected Problem. *PLoS Neglected Trop Dis*. 2015;9(5): e0003701. doi:10.1371/journal.pntd.0003701
14. Salomão MG, Oliveira PL, Machado C. Epidemiologia dos acidentes por animais peçonhentos e a distribuição de soros: estado de arte e a situação mundial. *Rev Salud Pública*. 2018;20(4):523-529.
15. Melgarejo AR. Serpentes Peçonhentas no Brasil. In: CARDOSO JLC, et al. *Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica*. 2ª Ed., São Paulo: Sarvier; 2009. p. 33-61.
16. Sachett JAG, Silva AM, Dantas AWCB, Dantas TR, Colombini M, Silva AMM, Monteiro WM, Bernarde PS. Cerebrovascular Accidents Related to Snakebites in the Amazon: Two Case Reports. *Wilderness Environ Med*. 2020;31(3):337e43
17. Oliveira SS, Sampaio VS, Sachett JAG, et al. Snakebites in the Brazilian Amazon: Current Knowledge and Perspectives. *Clin Toxicol*. 2016:1-22. doi 10.1007/978-94-007-6288-6\_61-1
18. Azevedo-Marques MM, Hering SE, Cupo P. Acidentes Crotálico. In: CARDOSO JLC, et al. *Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica*. 2ª Ed., São Paulo: Sarvier; 2009. p.108-114.
19. Chippaux JP. Epidemiology of envenomations by terrestrial venomous animals in Brazil based on case reporting: from obvious facts to contingencies. *J Venom Anim Toxins Incl Trop Dis*. 2015;21(13):1-17.
20. Souza RCG. Aspectos clínicos do acidente laquéutico. In: CARDOSO JLC, et al. *Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica*. 2ª Ed., São Paulo: Sarvier; 2009. p.96-106.

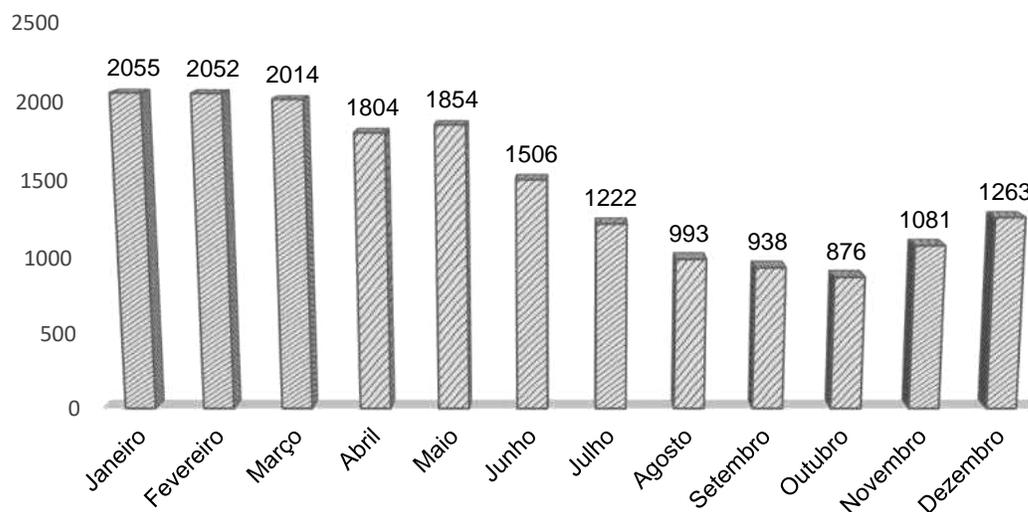
21. Bucarechi F, De Capitani EM, Hyslop S. Aspectos clínicos dos envenenamentos causado por cobras-coraís no Brasil. In: (org.) Silva Jr. NJ et al. As cobras-coraís do Brasil: Biologia, taxonomia, venenos e envenenamentos. Goiânia: Ed., PUC Goiás; 2016. p. 346-372.
22. Santos JA, Santos DL, Silva RLO, Pinheiro RA, Cabral MJS, Santos CB. Epidemiological aspects of snakebite accidents, in the state of Alagoas, in the 2018-2019 biennium. *Revista Ambientale*. 2020;12(3):69-77.
23. Mise YF, Lira-da-Silva RM, Carvalho FM. Fatal snakebite envenoming and agricultural work in Brazil: A case – control study. *Am J Trop Med Hyg*. 2019;100(1):150-154. doi: 10.4269/ajtmh.18-0579.
24. Ceron K, Vieira C, Carvalho OS, Carrillo JFC, Alonso J, Santana DJ. Epidemiology of snake envenomation from Mato Grosso do Sul, Brazil. *PLoS Neglected Trop Dis*. 2021;15(9): e0009737. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009737>
25. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acessado em setembro de 2021.
26. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão Geográfica do Estado do Maranhão 2017. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em setembro de 2021.
27. Maranhão – Unidades Regionais de Saúde, 2021. Disponível em: <https://www.saude.ma.gov.br/unidades-regionais-de-saude/>. Acessado em setembro de 2021.
28. NUGEO – Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão, Laboratório de Meteorologia. 2018. [https://www.nugeo.uema.br/?page\\_id=19447](https://www.nugeo.uema.br/?page_id=19447). Acesso em setembro de 2021.
29. Microsoft Office. Excel. Versão 2016. Disponível em: [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)
30. Ferreira V. Estatística básica. Rio de Janeiro: SESES; 2015. 184 p.
31. Rumel D. "Odds ratio": algumas considerações. *Rev. Saúde Públ*. 1986;20:251-6.
32. Szumilas M. Explaining Odds Ratios. *J Can Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2010;19:227-229.

33. Aguiar P, Nunes B. Odds Ratio: Reflexão sobre a Validade de uma Medida de Referência em Epidemiologia. *Acta Med Port.* 2013;26(5):505-510.
34. IBM Corp. Lançado em 2011. IBM SPSS Statistics para Windows, Versão 20.0. Armonk, NY: IBM Corp. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/products/spss-statistics>
35. Leite RS, Targino ITG, Lopes YACF, Barros RM, Vieira AA. Epidemiology of snakebite accidents in the municipalities of the state of Paraíba, Brazil. *Ciênc Saúde Colet.* 2013;18(5):1463-1471. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232013000500032>
36. Araújo SCM, Andrade EB. Aspectos epidemiológicos dos acidentes ofídicos ocorridos no estado do Piauí, Nordeste do Brasil, entre os anos de 2003 e 2017. *Revista Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza.* 2019;3(2):154-165.
37. Matos RR, Ignotti E. Incidência de acidentes ofídicos por gêneros de serpentes nos biomas brasileiros. *Ciênc Saúde Colet.* 2020;25(7):2837-2846. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020257.31462018>
38. Silva AM, Colombini M, Moura-da-Silva AM, Souza RM, Monteiro WM, Bernarde PS. Epidemiological and clinical aspects of snakebites in the upper Juruá River region, western Brazilian Amazonia. *Acta Amaz.* 2020;50(1):0-10. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201901561>
39. Silva AM, Colombini M, Moura-da-Silva AM, Souza RM, Monteiro WM, Bernarde PS. Ethno-knowledge and attitudes regarding snakebites in the Alto Juruá region, Western Brazilian Amazonia. *Toxicon.* 2019;171:66–77.
40. Maranhão – Agricultura maranhense. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – INMESC. São Luís; 2019. 11 p. Acessado em setembro de 2021. <http://imesc.ma.gov.br/portal/Post/show/producao-agricola>
41. Gutiérrez JM, Theakston DG, Warrell DA. Confronting the Neglected Problem of Snake Bite Envenoming: The Need for a Global Partnership. *PLoS Med.* 2006;3(6):e150.
42. Mise YF, Lira-da-Silva RM, Carvalho FM. Agriculture and snakebite in Bahia, Brazil – An ecological study. *Ann Agric Environ Med.* 2016;23(3):467-470.

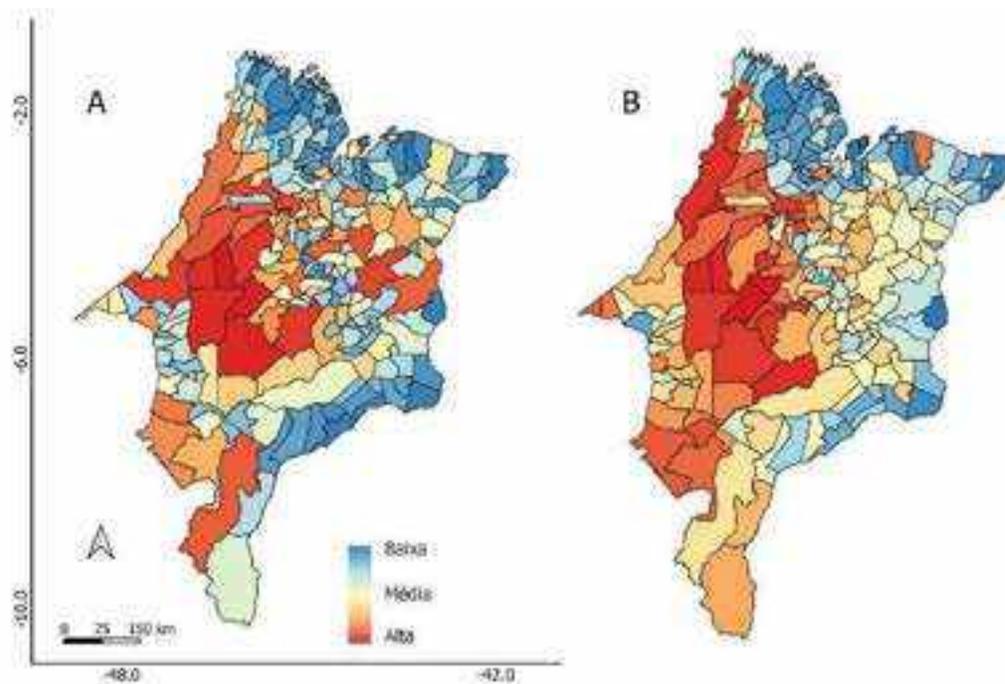
43. León-Núñez LJ, Caremo-Ramos G, Gutiérrez JM. Epidemiology of snakebites in Colombia (2008-2016). *Rev. Salud Pública*. 2020; 22(3):1-8.
44. Silva AM, Bernarde PS, Abreu LC. Acidentes com animais peçonhentos no Brasil por sexo e idade. *J. Hum. Growth Dev*. 2015;25(1):54-62.
45. Ribeiro LA, Gadia R, Jorge MT. Comparação entre a epidemiologia do acidente e a clínica do envenenamento por serpentes do gênero *Bothrops*, em adultos idosos e não idosos. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop*. 2008;41(1):46-49.
46. Gutiérrez JM, Calvete JJ, Habib AG, Harrison RA, Williams DJ, Warrell DA. Snakebite envenoming. *Nat Rev Dis Primers*. 2017;3:17063. doi:10.1038/nrdp.2017.63
47. Costa HC, Guedes TB, Bérnils RS. Lista de répteis do Brasil: padrões e tendências. *Herpetologia Brasileira*, 2021;10:110–279.
48. Cunha OR, Nascimento FP. Ofídios da Amazônia. As cobras da região leste do Pará. – *Boletim do Museu. Paraense Emílio Goeldi (Série Zoologia)*, 1993:1-191.
49. Nogueira CC, et al. Atlas of Brazilian Snakes: Verified Point-Localities Maps to Mitigate the Wallacean Shortfall in a Megadiverse Snake Fauna. *South Am J Herpetol*. 2019;14(Special Issue 1):1-274. <http://doi.org/10.2994/SAJH-D-19-00120.1>
50. Araújo SCM, Ceron K, Guedes TB. em prep. Uso de análises geoespaciais para abordar o risco de picadas por serpentes peçonhentas na região meio-norte do Brasil – direção para planejamento de saúde em áreas com déficit de conhecimento da biodiversidade. *Toxicon*. 2022, 213:43–51.
51. Argôlo AJS. As serpentes dos cacauais do Sudeste da Bahia. – Ilhéus: Editora da UESC; 2004. 252 p.
52. França FOS, Málaque CMS. Acidente botrópico. In: Cardoso JLC, França SFO, Fan HW, Málaque SCM, Haddad VJr.(eds) *Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes*. São Paulo: Sarvier; 2009, p. 81-95.
53. Guedes TB, Nogueira C, Marques OAV. Diversity, natural history, and geographic distribution of snakes in the Caatinga, Northeastern Brazil. *Zootaxa*. 2014;3863(1):001-093.

54. Asato MS, Carbonell CC, Martins AG, Moraes CM, Chávez-Olórtegui C, Gadelha MAC, Pardal PPO. Envenoming by the rattlesnake *Crotalus durissus ruruima* in the state of Roraima, Brazil. *Toxicon*. 2020; 8:100061.
55. Bisneto PF. et al. Envenomations by coral snakes in an Amazonian metropolis: Ecological, epidemiological and clinical aspects. *Toxicon*. 2020;185:193-202.  
<https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.11.011>
56. Gutiérrez JM, Lomonte B, Aird S, Silva Jr. NJ. Mecanismo de ação dos venenos das cobras-corais. In: (org.) Silva Jr. NJ et al. *As cobras-corais do Brasil: Biologia, taxonomia, venenos e envenenamentos*. Goiânia: Ed., PUC Goiás; 2016, p. 304-329.
57. Bernarde PS. *Serpentes peçonhentas e acidentes ofídicos no Brasil*. São Paulo: Anolisbooks; 2014. 224 p.
58. Maranhão. Perfil da Agricultura Maranhense. Secretaria do Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca – SAGRIMA. São Luís; 2019. 36 p. Acessado em setembro de 2021.  
<https://sigite.sagrима.ma.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/Perfil-da-Agropecuária-Maranhense-2018-1.pdf>
59. Martins MB. A Reserva Biológica do Gurupi como instrumento de conservação da natureza na Amazônia Oriental. In: Martins MB, Oliveira TG. (Eds.), *Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação*. MPEG, Belém, 2011, p.18-22.
60. Citeli NQK, Cavalcante MM, Magalhães MAFM, Bochner R. Lista dos Polos de Soro para Atendimento de Acidentes Ofídicos no Brasil. SINITOX; 2018. Disponível em [www.sinitox.icict.fiocruz.br](http://www.sinitox.icict.fiocruz.br)

## Legendas das Figuras



**Figura 1.** Número dos envenenamentos ofídicos por mês entre os anos de 2009 e 2019 no estado do Maranhão.



**Figura 2.** (A) Municípios com maiores notificações de envenenamento ofídico no estado do Maranhão. (B) Municípios com maiores taxas de incidência de envenenamento ofídico no estado do Maranhão.

**Tabela 1.** Número de envenenamentos ofídicos por sexo entre os anos de 2009 e 2019 no estado do Maranhão.

<b>Sexo</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Masculino	13.657	77
Feminino	3.999	23
Branco	0	0
Ignorado	2	0
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Tabela 2.** Classificação dos envenenamentos ofídicos entre 2009 e 2019 ocorridos no estado do Maranhão.

<b>Classificação</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Leve	9.111	52
Moderado	5.869	33
Grave	978	5
Ignorado	323	2
Branco	1377	8
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Tabela 3.** Evolução dos envenenamentos ofídicos entre 2009 e 2019 ocorridos no estado do Maranhão.

<b>Evolução</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Cura	14.359	81
Óbito	139	1
Óbito por outras causas	4	0
Ignorado	239	1
Branco	2917	17
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Tabela 4.** Odds ratio (OR) bruto e intervalo de confiança (IC) de 95% para associação entre a classificação dos envenenamentos e a faixa etária, o tempo de atendimento e o tipo da serpente envolvida nos acidentes, com respectivo valor de significância expresso em Qui-quadrado (p-valor).

Variáveis	Classificação do caso		OR (IC <sub>95%</sub> )	p-valor
	Grave n (%)	Não grave n (%)		
<b>Idade</b>				
< 1 ano	13 (1,3)	218 (1,5)	1	<b>0,005</b>
1 a 10 anos	86 (8,8)	1360 (9,1)	1,06 (0,58 - 1,93)	
11 a 20 anos	167 (17,1)	3152 (21,0)	0,89 (0,49 - 1,59)	
21 a 30 anos	170 (17,4)	2837 (18,9)	1,01 (0,56 - 1,80)	
31 a 40 anos	180 (18,4)	2534 (16,9)	1,19 (0,67 - 2,13)	
41 a 50 anos	126 (12,9)	1966 (13,1)	1,08 (0,60 - 1,94)	
51 a 60 anos	131 (13,4)	1551 (10,4)	1,42 (0,79 - 2,55)	
> 60 anos	105 (10,7)	1362 (9,1)	1,29 (0,71 - 2,34)	
<b>Tipo de acidente ofídico</b>				
Botropico	436 (46,4)	10190 (74,1)	1	<b>&lt;0,001</b>
Crotalico	479 (51,0)	3383 (24,6)	3,31 (2,89 - 3,80)	
Elapidico	20 (2,1)	94 (0,7)	4,97 (3,04 - 8,13)	
Laquético	5 (0,5)	82 (0,6)	1,42 (0,57 - 3,53)	
<b>Tempo decorrido</b>				
0 - 1h	154 (16,5)	3293 (23,1)	1,02 (0,84 - 1,25)	<b>&lt;0,001</b>
1 - 3h	267 (28,5)	5576 (39,1)	1,70 (1,38 - 2,10)	
3 - 6h	236 (25,2)	2963 (20,8)	1,73 (1,31 - 2,28)	
6 - 12h	84 (9,0)	1039 (7,3)	2,94 (2,26 - 3,82)	
12 - 24h	103 (11,0)	749 (5,2)	2,99 (2,28 - 3,92)	
24h ou mais	92 (9,8)	658 (4,6)	1	

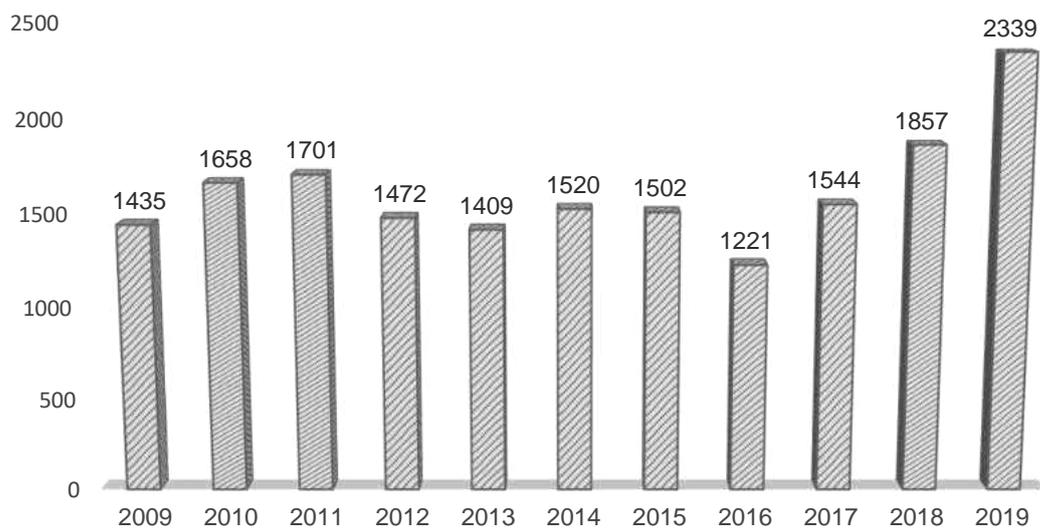
## Acidentes ofídicos na região meio-norte do Brasil: acessando aspectos clínico-epidemiológicos como estratégia para lidar com Doenças Tropicais Negligenciadas

Sâmia Caroline Melo Araújo<sup>[1]</sup>, Joseneide Teixeira Câmara<sup>[1]</sup>, Thaís B. Guedes<sup>[1],[2]</sup>

[1].Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Caxias, MA, 65604-380, Brasil

[2].Gothenburg Global Biodiversity Center, University of Gothenburg, Department of Biological and Environmental Sciences, Box 461, SE-405-30, Göteborg, Sweden

### Material suplementar



**Apêndice A.** Número de envenenamentos ofídicos por ano, ocorridos no estado do Maranhão entre 2009 e 2019.

**Apêndice B.** Zona de residência das vítimas dos envenenamentos ofídicos ocorridos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Zona de residência</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Urbano	5.403	31
Rural	11.650	66
Periurbano	70	0
Ignorado	13	0
Branco	522	3
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice C.** Zona de ocorrência dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Zona de ocorrência dos acidentes</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Urbano	2.625	15
Rural	14.497	82
Periurbano	111	1
Ignorado	83	0
Branco	342	2
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice D.** Faixa etária das vítimas dos envenenamentos ofídicos ocorridos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Faixa etária</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<1 ano	257	1
1 - 4	360	2
5 - 9	963	5
10 - 14	1.637	9
15 - 19	1.920	11
20 - 39	6.405	36
40 - 59	4.351	25
60 - 64	678	4
65 - 69	453	3
70 - 79	511	3
80 +	123	1
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice E.** Etnias (autodeclaradas) das vítimas dos envenenamentos ofídicos ocorridos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Etnias (autodeclaradas)</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Branca	1.422	8
Preta	1.732	10
Amarela	217	1
Parda	12.800	72
Indígena	1.054	6
ignorado	174	1
Branco	259	1
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice F** Tipo de serpente causadora dos envenenamentos ofídicos ocorridos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Serpente</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<i>Bothrops</i>	11.753	65
<i>Crotalus</i>	4.164	24
<i>Micrurus</i>	135	0,8
<i>Lachesis</i>	96	0,5
Não peçonhenta	477	3
Ignorado	1.033	6
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice G.** Região anatômica atingida nos envenenamentos ofídicos ocorridos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Região anatômica</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Cabeça	188	1
Braço	377	2
Antebraço	170	1
Mão	1.754	10
Dedo mão	793	4
Tronco	67	0
Coxa	97	1
Perna	3.670	21
Pé	9.338	53
Dedo pé	1.106	6
Ignorado	98	1
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice H.** Tempo decorrido entre o atendimento e os envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Tempo de atendimento</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
0 - 1h	3872	22
1 - 3h	6312	36
3 - 6h	3456	20
6 - 12h	1228	7
12 - 24h	936	5
24h +	853	5
Ingnorado	367	2
Branco	634	3
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice I.** Manifestação locais (dor) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Manifestação local (dor)</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Sim (1)	14.054	80
Não (2)	706	4
Ingnorado (9)	22	0
Branco	2876	16
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice J.** Manifestação locais (edema) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Manifestação local (edema)</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Sim	10.712	61
Não	3.995	23
Ingnorado	74	0
Branco	2877	16
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice L.** Manifestação locais (equimose) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Manifestação local (equimose)</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Sim	1.314	7%
Não	13.236	75%
Ignorado	218	1%
Branco	2890	16%
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice M.** Manifestação sistêmicas (neuroparalíticas) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Manifestação sistêmica (neuroparalíticas)</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Sim	2.627	15%
Não	1.447	8%
Ignorado	13538	77%
Branco	46	0%
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice N.** Manifestação sistêmicas (vagais) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Manifestação sistêmica (vagais)</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Sim	1.279	7%
Não	2747	16%
Ignorado	13541	77%
Branco	91	1%
<b>Total</b>	<b>17.658</b>	<b>100</b>

**Apêndice O.** Manifestação sistêmicas (miolíticas) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

<b>Manifestação sistêmica (miolíticas)</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Sim	1.105	6%
Não	2915	17%
Ignorado	13539	77%
Branco	99	1%
Total	17.658	100

**Apêndice P.** Manifestação sistêmicas (renal) dos envenenamentos ofídicos no estado do Maranhão entre os anos de 2009 a 2019.

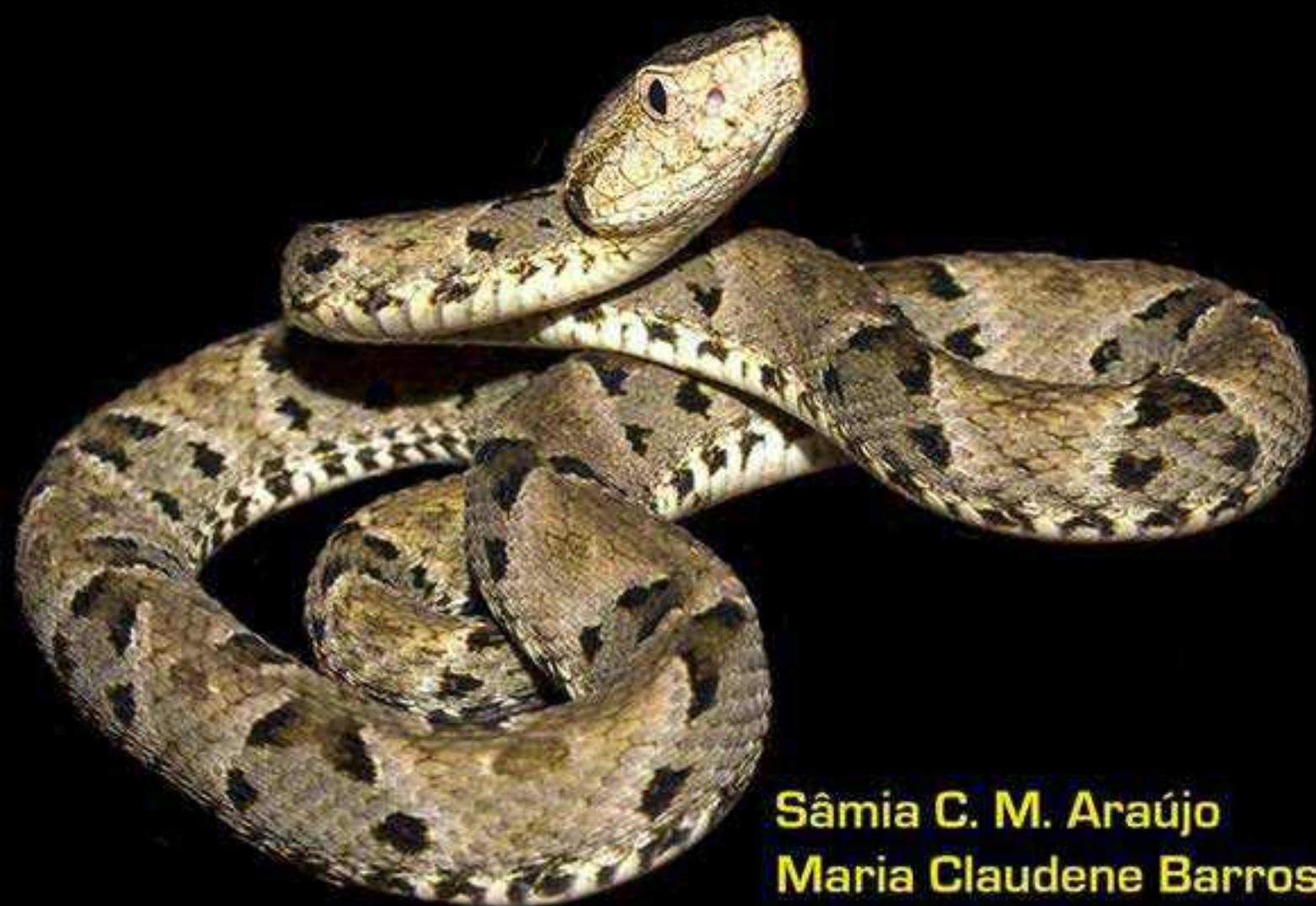
<b>Manifestação sistêmica (renal)</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Sim	530	3%
Não	3482	20%
Ignorado	13540	77%
Branco	106	1%
Total	17.658	100

## **CAPÍTULO 3**

### **Serpentes de importância médica e acidentes ofídicos no Maranhão**

(Versão preliminar de um boneco de e-book para disseminação dos temas abordados nos capítulos 1 e 2 dessa dissertação no estado do Maranhão | Planejamos publicar no 2º semestre de 2022 via aplicação de edital na Editora da UEMA)

# SERPENTES DE IMPORTÂNCIA MÉDICA E ACIDENTES OFÍDICOS NO MARANHÃO



Sâmia C. M. Araújo  
Maria Claudene Barros  
Thaís B. Guedes



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO

# SERPENTES DE IMPORTÂNCIA MÉDICA E ACIDENTES OFÍDICOS NO MARANHÃO



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO

Sâmia C. M. Araújo  
Maria Claudene Barros  
Thaís B. Guedes

2022

GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO  
**Flávio Dino de Castro e Costa Governador**  
**Carlos Orleans Brandão Junior Vice-Governador**

SECRETARIA DE ESTADO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
**Davi Telles**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
**Gustavo Pereira Costa Reitor**  
**Walter Canales Sant'Ana Vice-Reitor**

PRÓ-REITORA DE GRADUAÇÃO  
**Fabíola de Jesus Soares Santana**

PRÓ-REITORA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
**Rita de Maria Seabra Nogueira**

PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E ASSUNTOS ESTUDANTIS  
**Paulo Henrique de Aragão Catunda**

PRÓ-REITOR DE PLANEJAMENTO E ADMINISTRAÇÃO  
**Antonio Roberto Coelho Serra**

PRÓ-REITORA DE INFRAESTRUTURA  
**Fabíola Hesketh de Oliveira**

PRÓ-REITOR DE GESTÃO DE PESSOAS  
**José Rômulo Travassos da Silva**

# Créditos

## PUBLICADO POR

Editora UEMA. Cidade Universitária Paulo VI CP 09 Tirirical  
65055-970 São Luís-MA [www.uema.br](http://www.uema.br) [ppguema@yahoo.com.br](mailto:ppguema@yahoo.com.br)

## DIREITO AUTORAL

Editora UEMA. Cidade Universitária Paulo VI CP 09 Tirirical  
65055-970 São Luís-MA [www.uema.br](http://www.uema.br) [ppguema@yahoo.com.br](mailto:ppguema@yahoo.com.br)

## CITAÇÃO

Araújo S.C.M., Barros M.C., Guedes T.B. 2022. Serpentes de importância médica e acidentes ofídicos no Maranhão. São Luís, Editora UEMA, XXp.

## REVISÃO

Dr. Breno Hamdan (Instituto Vital Brazil)  
Dr. Otavio A. V. Marques (Instituto Butantan)

## EDIÇÃO GRÁFICA

Sâmia Caroline Melo Araújo  
Thaís B. Guedes

## FOTO DA CAPA

*Bothrops atrox*, Jararaca ©Glauco Oliveira

## FOTO DA CONTRA-CAPA

*Crotalus durissus*, Cascavel ©Glauco Oliveira

PRODUÇÃO:



## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da Universidade  
Estadual do Maranhão

---

Araújo, Sâmia Caroline Melo

Serpentes de importância médica e acidentes ofídicos no  
Maranhão / Sâmia Caroline Melo Araújo... [et al.]. - Caxias, MA:  
Universidade Estadual do Maranhão, 2022

67p.

ISBN XXXXXX

1. Serpentes. 2. Maranhão. 3. Envenenamento. 4.  
Epidemiologia. 5. Prevenção. I. Universidade Estadual do  
Maranhão. II. Título.

CDU XXXXX

---

# Sumário

APRESENTAÇÃO.....	7
PREFÁCIO.....	8
INTRODUÇÃO.....	9
ESTADO DO MARANHÃO.....	13
CARACTERÍSTICAS DAS SERPENTES PEÇONHENTAS.....	15
NÃO SÃO CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES NO RECONHECIMENTO DAS SERPENTES PEÇONHENTAS DE IMPORTÂNCIA MÉDICA.....	20
SERPENTES PEÇONHENTAS DO MARANHÃO.....	22
<i>Bothrops atrox</i> .....	23
<i>Bothrops bilineatus</i> .....	24
<i>Bothrops brasiliensis</i> .....	25
<i>Bothrops lutzi</i> .....	26
<i>Bothrops marajoensis</i> .....	27
<i>Bothrops moojeni</i> .....	28
<i>Bothrops taeniatus</i> .....	29
<i>Crotalus durissus</i> .....	30
<i>Lachesis muta</i> .....	31
<i>Micrurus brasiliensis</i> .....	32
<i>Micrurus filiformis</i> .....	33
<i>Micrurus hemprichii</i> .....	34
<i>Micrurus ibiboboca</i> .....	35
<i>Micrurus lemniscatus</i> .....	36
<i>Micrurus paraensis</i> .....	37
<i>Micrurus spixii</i> .....	38
<i>Micrurus surinamensis</i> .....	39
ENVENENAMENTO POR SERPENTES PEÇONHENTAS DE IMPORTÂNCIA MÉDICA.....	40
PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DOS ACIDENTES POR SERPENTES PEÇONHENTAS NO MARANHÃO.....	43
DICAS DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES POR SERPENTES PEÇONHENTAS.....	45
PRIMEIROS SOCORROS.....	46
TRATAMENTO: SOROS ANTIOFÍDICOS.....	47
POLOS DE SOROS ANTIOFÍDICOS NO MARANHÃO.....	48
AGRADECIMENTOS.....	60
REFERÊNCIAS.....	61





# Introdução

De grande sucesso evolutivo, as serpentes (classe dos répteis) são em geral amplamente distribuídas, sendo os países tropicais aqueles com maior diversidade de espécies. São animais exclusivamente carnívoros e ectotérmicos (dependem de fontes externas de calor para regularem sua temperatura corporal mantendo suas atividades metabólicas). E caracterizam-se por apresentarem o plano corporal alongado que demandou também o alongamento de diversos órgãos internos (fígado, rins, gônadas e etc.) e até a redução ou perda de alguns órgãos pares, pulmão esquerdo é vestigial ou ausente dependendo da espécie.

O corpo das serpentes é recoberto por escamas (Figura 1), membros locomotores são ausentes e os olhos recobertos por escama translúcida, sem pálpebras móveis. As pupilas são arredondadas nas espécies diurnas e elípticas ou verticais nas espécies noturnas ou crepusculares. Não possuem ouvidos externos, estrutura craniana é bastante móvel possibilitando ingerir presas de tamanhos relativamente grandes, língua bífida (bifurcada) e excretam ácido úrico, uma adaptação para minimizar a perda de água.



**Figura 1.** Cobra-coral-verdadeira (*Micrurus* sp.) demonstrando o corpo alongado e recoberto por escamas típico das serpentes ©Thaís Guedes

A dieta das serpentes é composta por uma diversidade de presas, como mamíferos, aves, peixes, anfíbios, lesmas, caracóis, minhocas, artrópodes, répteis e até mesmo outras serpentes. A maioria das serpentes brasileiras são ovíparas com as fêmeas depositando ovos protegidos por uma casca coriácea.

Algumas espécies são vivíparas parindo seus filhos completamente formados envoltos por uma membrana transparente. Os ovos são colocados em locais estratégicos como tocas, cupinzeiros e troncos ocos caídos que apresentam temperatura e umidade adequadas para o desenvolvimento dos filhotes.

As serpentes podem apresentar hábitos terrestres, arborícolas, aquáticos e fossoriais (Figura 2). Podem ser encontradas em atividade (se locomovendo, se alimentando, acasalando) no ambiente durante o dia (espécies diurnas) ou a noite (espécies noturnas). Algumas espécies podem ser especialistas nos hábitos, período de atividade e de dieta; enquanto outras podem ter mais de um hábito, apresentar atividade diurna e noturna e se alimentar de presas diversas.



*Oxyrhopus trigeminus*, Falsa-coral



*Corallus hortulana*, Cobra-veadeira



*Erythrolamprus* sp., Cobra-d'água



*Micrurus lemniscatus*, Cobra-coral-verdadeira

**Figura 2.** Hábitos das serpentes: terrestre (A), arborícola (B), aquático (C) e fossorial (D)

©Thaís Guedes (A, B), ©Lucas Lima (C) e ©Paulo Bernarde (D)

As serpentes são o segundo maior grupo de répteis somando cerca de 3.971 espécies. No Brasil, existem 430 espécies de serpentes das quais apenas 71 espécies (pertencentes as famílias Elapidae e Viperidae) são consideradas peçonhentas de importância médica. Assim consideradas, por apresentam presas altamente desenvolvidas ligadas às glândulas de veneno localizadas internamente nas laterais da cabeça, atrás de cada olho. O veneno que produzem é uma rica e complexa mistura de proteínas, enzimas e peptídeos usado primariamente na captura de suas presas, podendo ser utilizado de forma secundária para defesa, levando ao envenenamento no seres humanos e outros animais causando agravos a saúde e necessitando de intervenção hospitalar.

O Estado do Maranhão, localizado na região Meio-Norte do Brasil, possui elevada riqueza de serpentes com 110 espécies das quais 17 são consideradas peçonhentas de importância médica. O estado apresenta a segunda maior diversidade de serpentes da região Nordeste e a 11ª posição em nível nacional. Além disso, é detentor da segunda maior incidência de acidentes ofídicos na região Nordeste e ocupa a 4ª posição em relação a todo o território brasileiro.

As serpentes sempre despertaram sentimentos de fascínio e medo, levando a criação de diversos mitos e superstições, frutos da imaginação e emoção humana, sendo proeminentes até hoje. Presentes em muitas religiões e culturas, como judaico-cristã, mitologia egípcia e outras, as serpentes são muitas vezes associadas a personagens malignos. Esse medo cultural que, na maioria das vezes, leva a morte indiscriminada das serpentes é devido, principalmente, a falta de informação adequada. As serpentes tem importância na natureza como predadores e presas de vários animais.

O potencial farmacológico ainda pouco explorado do seu veneno, pode trazer inúmeros benefícios para a humanidade. Fármacos já descobertos a partir do veneno de serpentes salvam vidas e melhoram a qualidade de vida da população, a exemplo do Captopril (utilizado no tratamento para pressão arterial), Aggrastat/Tirofiban (usado no tratamento de ataque cardíaco) e hemocoagulase (usado em cirurgias plásticas e cirurgias abdominais).

Classificado como Doença Tropical Negligenciada pela Organização Mundial da Saúde, acidentes causados por serpentes peçonhentas afetam cerca de 5 milhões de pessoas anualmente no mundo, levam cerca de 138.000 à óbito, além de lesionar gravemente mais de 2 milhões de vítimas. Associado à pobreza, atinge principalmente, trabalhadores rurais, de ambos os sexos (masculino e feminino), adultos e crianças que vivem em regiões remotas, pobremente desenvolvidas e politicamente marginalizadas, o que explica o descaso com o financiamento de pesquisas, ações preventivas e tratamentos médicos para lidar com esses tipos de agravos globalmente.

Direcionado a estudantes, pesquisadores e profissionais de diversas áreas e ao público geral, este livro tem como objetivo apresentar as serpentes peçonhentas de importância médica do estado do Maranhão e os acidentes ofídicos que ocasionam. Destacaremos a diversidade de espécies peçonhentas de importância médica, além das características epidemiológicas e clínicas dos acidentes que ocasionam. Direcionaremos esforços também com dicas prevenção de acidentes ofídicos e direcionamentos gerais de primeiros socorros caso acidentes ocorram.

Aproveitem a leitura e não matem as serpentes!

# Estado do Maranhão

O estado do Maranhão (Figura 3) está localizado na região Meio-Norte do Brasil e compreende uma área de 330 mil km<sup>2</sup> dividida em 217 municípios, sendo o oitavo maior estado brasileiro e o segundo maior da região nordeste em extensão territorial. Possui uma população estimada em 6.574.789 habitantes, sendo 63% concentrada na zona urbana e 37% na zona rural. Com uma densidade populacional de 19,81 hab/km<sup>2</sup>, ocupa a 25<sup>a</sup> posição no ranking do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), 17<sup>a</sup> no Produto Interno Bruto do país (PIB) e oitava colocação no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), se configurando como um estado pobre em recursos econômicos e pouco desenvolvido.

O estado contempla paisagens naturais de dois biomas brasileiros: Cerrado e Amazônia (Figura 3). Apresenta clima tropical úmido, temperaturas médias anuais superiores a 26°C e índices pluviométricos de aproximadamente 700 mm na região centro-sul e superiores a 2.200 mm na região centro-norte do estado, maiores níveis de precipitação de janeiro a junho. Possui 10 bacias hidrográficas e sua rede fluvial é banhada pelos rios Mearim, Itapecuru, Munim, Turiaçú, Maracaçumé, Preguiças e Periaá. Apresenta alto grau de desmatamento e fragmentação florestal, uma vez que está inserido dentro do arco de desmatamento da Amazônia e grande parte do território maranhense possui produção agrícola e pecuária, que vem apresentando aumento nos últimos anos.

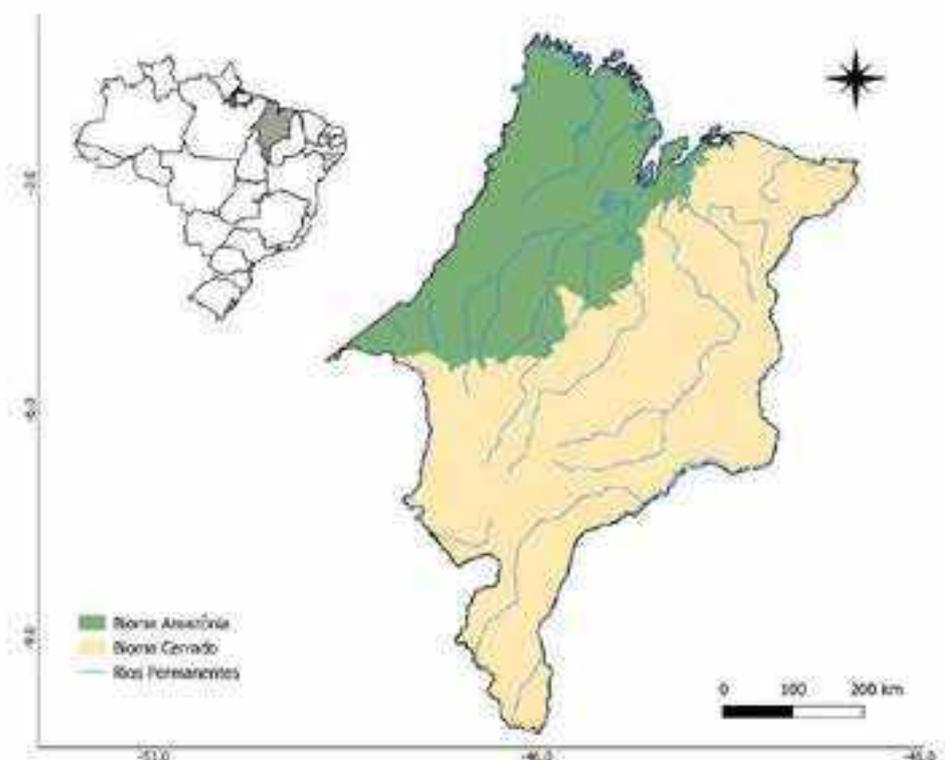


Figura 3. Localização geográfica e principais biomas do Estado do Maranhão



Cerrado, Parque Nacional Chapada das Mesas. Carolina/MA ©Breno Hamdan



Buritizaís, Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum. Caxias/MA ©Priscila Olímpio



Mata de Galeria, Carolina/MA ©Breno Hamdan



Cerrado, Babaçulândia/MA ©Breno Hamdan

# Características das serpentes peçonhentas

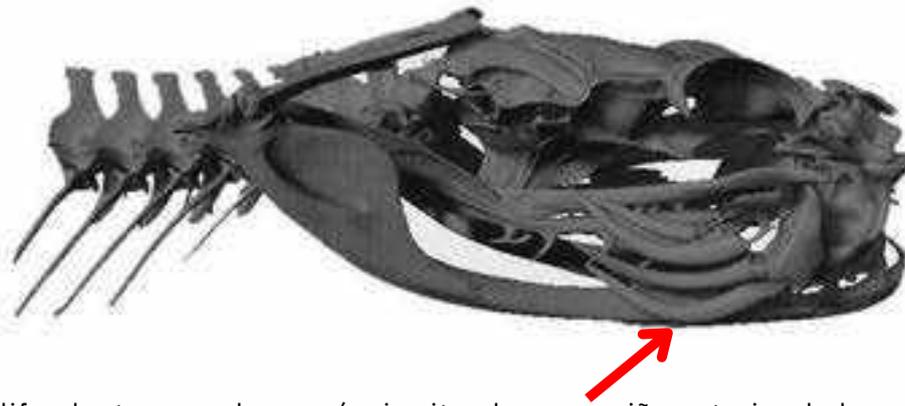
No Brasil, duas famílias de serpentes são consideradas peçonhentas de importância médica: **VIPERIDAE** (gêneros *Bothrops*, *Crotalus* e *Lachesis*) e **ELAPIDAE** (gênero *Micrurus*).

As serpentes peçonhentas da família Viperidae (jararacas, cascavéis e surucucus-pico-de-jaca) possuem **fosseta loreal**, orifício sensível ao calor localizado entre a narina e olho. Além disso, as serpentes dessa família apresentam **dentição solenóglifa**, presença de **escamas carenadas** e a ponta da cauda pode ser lisa (jararacas), ter um chocalho (cascavéis) ou escamas eriçadas (surucucu-pico-de-jaca).

As serpentes peçonhentas da família Elapidae (cobras-corais ou corais-verdadeiras), apresentam **dentição proteróglifa**, possuem **olho de tamanho reduzido** (difícil de observar), escamas lisas e **cauda curta**. A maioria das espécies apresentam padrão de coloração “coralino” (anéis pretos, brancos/amarelos e vermelhos). Identificá-las em campo é sempre muito difícil, pois existem espécies não-peçonhentas (falsas-corais) que são muito parecidas. Portanto, sempre muito cuidado ao encontrar uma serpente com esse padrão coral e, nunca manuseiem serpentes. Vale ressaltar que algumas espécies de corais amazônicas não seguem esse padrão de cor pelo corpo.



Fosseta loreal: orifício presente entre o olho e a narina e capaz de detectar calor. Presente em viperídeos. *Bothrops moojeni*, Jararaca-de-Vereda ©Paulo Bernarde



Dentição solenóglifa: dentes grandes e móveis situados na região anterior da boca, conectados a glândulas de veneno e com presença de canais por onde percorre o veneno. Tomografia computadorizada do crânio de um viperídeo (*Crotalus atrox*). ©ummzherps11004. Fonte: arca87602m4M44010



Características da família Elapidae: olho de tamanho reduzido, escamas lisas e cauda curta. *Micrurus lemniscatus*, cobra-coral-verdadeira ©Glauco Oliveira



Dentição proteróglifa: dentes pequenos e pouco móveis situados na região anterior da boca, conectados a glândulas de veneno e com presença de canais por onde escorre o veneno. Tomografia computadorizada do crânio de um elapídeo (*Micrurus spixii*). ©kukuh222205 Fonte: arca87602m4M82900



*Bothrops*



*Crotalus*



*Lachesis*



*Micrurus*

**VIPERIDAE**

**ELAPIDAE**

*Bothrops brazili*, jararaca-vermelha ©Paulo Bernarde, *Crotalus durissus*, cascavel ©Igor Roberto  
*Lachesis muta*, surucucu-pico-de-jaca ©Paulo Bernarde, *Micrurus surinamensis*, cobra-coral-  
verdadeira ©William W. Lamar

# Família Viperidae

A família Viperidae possui três gêneros: **Bothrops** (jararacas), **Crotalus** (cascavéis) e **Lachesis** (surucucu-pico-de-jaca).

Possuem dentição solenóglifa, com presas grandes, móveis e ocas (como uma agulha de injeção), localizadas na região anterior da boca, que estão perfeitamente ligadas a glândulas de veneno. Quando em repouso, essas presas permanecem paralelas ao crânio e no momento do ataque atingem uma projeção de até 90°, sendo as mais eficientes na inoculação da peçonha. Evidências apontam que serpentes peçonhentas desta família podem controlar voluntariamente a quantidade de veneno liberado durante uma picada.

No Brasil, todos os representantes desta família possuem fosseta loreal, um orifício entre o olho e a narina ligado a um órgão sensorial termorreceptor capaz de detectar variações mínimas de temperatura auxiliando na captura de presas endotérmicas. Podem ser diferenciadas pela forma final da cauda: as surucucus-pico-de-jaca apresentam cauda com escamas eriçada e escama final modificada em formato de espinho, as cascavéis possuem um chocalho ao final da cauda e as jararacas possuem cauda com escamas lisas (Figura 4).

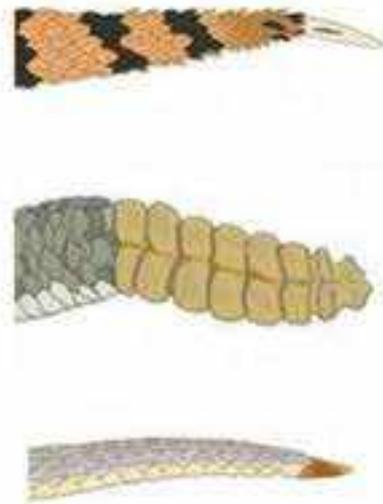


Figura 4. Característica das caudas das serpentes da família Viperidae. De cima para baixo: surucucu-pico-de-jaca, cascavel e jararaca. ©Marcus Buononato

Os viperídeos apresentam hábitos predominantemente noturnos, mas podem ser encontrados no período diurno durante sua atividade de termorregulação. Embora peçonhentas, são predadas por aves (gaviões e garças) e mamíferos (gambás, cachorro-do-mato e furões). Para evitar o contato com um possível predador, apresentam alguns mecanismos de defesas como permanecer imóvel, fugir, emitir sons feitos pela vibração do chocalho (cascavéis) e vibração da cauda contra o substrato (surucucus-pico-de-jaca e jararacas) e quando o confronto é inevitável podem disferir botes. São vivíparas com exceção das espécies do gênero *Lachesis* que é ovípara.

# Família Elapidae

No Brasil, a família Elapidae é representada por dois gêneros: *Leptomicrurus* (três espécies) e *Micrurus* (35 espécies). Este último possui elevada diversidade e é considerado de importância médica, com espécies popularmente conhecidas por cobras-corais-verdadeiras em referência aos anéis coloridos ao longo do corpo (preto, vermelho, branco ou amarelo), com exceção de algumas espécies amazônicas (*Micrurus albicinctus* e *Micrurus hemprichii*).

Apresentam dentição do tipo proteróglifa, com um par de dentes pequenos, localizados na parte anterior da maxila, com um canal por onde percorre o veneno produzido na glândula de veneno. São ovíparas, possuem hábitos noturnos e diurnos, semifossoriais vivendo na serrapilheira e camada superficial do solo e algumas espécies são aquáticas. No geral, possuem comportamento pouco agressivo visando mais confundir os predadores do que atacá-los. Possuem vários mecanismos para intimidar um predador, como esconder a cabeça e enrolar a cauda, tanatose, imobilidade, fuga, movimentos erráticos, achatamento dorsoventral do corpo e botes curtos.



*Micrurus hemprichii*  
cobra-coral-escura  
©Vinicius T. Carvalho

Devido ao seu hábito semifossorial, apresentam uma morfologia corporal adaptada, como ossos e musculatura cranianos fortalecidos, cabeça oval, olhos pequenos e pescoço pouco destacado da cabeça. Embora peçonhentas, possuem um elevado número de predadores, como aves, furões, falcões, gambás e jacarés. Suas limitações anatômicas e funcionais, seu hábito de vida e a pouca agressividade explicam o baixo número de acidentes envolvendo essas espécies (1% dos acidentes ofídicos).

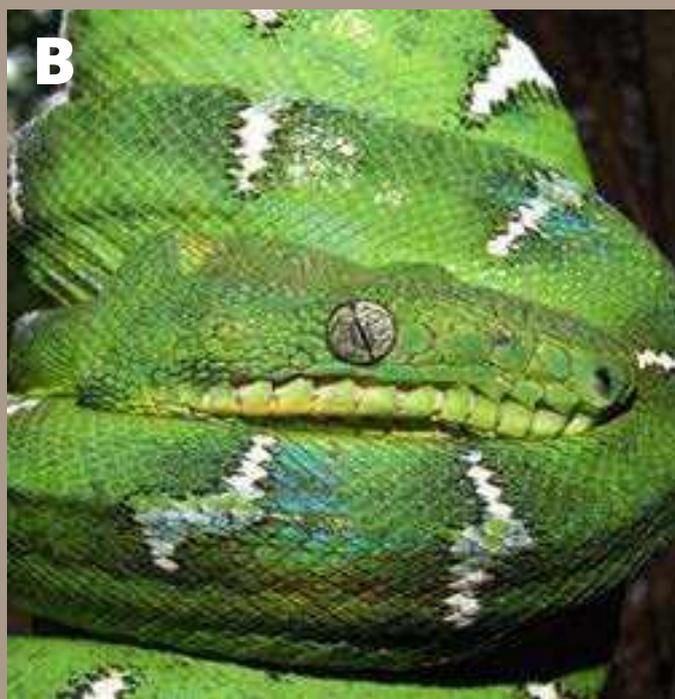
# Não são características importantes no reconhecimento de serpentes peçonhentas de importância médica

Existe uma concepção errada sobre a identificação das serpentes peçonhentas brasileiras. Algumas características usadas nesta identificação e disseminadas entre a população leiga se aplicam muito mais a características ligadas ao uso do ambiente pelas espécies do que no reconhecimento de espécies de importância médica. Portanto, características como **pupila do olho vertical, cabeça triangular, cauda que afina bruscamente, pele “cascuda” parecendo “casca de arroz” (escamas carenadas), dentre outras NÃO servem para identificar as serpentes peçonhentas de importância médica.**

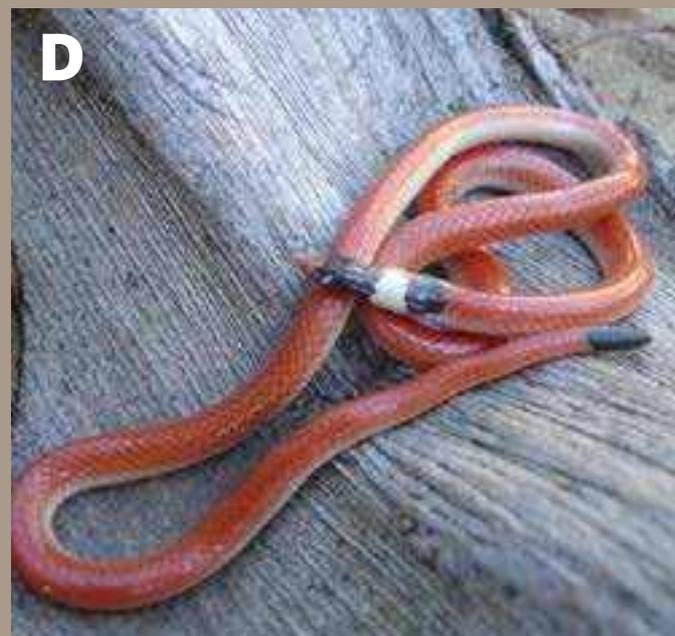
A pupila vertical está associada ao período de atividade da serpente, pupila redonda em espécies diurnas e vertical ou elíptica em espécies noturnas ou crepusculares. Caudas afinadas são típicas de serpentes de hábitos arborícolas ou terrestres e caudas mais robustas e curtas estão presentes em serpentes fossoriais, por exemplo.

A jiboia (*Boa constrictor*) e a suaçuboia (*Corallus hortulanus*) possuem pupila vertical e cabeça triangular, mas não são serpentes peçonhentas de importância médica. A cobra-d'água (*Helicops angulatus*) apresenta escamas cascudas (carenadas) e também não são serpentes peçonhentas de importância médica.

O padrão de coloração de algumas espécies também contribui para identificações errôneas. Serpentes com desenhos em formato triangular ou avermelhadas são quase sempre associadas ao perigo. Mas, isso é apenas uma forma de mimetizar (imitar) algo perigoso, usando essa característica para afastar possíveis predadores. São exemplos a boipeva ou jaracuçu-dourado (*Xenodon merremii*), que por apresentarem desenhos triangulares são associadas as jararacas e cascavéis; e a coralzinha ou cobra-de-ferrão (*Apostolepis cearensis*), muito relacionada as corais-verdadeiras devido sua coloração avermelhada.



Cabeça triangular em (A) *Boa constrictor*, jiboia e pupila vertical em (B) *Corallus batesii*, cobra-de-papagaio, duas espécies de serpentes não peçonhentas ©Paulo Bernarde



(C) Serpente com desenhos em formato triangular, muito confundida com cascavéis e jararacas *Xenodon merremii*, boipeva ©Felipe P. Sena. (D) Serpente de padrão coral, muito confundida com corais-verdadeiras ©Thaís Guedes

Ao encontrar uma serpente com essas características, mantenha distância e deixa-a seguir seu caminho. Serpentes são animais importantes para o bom funcionamento dos ecossistemas.

# Serpentes Peçonhentas do Maranhão

## VIPERIDAE

*Bothrops atrox* (LINNAEUS, 1758)

---

*Bothrops bilineatus* (WIED-NEUWIED, 1821)

---

*Bothrops brazili* HOGE, 1954

---

*Bothrops lutzi* (MIRANDA-RIBEIRO, 1915)

---

*Bothrops marajoensis* HOGE, 1966

---

*Bothrops moojeni* HOGE, 1966

---

*Bothrops taeniatus* WAGLER, 1824

---

*Crotalus durissus* LINNAEUS, 1758

---

*Lachesis muta* (LINNAEUS, 1766)

## ELAPIDAE

*Micrurus brasiliensis* ROZE, 1967

---

*Micrurus filiformis* (GÜNTHER, 1859)

---

*Micrurus hemprichii* (JAN, 1858)

---

*Micrurus ibiboboca* (MERREM, 1820)

---

*Micrurus lemniscatus* (LINNAEUS, 1758)

---

*Micrurus paraensis* CUNHA & NASCIMENTO, 1973

---

*Micrurus spixii* WAGLER, 1824

---

*Micrurus surinamensis* (CUVIER, 1816)

# *Bothrops atrox*

Nomes comuns: Jararaca, Jararaca-Açu, Jararaca-da-Amazônia, Jararaca-do-Norte, Jararaca-do-Rabo-Branco, Surucucu, Surucucu-da-Várzea, Surucucu-do-Barranco.



Serpentes de tamanho grande (1 a 1,5 m de comprimento). Apresentam dentição solenóglifa, fosseta loreal e pupila vertical. São vivíparas de hábitos noturnos, mas também podem ser encontradas durante o dia. Amplamente distribuídas em áreas florestais do bioma Amazônia e também pode ser encontrada em lavouras, pastagens e áreas alagadas próximas de rios e córregos. São terrestres, mas podem ser vistas sobre a vegetação em até 1,5m de altura, especialmente quando filhotes. Alimentam-se de sapos, lagartos, roedores, centopeias, aves e marsupiais.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia

**Registrada nos municípios:** Açailândia, Alto Alegre do Pindaré, Araiões, Arari, Barra do Corda, Barreirinhas, Bequimão, Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas, Brejo de Areia, Cajari, Cândido Mendes, Centro Novo do Maranhão, Estreito, Grajaú, Icatu, Jenipapo dos Vieiras, Junco do Maranhão, Nova Olinda do Maranhão, Pindaré-Mirim, São Bento, Santa Luzia do Paruá, Santa Luzia, Urbano Santos.



# *Bothrops bilineatus*

Nomes comuns: Jararaca, Surucucu-pingo-de-ouro, Cobra-Papagaio, Surucucu-de-Ouricana, Paramboia, Uriçana, Pinta-de-Ouro.



Serpentes delgadas, raramente ultrapassam 1 m de comprimento. Apresentam coloração verde-clara com algumas “pintas” amarelas. Possuem dente solenóglifa, fosseta loreal e pupila vertical. São vivíparas, de hábito arborícola (50cm até 8m de altura) e noturno. São encontradas em áreas florestais próximo a cursos d’água e são pouco frequentes em ambientes antropizados. Se alimentam geralmente de sapos, lagartos, pequenos mamíferos como roedores, marsupiais e morcegos e aves, além de outras serpentes.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia

**Registrada no município:** Luís Domingues.



# *Bothrops brazili*

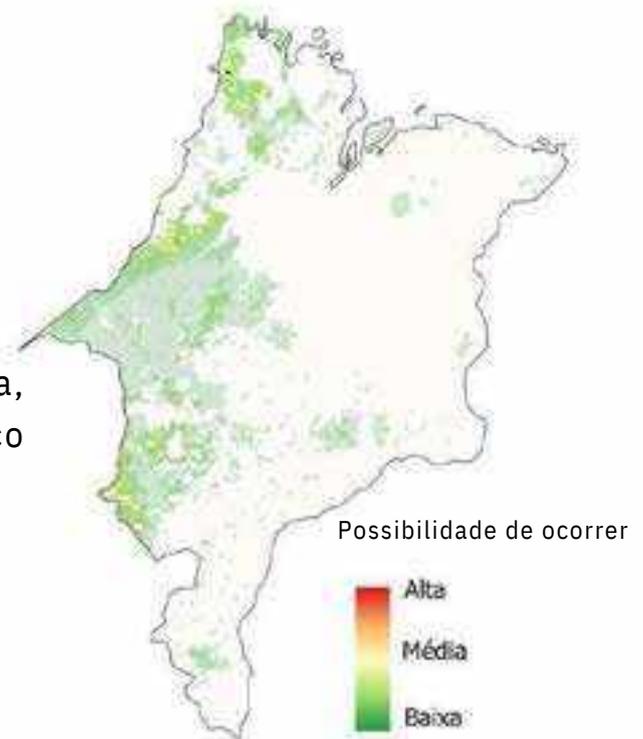
Nomes comuns: Jararaca, Jararaca-Vermelha, Surucucurana-de-Fogo, Surucucu-Vermelha, Jararacuçu.



Serpente de tamanho grande (1,20 m de comprimento). Possuem denticção solenóglifa, fosseta loreal e pupila vertical. São vivíparas, noturnas e terrestres, habitando áreas de florestas bem preservadas. Apresentam coloração amarronzada com tons avermelhados e desenhos escuros na forma de triângulo. Alimentam-se de roedores, lagartos, anuros e centopeias. Espécie rara de ser encontrada na natureza.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia

**Registrada nos municípios:** Carolina, Estreito, Centro Novo do Maranhão, Junco do Maranhão.



# *Bothrops lutzi*

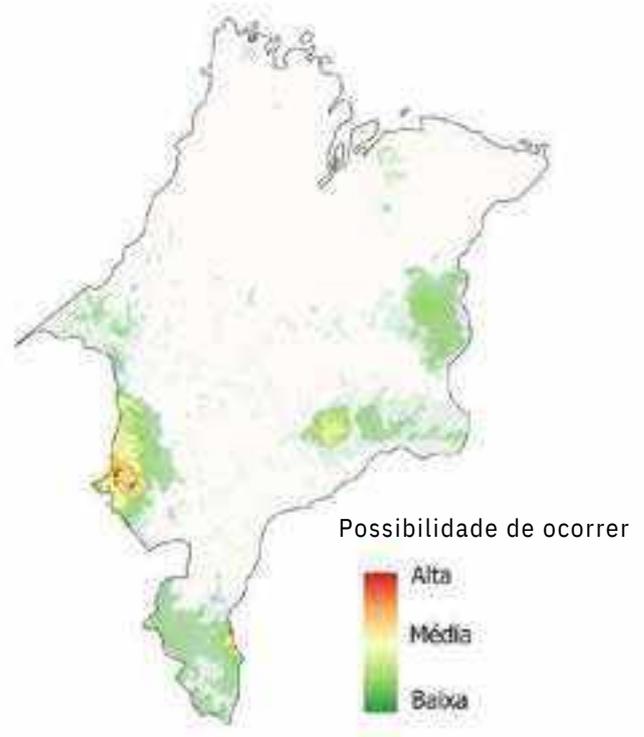
Nomes comuns: Boca-de-Sapo, Jararaca, Jararaca-do-Cerrado, Jararaca-do-Sertão, Jararaca-Pintada, Tira-Peia.



Serpentes de médio porte amplamente distribuídas pelo nordeste do Brasil. Possuem fosseta loreal, pupila vertical, dentição solenóglifa, hábitos terrestres, são noturnas e vivíparas. São observadas em regiões de campos e savanas de solos arenosos da Caatinga e Cerrado. Alimenta-se principalmente de mamíferos, caçando por emboscada.

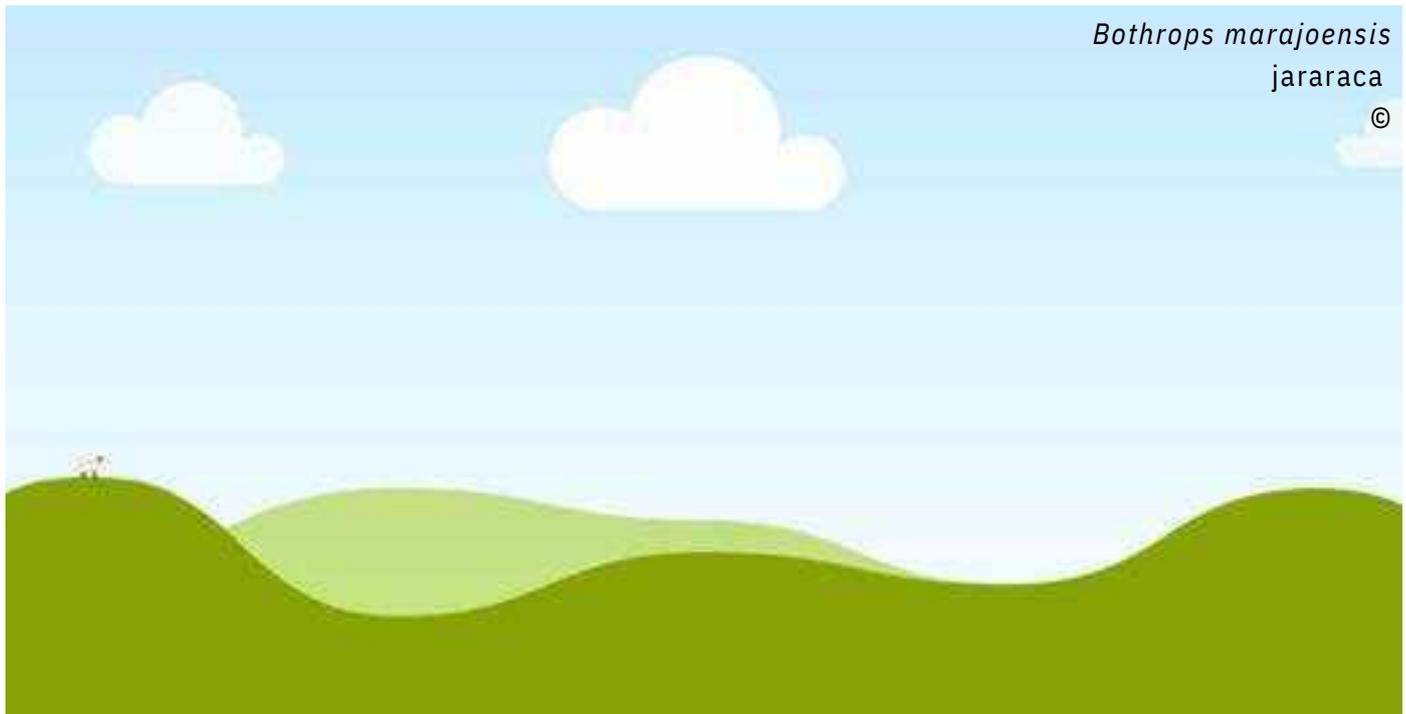
**Bioma de ocorrência:** Cerrado

**Registrada no município:** Carolina.



# *Bothrops marajoensis*

Nomes comuns: Caissaca-de-Marajó, Jararaca.



Serpentes de tamanho médio porte, vivípara, possuem fosseta loreal, pupila vertical e dentição solenóglifa. Restrita ao leste da Amazônia, é observada em áreas de floresta, regiões alagadas, savanas e zonas perturbadas.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia

**Registrada nos municípios:** Bom Jesus das Selvas, Alto Alegre do Pindaré, Pinheiro, São Bento, São Luís, Turiaçu, Brejo de Areia.



# *Bothrops moojeni*

Nomes comuns: Jararaca-de-Vereda, Jararaca-do-Cerrado, Jararacão, Jararaquinha-do-Rabo-Branco, Jararaca, Caiçaca, Caiçara.



Serpente de tamanho grande (1,6 m de comprimento). São vivíparas, apresentam fosseta loreal, pupila vertical e dentição solenóglifa. São terrestres, mas eventualmente podem ser encontradas em galhos. Noturnas e crepusculares, encontradas em matas de galerias e brejos próximo aos cursos d'água e regiões de palmeirais, se adapta bem a ambientes modificados como áreas de pastagens e campos. Alimentam-se de rãs, lagartos, pequenos roedores, aves, centopeias e outras serpentes.

**Bioma de ocorrência:** Cerrado

**Registrada nos municípios:** Carolina, Estreito, Jenipapo dos Veiras, Pindaré-Mirim.



# *Bothrops taeniatus*

Nomes comuns: Jararaca-Cinza, Jararaca-Cinzenta, Jararaca-Musgo, Jararaca, Comboia.



Serpentes de tamanho médio a grande (até 1,5 m de comprimento). Vivíparas, dentição solenóglifa, pupila vertical, com fosseta loreal. Possuem hábitos arborícolas e noturnos. São encontradas em áreas de florestas e bordas florestais. Alimentam-se principalmente de lagartos, anuros, pequenos mamíferos, aves e centopeias.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia

**Registrada nos municípios:** Açailândia, Centro Novo do Maranhão, Junco do Maranhão.



# *Crotalus durissus*

Nomes comuns: Cascavel, Cascavel-de-Quatro-Ventas, Cobra-de-Chocalho, Cobra-de-Guizo, Maracamboia, Surucucu-Cascavel.

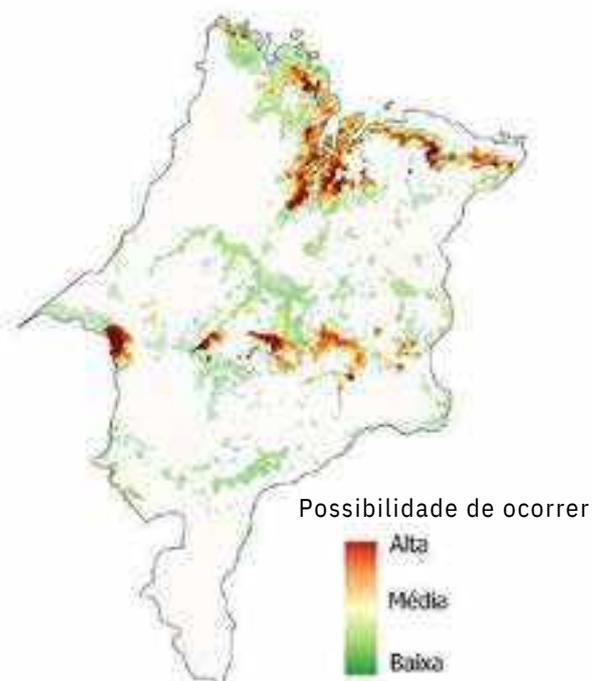


*Crotalus durissus*  
cascavel  
©Glauco Oliveira

Serpentes tamanho de grande (1,80 m de comprimento). Vivípara, dentição solenóglifa, possuem fosseta loreal e pupila vertical. São terrestres, hábitos noturnos e diurnos. Sua característica marcante é a presença de um chocalho na ponta da cauda que emite um som característico ao ser chacoalhado quando a serpente se sente ameaçada. São típicas de áreas abertas e secas e também ocorrem em áreas abertas perturbadas. Alimentam-se de lagartos e pequenos mamíferos como roedores e marsupiais.

**Bioma de ocorrência:** Cerrado

**Registrada nos municípios:** Imperatriz, Grajaú, Barra do Corda, Itaipava do Grajaú, Colinas, Parnarama, Coelho Neto, Rosário, São Luís, São Bento, Santa Luzia, Urbano Santos, São José de Ribamar, Mirinzal, Luís Domingues, Santo Antônio dos Lopes, São Luís Gonzaga do Maranhão, Timon, Tutoia, Itapecuru Mirim, Arari, Vitória do Mearim, Bacabeira.



# *Lachesis muta*

Nomes comuns: Bico-de-Jaca, Pico-de-Jaca, Surucucu, Surucucu-Cospe-Fogo, Surucucu-Pico-de-Jaca, Surucucu-Rabo-de-Mucura, Surucucutinga, Surucutinga.



A maior serpente peçonhenta das Américas, podendo atingir até 3,5 m de comprimento. Dentição solenóglifa, pupila vertical e fosseta loreal. São ovíparas, terrestres, de hábitos noturnos e crepusculares, mas podem ser encontrados durante o dia em repouso. São encontradas florestas fechadas, áreas perturbadas e de plantações. Característica marcante é a presença de escamas eriçadas na ponta da cauda. Alimenta-se de pequenos mamíferos como marsupiais, cutias e esquilos.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia

**Registrada nos municípios:** Centro Novo do Maranhão, Centro do Guilherme, Boa Vista do Gurupi.



# *Micrurus brasiliensis*

Nomes comuns: Cobra-Coral, Coral, Coral-Verdadeira, Cobra-Coral-do-Leste



Serpentes de tamanho médio (67 cm de comprimento). Apresentam dentição proteróglifa. São ovíparas, de hábitos fossoriais e podem ser encontradas tanto durante a noite quanto ao dia. Possuem padrão de coloração triadal, com anéis pretos e brancos, separados por anéis vermelhos (as vezes alaranjados). São fossoriais, vivem em campos e se alimentam de animais de corpo alongado.

**Bioma de ocorrência:** Cerrado

**Registrada nos municípios:** Balsas, Carolina e Estreito.



# *Micrurus filiformis*

Nomes comuns: Cobra-Coral-Comprida, Cobra-Coral-Fina, Cobra-Coral-Vermelha, Coral-Verdadeira.



Serpente de tamanho pequeno (50 cm de comprimento). Ovíparas, dentição proteróglifa. Apresentam um padrão de coloração triadal, com anéis pretos, brancos mais estreitos e anéis vermelhos mais largos que os pretos. Essas serpentes se alimentam de cobras-de-duas-cabeças e pequenas serpentes. São geralmente encontradas em remanescentes de florestas bem preservadas.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia

**Registrada nos municípios:** Centro Novo do Maranhão, Itinga do Maranhão, Junco do Maranhão, Monção, Pindaré-Mirim, São Raimundo do Doce Bezerra, Zé Doca.



# *Micrurus hemprichii*

Nomes comuns: Cobra-Coral, Cobra-Coral-Escura, Coral-Verdadeira.



Serpentes de tamanho médio (1 m de comprimento). São ovíparas, dentição proteróglifa. Apresentam padrão de coloração triadal, com anéis pretos muito longos, anéis brancos curtos separados por anéis amarelos levemente alaranjados. Possuem hábitos fossoriais e criptozóicos. São encontradas durante o dia e a noite, preferem florestas preservadas. Se alimentam de lagartos, cobras-de-duas-cabeças e outras serpentes.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia

**Registrada nos municípios:** Centro Novo do Maranhão, Junco do Maranhão, Pinheiro, Presidente Médici, Presidente Sarney, São João do Caru.



# *Micrurus ibiboboca*

Nomes comuns: Cobra-Coral, Cobra-de-Coral, Cobra-Corá, Coral-Verdadeira, Ibiboboca.



Serpentes de tamanho médio (1 m de comprimento). São ovíparas, dentição proteróglifa. Apresentam padrão de coloração do corpo triadal, com anéis pretos geralmente de tamanhos iguais assim como os anéis brancos, separados por anéis vermelhos mais longos que os pretos. Possui hábito terrestre, ocorrendo em florestas, áreas abertas e perturbadas. São ativas durante o dia e noite e, alimentam-se de répteis de corpo alongado como as cobras-de-duas-cabeças.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia e Cerrado

**Registrada nos municípios:** Barreirinhas, Codó, São José de Ribamar, Timbiras, Timon, Tuntum, Urbano Santos.



# *Micrurus lemniscatus*

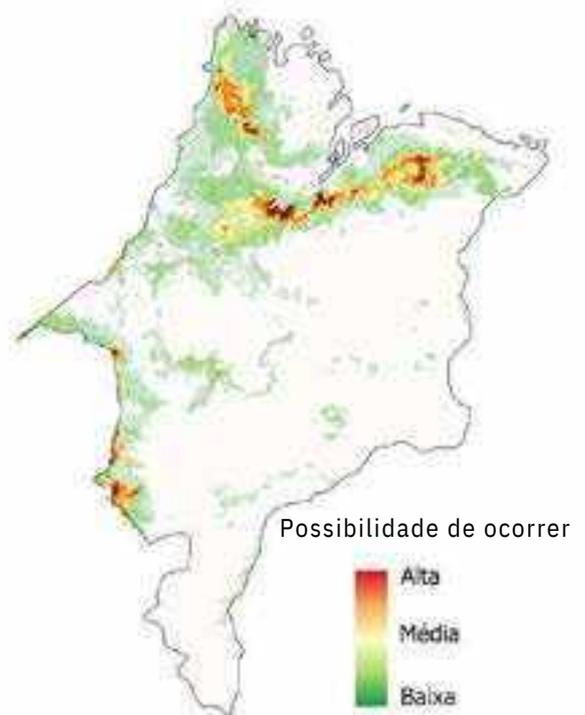
Nomes comuns: Cobra-Coral, Cobra-Coral-de-Bigode, Cobra-Coral-da-Guiana, Cobra-Coral-Vermelha, Coral, Coral-Verdadeira.



Serpentes de tamanho grande (1,39 m de comprimento). São ovíparas, possuem dentição proteróglifa. Apresentam um padrão de coloração triadal com anéis brancos separados por anéis vermelhos rosados ou alaranjados de comprimento semelhante ou maiores que os brancos. Podem ser encontrados durante o dia e noite. São principalmente criptozóicas e também fossoriais, terrícolas e aquáticas. Alimentam-se de cecílias ou cobras-cegas, lagartos, cobras-de-duas-cabeças e peixes de corpo alongado.

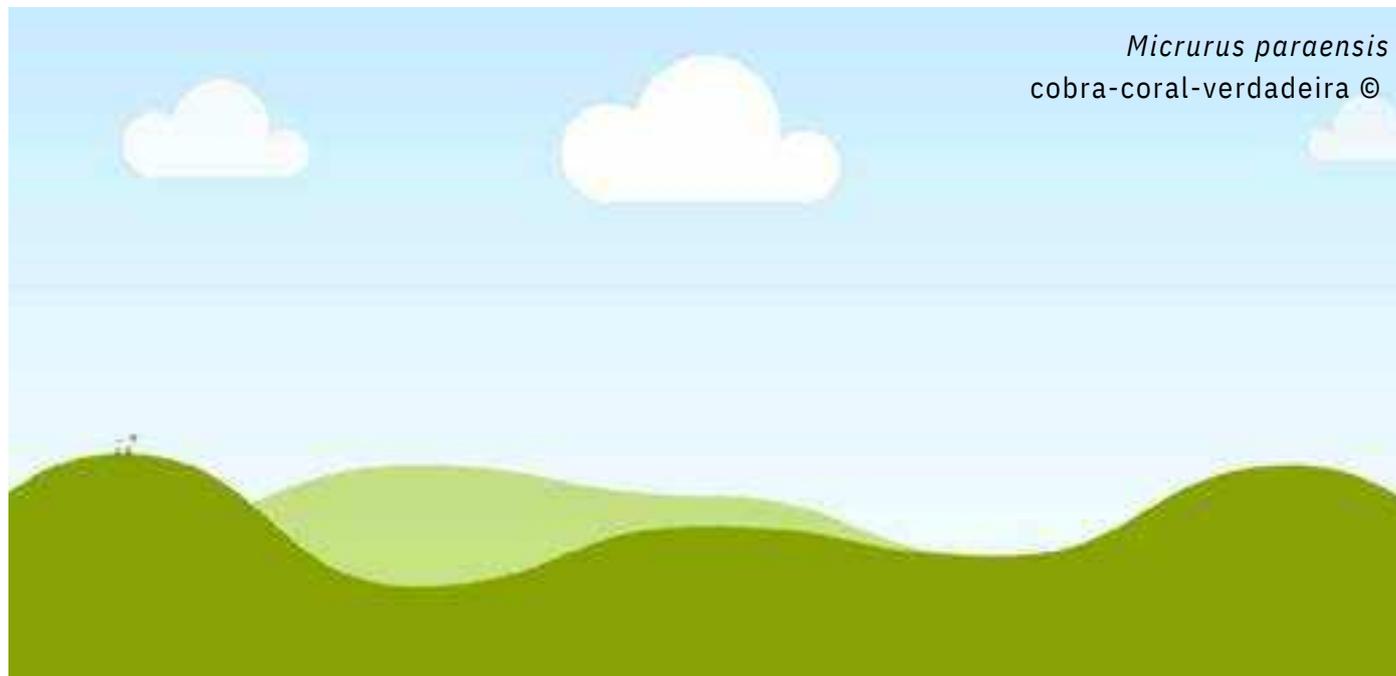
**Bioma de ocorrência:** Amazônia e Cerrado

**Registrada nos municípios:** Arari, Alto Alegre do Pindaré, Carolina, Centro Novo do Maranhão, Grajaú, Imperatriz, Itapecuru-Mirim, Itinga do Maranhão, Junco do Maranhão, Monção, Santa Inês, Santa Luzia do Paruá, Pindaré-Mirim, Urbano Santos.



# *Micrurus paraensis*

Nomes comuns: Cobra-Coral, Coral, Coral-Verdadeira, Cobra-Coral-Paraense, Cobra-Coral-do-Pará.



Possuem tamanho de médio porte podendo atingir 64 cm de comprimento. Dentição proteróglifa, são ovíparas, pupila do olho escura e arredondada, não possuem fosseta loreal. O corpo apresenta um padrão de coloração monadal, com anéis pretos curtos, anéis brancos extremamente curtos separados por anéis vermelhos mais largos do que os pretos. Alguns indivíduos podem apresenta ausência de anéis pretos e brancos. Habita áreas florestadas úmidas, capoeiras e áreas perturbadas. São fossoriais e criptozoicas. Poucos se sabe a respeito de sua alimentação, apenas que predam outras serpentes.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia e Cerrado

**Registrada nos municípios:** Alcântara, Barra do Corda, Junco do Maranhão, Pedro do Rosário.



# *Micrurus spixii*

Nomes comuns: Cobra-Coral, Cobra-Coral-de-Pescoço-Amarelo, Cobra-Coral-Vermelha, Coral, Coral-Verdadeira.



*Micrurus spixii*  
cobra-coral-verdadeira  
©Diego J. Santana

Serpentes de tamanho médio a grande (1,6 m de comprimento). Ovíparas, dentição proteróglifa. Coloração de padrão triadal, com anéis pretos longos, anéis amarelados separados por anéis vermelhos de comprimento semelhante ou maiores que os anéis amarelos e maiores que os pretos. Apresentam hábitos diurnos e noturnos. Tem hábito criptozóico sendo encontradas embaixo das folhas no chão de florestas conservadas e ocasionalmente terrestres e fossoriais. Se alimentam de lagartos, cobras-de-duas-cabeças e outras serpentes.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia e Cerrado

**Registrada nos municípios:** Açailândia, Carolina, Cidelândia, Barra do Corda, Itapecuru-Mirim, Junco do Maranhão, Pindaré-Mirim.



# *Micrurus surinamensis*

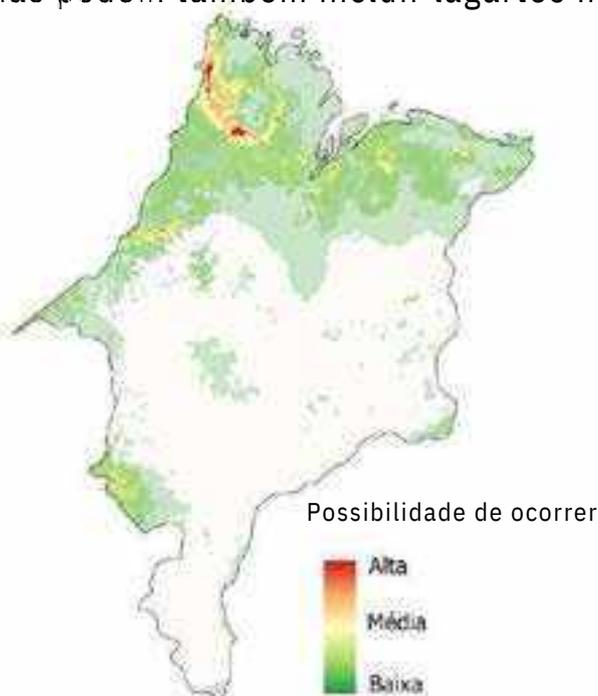
Nomes comuns: Cobra-Coral, Cobra-Coral-Aquática, Cobra-Coral-D'água, Cobra-Coral-de-Cabeça-Vermelha, Coral, Coral-Verdadeira.



Serpentes de tamanho médio a grande (1,26 m de comprimento). Ovíparas e com denticção proteróglifa. Coloração de padrão triadal, com longos anéis pretos, anéis amarelos/cremes pálidos curtos separados por longos anéis vermelhos, que podem ser quase do mesmo tamanho dos anéis pretos ou mais curtos. Hábitos noturnos e diurnos, são encontradas na serrapilheira, próximos a córregos, riachos, corpos d'água, em florestas preservadas, áreas abertas e perturbadas. Se alimentam, principalmente, de peixes de corpo alongado, mas podem também incluir lagartos na dieta.

**Bioma de ocorrência:** Amazônia e Cerrado

**Registrada nos municípios:** Anajatuba, Arari, Carolina, Centro Novo do Maranhão, Junco do Maranhão, Pinheiro, Santa Luzia do Paruá.



# Envenenamento por serpentes peçonhentas de importância médica

Cada grupo de serpente peçonhenta produz veneno com propriedades químicas e farmacológicas específicas, causando sintomas característicos. Assim, os sintomas estão associados ao gênero de serpente envolvida no acidente e a quantidade de peçonha inoculada. Com base nisso, o médico identificará a serpente causadora do acidente e iniciará o tratamento utilizando o soro antiofídico adequado para cada caso.

## Acidentes Botrópicos

Ocasionados por serpentes do gênero *Bothrops*, conhecidas popularmente por jararacas. No Brasil, são responsáveis por 90% dos acidentes com serpentes peçonhentas.

Os primeiros sintomas do veneno botrópico aparecem no local da picada como: dor, inchaço e pele arroxeadada ou avermelhada no local da picada, que podem estender para todo o membro acometido; além de, hemorragia e bolhas locais. Sem tratamento, o quadro se agrava e sintomas sistêmicos passam a ser observados como abscesso, gengivorragia, hipotensão arterial, necrose, insuficiência renal aguda e insuficiência respiratória.

Acidente botrópico. Picada provocada por *Bothrops atrox* no tornozelo. A imagem evidencia o local da picada com a presença da marca da mordedura e edema (inchaço) no local da picada. ©Thaís Guedes arquivo pessoal



## **Acidentes Crotálicos**

Causados pelas serpentes do gênero *Crotalus*, as cascáveis. No Brasil, são responsáveis por 7% dos acidentes, é o segundo causador de acidentes por serpentes peçonhentas.

No local da picada os sintomas são discretos como dor, inchaço e vermelhidão, além da sensação de formigamento/dormência que pode evoluir para a raiz do membro atingido. Os sintomas mais característicos deste tipo de acidente são sistêmicos: visão turva/dupla, dificuldade de abrir os olhos, “cara de bêbado”, dor muscular e dor de cabeça. Além disso, pode causar escurecimento da urina, insuficiência respiratória e insuficiência renal aguda.

## **Acidentes Laquéticos**

Ocasionado por serpentes do gênero *Lachesis*, as surucucus-pico-de-jaca. No Brasil, são responsáveis por 1% do número de acidentes causados por serpentes peçonhentas.

Os sintomas deste tipo de acidente são semelhantes aos do acidente botrópico, com presença de sintomas no local da picada. Dor local intensa, inchaço, formação de bolhas, gengivorragia, pele arroxeadada ou avermelhada, sudorese e hemorragia local. Sem tratamento, podem aparecer sintomas sistêmicos como a manifestação de vômito, dor abdominal, diarreia, hipotensão arterial, bradicardia (batimentos cardíacos mais lentos) e insuficiência renal aguda.

## Acidentes Elapídicos

Ocasionado por serpentes do gênero *Micrurus*, as cobras-corais-verdadeiras. No Brasil, são responsáveis por 1% dos acidentes causados por serpentes peçonhentas.

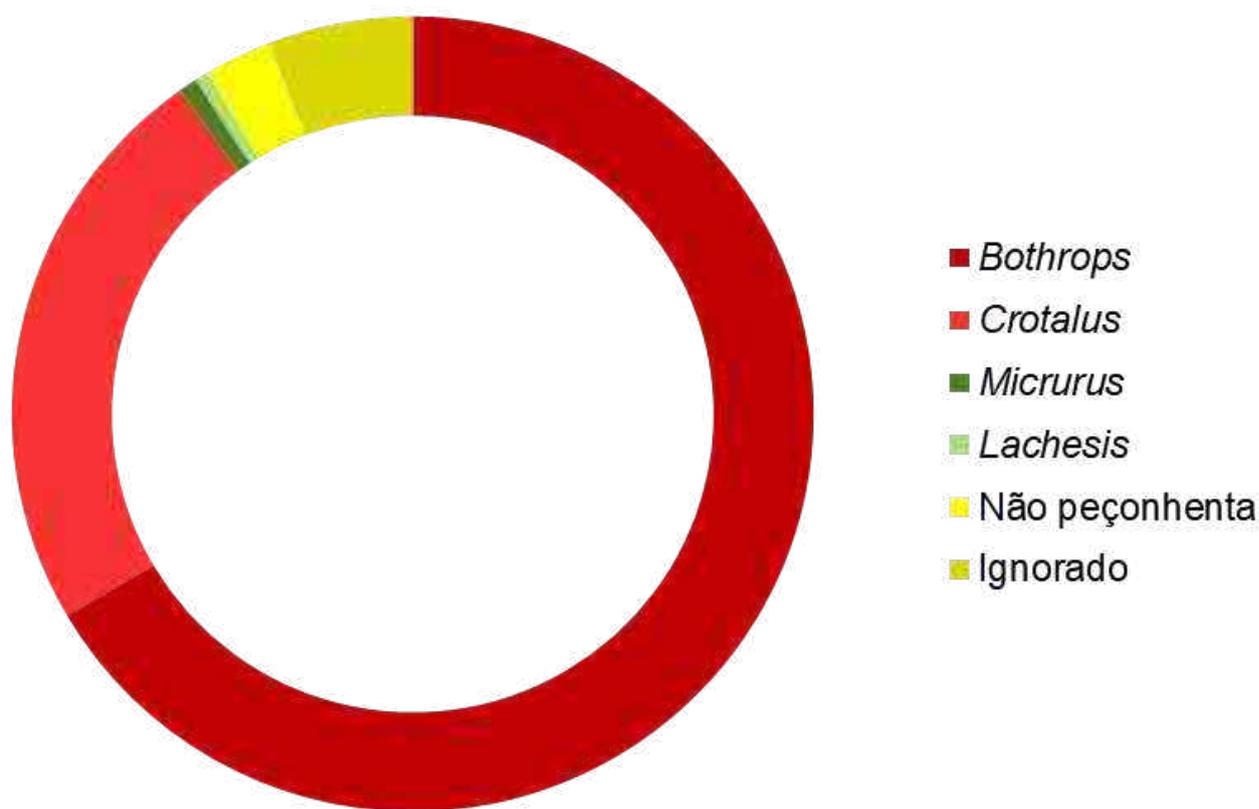
Esse tipo de acidente pode manifestar poucos sintomas no local da picada dor e inchaço de intensidade variável ou até mesmo ausente, dormência que pode estender para todo o membro. Os principais sintomas deste tipo de acidente são sistêmicos: dificuldade de falar, andar e abrir as pálpebras, dificuldade respiratória e insuficiência respiratória aguda.

Acidente elapídico. ©Thaís Guedes arquivo pessoal



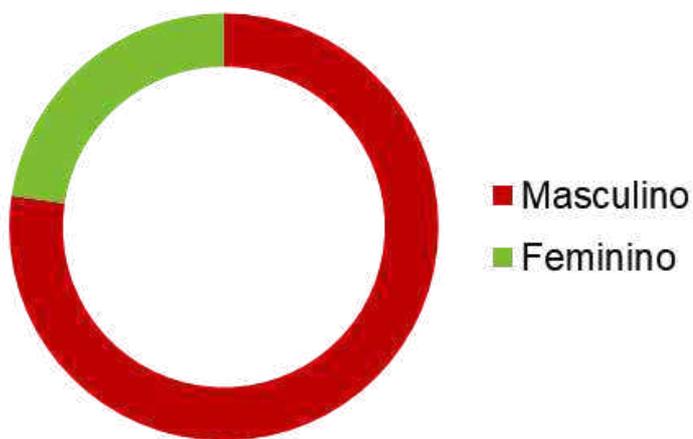
# Perfil epidemiológico dos acidentes por serpentes peçonhentas no Maranhão

No estado do Maranhão, entre os anos de 2009 a 2019, foram notificados 17.658 acidentes causados por serpentes peçonhentas de importância médica. Seguindo a tendência nacional, a maioria dos acidentes foram ocasionados por serpentes do gênero *Bothrops* (jararacas) com 66%, seguido pelas serpentes do gênero *Crotalus* com 23%, gênero *Micrurus* 0,8% e gênero *Lachesis* com 0,5%.

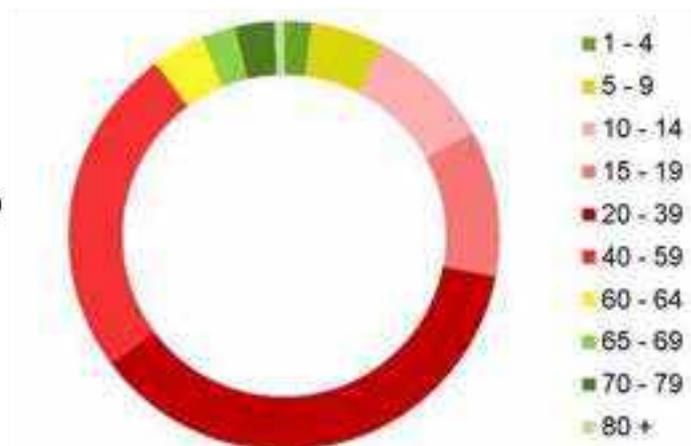


Gêneros das serpentes responsáveis pelos acidentes ofídicos no estado do Maranhão. Período de 2009 a 2019

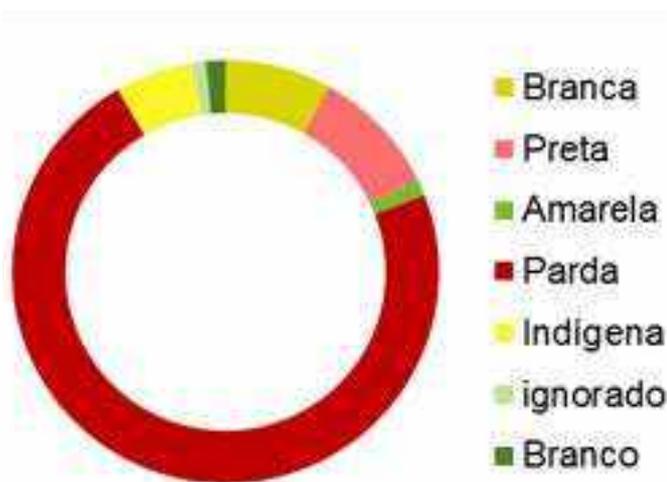
A maioria dos acidentes com serpentes peçonhentas de importância médica ocorreram na zona rural (82%), atingindo sobretudo pés (53%), pernas (21%) e mãos (10%). As principais vítimas deste tipo de agravo foram trabalhadores rurais (44%), do sexo masculino (77%) que tinham entre 11 e 40 anos de idade, especialmente pessoas que se auto denominaram pardos.



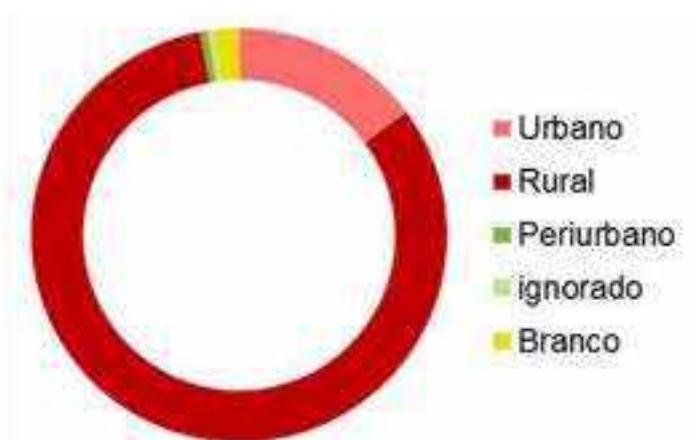
Sexo das vítimas. Período de 2009 a 2019



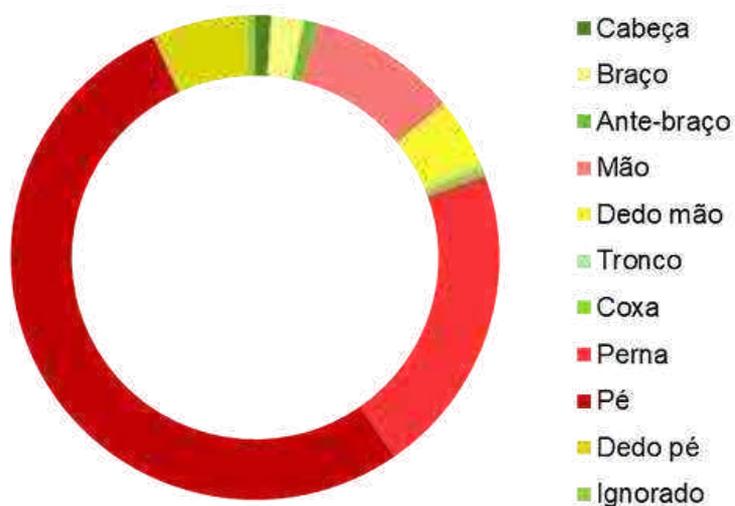
Idade das vítimas. Período de 2009 a 2019



Etnia das vítimas. Período de 2009 a 2019



Zona de ocorrência dos acidentes. Período de 2009 a 2019



Região do corpo atingida nos acidentes. Período de 2009 a 2019

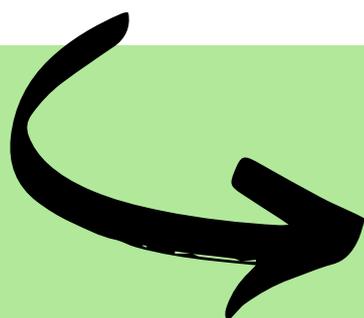
# Dicas de prevenção de acidentes por serpentes peçonhentas

Como o próprio nome já diz, é um acidente. Nenhuma serpente morde uma pessoa intencionalmente por maldade, é um acontecimento inesperado de defesa do animal. Então, como qualquer acidente, existem formas de prevenção:

-  **Sempre usar botas de cano alto ou perneiras ao caminhar por campos, florestas e trilhas.** Evitando a maioria dos acidentes, já que estes atingem os pés e pernas. Na falta de botas e perneiras, utilizar sapatos fechados (ao invés de chinelos abertos) contribui bastante para reduzir acidentes;
-  **Usar luvas de couro ao remover lenhas, telhas, tijolos ou entulhos;**
-  **Verificar sapatos, botas, redes, sacos de dormir e outros materiais que possam ser usados como esconderijos para serpentes;**
-  **Especialmente em campo ou áreas rurais, sempre ter cuidado onde pisa, senta, deita ou pega. Nunca colocar a mão dentro de buracos e ocos de árvores. Observar quando for ultrapassar troncos caídos;**
-  **Manter as áreas próximas as residências sempre limpas, sem entulhos que possam servir de abrigo para serpentes;**
-  **Não acumular restos de alimentos ou ração de animais, pois atrai roedores que por sua vez atraem serpentes;**
-  **Conserve o ambiente natural das serpentes e seus predadores, como gambás, gaviões, seriemas e até mesmo outras serpentes;**
-  **Ao avistar uma serpente, mantenha-se afastado e procure desviar. Ela só irá “atacá-lo” caso sintá-se ameaçada ou acuada;**
-  **Nunca manusear serpentes, mesmo que o animal pareça ou esteja morto.**

# Primeiros socorros

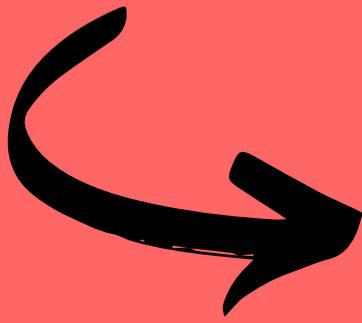
Os efeitos e gravidade dos envenenamentos por serpentes peçonhentas dependem de inúmeros fatores, dentre eles, o tipo de serpente envolvida no acidente, quantidade de veneno inoculada, o tempo decorrido entre a picada e o atendimento médico, utilização de produtos no local da picada que possa levar a uma infecção ou uso de torniquetes que podem agravar os sintomas. Por esses motivos, em caso de acidente é necessário procedimentos que evitem o agravamento dos sintomas:



## O QUE FAZER



- ✓ **Manter a vítima calma e diminuir seu esforço físico;**
- ✓ **Afastar a vítima da serpente para evitar um segundo acidente;**
- ✓ **Manter a vítima hidratada oferecendo apenas água limpa;**
- ✓ **Se o acidente for no pé/perna ou braço, manter o membro do corpo onde ocorreu a picada em uma posição mais elevada do que o corpo;**
- ✓ **Procurar ajuda e se dirigir ao hospital mais próximo o mais rápido possível. Se necessário, solicitar auxílio do SAMU, corpo de bombeiros ou polícia militar. Iniciar o tratamento rapidamente é crucial para recuperação da vítima;**
- ✓ **Se possível, tirar uma foto da serpente e apresenta-la ao médico.**



## O QUE NÃO FAZER



**Não deve chupar, cortar, queimar ou fazer sucção no local da picada.**



**Não amarrar o local da picada (torniquetes ou garrotes) pois concentram o veneno no local e podem agravar o quadro clínico.**



**Não aplicar no local da picada substâncias como café, folhas, querosene ou qualquer outra que possa causar infecção.**



**Não ingerir bebidas alcóolicas, chás, querosene ou qualquer outro tipo de substância, pois pode intensificar os sintomas e confundir o diagnóstico pelo médico.**

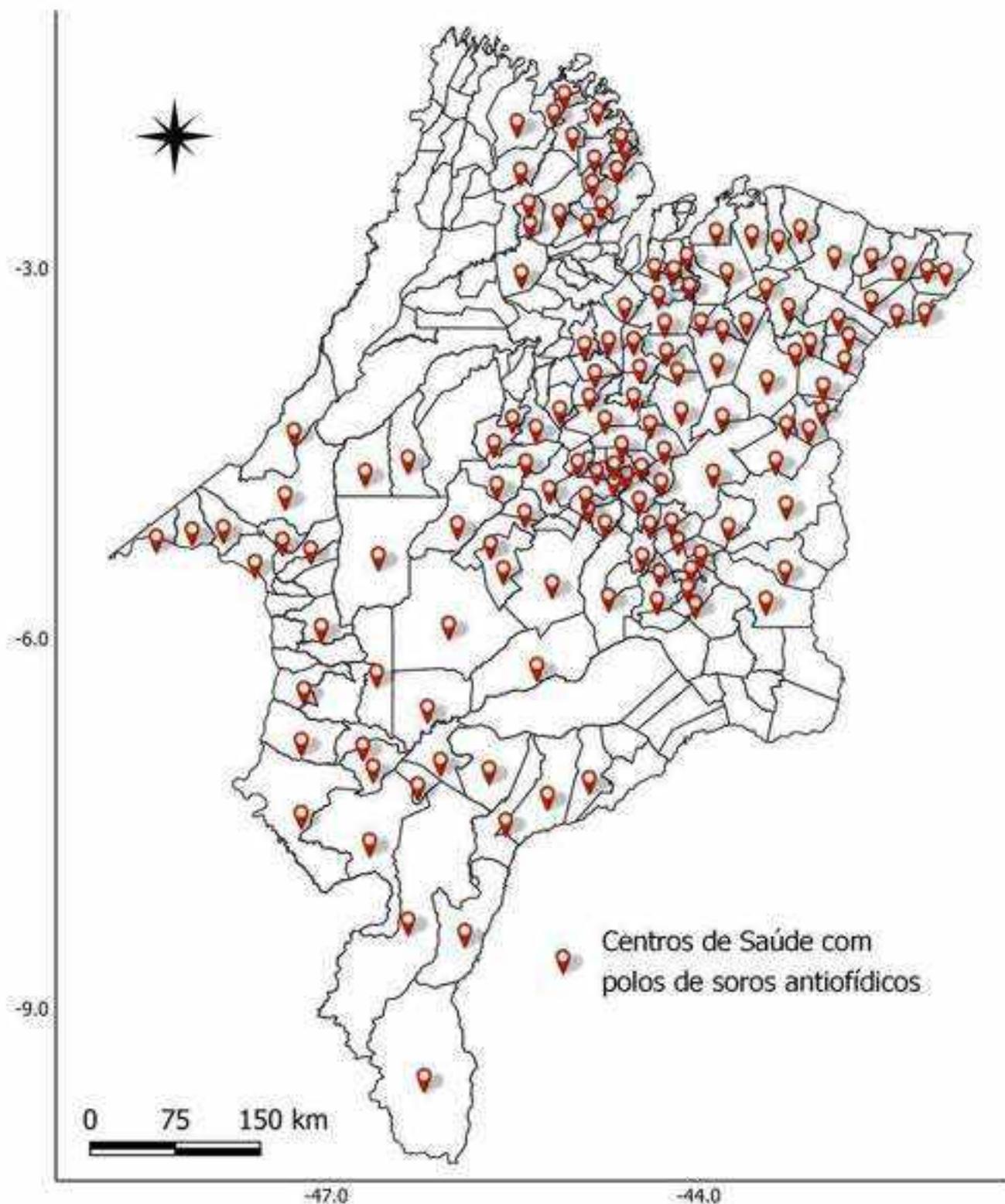
## Tratamento: Soros antiofídicos

**O soro antiofídico é o único tratamento eficaz para envenenamentos por serpentes, por esse motivo deve ser administrado o mais rápido possível.**

O soro antiofídico possui substâncias que inibem a ação do veneno e devem ser específicos para cada tipo de serpente. No Brasil, os soros antiofídicos possuem distribuição nacional gratuita e exclusiva do Sistema Único de Saúde (SUS). São produzidos pelo Instituto Butantan (SP), Fundação Ezequiel Dias (FUNED - MG), Instituto Vital Brazil (RJ) e o Centro de Produção e Pesquisa de Imunobiológicos (CPPI - PR), sendo adquiridos pelo Ministério da Saúde, enviados às Secretarias Estaduais de Saúde e distribuídos aos hospitais. Juntos, produzem 4 tipos de soros antiofídicos: soro antibrotópico, para envenenamentos com jararacas; soro anticrotálico para envenenamentos com cascavéis, soro antielapídico para envenenamentos com corais-verdadeiras e o soro antilaquéutico para envenenamentos com surucucus-pico-de-jaca.

# Polos de Soros antiofídicos no Maranhão

O estado do Maranhão possui 139 polos de soros antiofídicos distribuídos ao longo do estado.



# Polos de Soros antiofídicos no Maranhão

Municípios	Unidade de Saúde	Endereço
Açailândia	H. M. de Açailândia	Rua João de Deus, s/nº - Centro
Afonso Cunha	Posto de Saúde Dr. Moacir Bacelar Nunes	Praça da Comunidade, nº 76 - Centro
Afonso Cunha	Hospital Antônio de Pinho Borges	Rua João Castelo, s/nº - Trizidela
Água Doce do Maranhão	Hospital José de Jesus Rocha Rodrigues	Av. Pref. Tito Ferreira Gomes, s/nº - Vietnan. CEP 65578-000
Aldeias Altas	H. M. Francisca de Sousa Almeida	Avenida Alderico Machado, s/nº - Centro
Altamira	Unidade Básica de Saúde	Avenida Getúlio Vargas, s/nº - Zona Rural
Alto Alegre do Maranhão	Hospital Geral de Alto Alegre do Maranhão	Rua Tereza Murad, s/nº - Centro
Alto Parnaíba	H. M. de Alto Parnaíba	Av. Governador José Sarney, s/nº - Santa Cruz
Amarante	H. M. São José Deribamar	Rua 21 de Abril, s/nº - Centro
Anajatuba	Unidade Mista Santa Maria	Praça Cívica, s/nº - Centro
Anapurus	Hospital e Maternidade Madalena Monteles	Av. João Francisco Monteles, nº 846 - Centro. CEP 65525-000
Apicum-Açu	Centro de Saúde Nossa Senhora de Fátima	Avenida Tancredo Neves, nº 84 - Centro

Araioses	Hospital e Maternidade Nossa Senhora da Conceição	Rua Geraldo Pereira de Barros, s/nº - Centro
Arame	Hospital Municipal	Avenida Deputado Ulisses Guimarães, s/nº - Centro
Arari	Unidade Mista Jorge Oliveira	Praça Major Pestana, s/nº - Centro
Axixá	Hospital Maternidade Axixaense	Av. José Sarney, nº159 - Centro
Bacabeira	Centro de Saúde Domar Anceles	Av. José da Silva Calvet, s/nº - Centro
Bacacal	Hospital Materno Infantil	Rua 01, 50 - Esperança
Bacuri	Hospital Bibi Montelo	Av. Cândida Mafra, s/nº - Centro
Balsas	Hospital Roosevelt Kury	Praça Joça Rego, s/nº - Centro
Barra do Corda	Avenida Municipal Acrísio Figueiras	Avenida Pedro Neiva de Santana, s/nº - Altamira
Barreirinhas	Hospital Geral de Barreirinhas	Av. 01, nº16 - Lote P das Dunas - Cidade Nova
Belágua	Unidade Mista Alberico Filho	Av. 1º de Janeiro, s/nº - Centro
Bequimão	Unidade Mista de Bequimão	Av. do Contorno, s/nº - Bequimão - São Luis. Tel.: (98) 3212-8701
Bernardo do Mearim	H. M. de Bernardo do Mearim	Av. Manoel Matas, s/nº - Boa Vista
Bom Jesus das Selvas	H. M. Dr. Milton Lopes	Rua Barreirinhas, nº 302 - Centro
Brejo	H. M. Antenor Vieira de Moraes	Av. Sábio Câmara, s/nº - Centro. CEP 65520-000

Brejo de Areia	Centro de Saúde Joaquim Timóteo	Rua da Olaria, s/nº - Centro
Buriti	Hospital do Trabalhador Buritense	Rua Antônio Pereira, s/nº - Centro
Buriti	Centro de Saúde Osvaldo Farias	Praça Felinto, s/nº - Centro
Buriticupu	H. M. Pedro Neiva de Santana	Rua Santa Luzia, s/nº - Terra Bela
Cantanhede	Hospital Santa Filomena	Av. Rio Branco, nº 02 - Centro
Capinzal do Norte	H. M. São José	Av. Lindolfo Floro, nº 01 - Centro
Carolina	H. M. de Carolina	Rua Benedito Leite, nº 57 - Centro
Caxias	Hospital Geral de Caxias Gentil Filho	Rua 21 de Janeiro, nº228 - Siriema
Cedral	Hosp. Nossa Sra. da Assunção	Av. Mariano Vital Negreiros, nº 66 - Beira Rio. CEP: 65260-000. Tel.: (98) 3398-1230
Central do Maranhão	Unidade de Saúde Família Joaquim Antonio	Rua Felisberto Domingo - Centro
Chapadinha	Hospital Antônio Pontes de Aguiar	Tv. João Lopes, s/nº - Centro. CEP 65500-000
Cidelândia	H. M. Maria Alves Feitosa	Avenida 15 de Novembro, nº1181 - Centro
Codó	Hospital Geral Municipal - HGM	Travessa do Rio de Janeiro, nº 77 - São Francisco
Coelho Neto	Hospital e Maternidade de Coelho Neto	Avenida Antônio Guimarães, s/nº - Mutirão

Conceição do Lago Açu	Centro de Saúde	Rua do Grupo, s/nº - Centro
Coroatá	Unidade de Pronto Atendimento	Avenida da Bandeira, s/nº - Centro
Coroatá	Hospital Macrorregional de Coroatá	Rua do Burit, s/nº - Trezidela
Cururupu	Santa Casa de Misericórdia	953, Tv. Liberato Miranda, nº 737 - Centro. CEP 65268-000. Tel.: (98) 3391-1231
Dom Pedro	H. M. Hermes Monteiro	Av. Duque de Caxias, s/nº - Centro
Duque Bacelar	Hospital Presidente Medice	Rua Fernando Ferrare, s/nº - Centro
Esperantópolis	Hospital Maternidade Santa Marta	Rua Sete de setembro, nº 117 - Centro
Estreito	H. M. de Estreito	Avenida Tancredo Neves, s/nº - Centro
Feira Nova do Maranhão	Hospital Luso Rocha	Rua Tocantins, s/nº - Centro
Fernando Falcão	Unidade Básica de Saúde	Rua Antônio Targino, s/nº
Formosa da Serra Negra	Unidade Mista Otávio Lima de Arruda	Rua Silva Jardim, s/nº - Vila Viana
Fortaleza dos Nogueiras	Unidade Mista Casa de Saúde Menino Jesus	Rua Aristeu Nogueira, s/nº - Centro
Fortuna	Unidade Mista Antônio Mendes Jardins	Av. 18 de Janeiro, s/nº
Gonçalves Dias	Hospital Dr. Luís Carlos Martins	Rua Rui Barboza, s/nº

Governador Archer	H. M. Governador Archer	Rua Presidente Castelo Branco, nº 290 - Centro
Governador Eugênio Barros	H. M. Etmar Machado	Av. 11 de março, s/nº - Centro
Governador Luís Rocha	Hospital Pedro Ferreira Calado	Praça Presidente Juscelino, s/nº - Centro
Graça Aranha	H. M. Pedro Carvalho Sousa	Av. Tiradentes, s/nº - Centro
Grajaú	Hospital Santa Neusa	Avenida Hilton Nunes, nº 784 - Rodoviário
Grajaú	Hospital São Francisco de Assis	Praça Dom Roberto Colombo, s/nº - Centro
Grajaú	Hospital Geral de Grajaú	Rua Projetada, s/nº - Vila São Roque. CEP 65940-000
Guimarães	H. M. Maria Alice Fontinho	Av. José Bruno de Barros, s/nº
Humberto de Campos	H. M. Elda R. Fonseca	Trav. Do Campo, s/nº - Centro
Icatu	H. M. de Icatu	Rua Duque de Caxias, s/nº - Coelho
Igarapé Grande	Unidade Hospitalar Manoel Matias	Rua São Francisco, s/nº - Centro
Imperatriz	HMI - Hospital Municipal de Imperatriz	Rua Benedito Leite, nº 861 - Centro
Imperatriz	UPA - Imperatriz	Avenida Bernardo Sayão, nº 968 - Nova Imperatriz

Itaipava do Grajaú	Hospital Municipal	Rua Timbira, s/nº - Centro
Itapecuru-Mirim	Hospital Regional Adélia Matos Fonseca	Rua Humberto de Campos, s/nº - Centro
Itinga do Maranhão	H. M. de Itinga do Maranhão	Avenida das Castanheiras, nº250 - Vila Emanuela
Jenipapo dos Vieiras	Hospital Municipal	MA – 328, s/nº
João Lisboa	H. M. de João Lisboa	Rua Bom Jesus, nº 325 - Centro
Joselândia	Unidade Mista Santa Marta	Rua Francisco Vieira, nº 134 - Centro
Lago da Pedra	H. M. Serra da Costa	Rua Senador Vitorino Freire, s/nº - Roseana Sarney
Lago do Junco	Hospital Alcy Alves Arruda	Rua São Pedro, s/nº - Centro
Lago Verde	H. M. de Lago Verde	Avenida do Comércio, s/nº - Zona Urbana
Lima Campos	H. M. de Lima Campos	Avenida 15 de Janeiro, s/nº - Centro
Loreto	*	*
Magalhães de Almeida	H. M. Magalhães de Almeida	Rodovia MA KM 01, nº 110 - Centro. CEP 65560-000
Marajá do Sena	Centro de Saúde Afonso Cordeiro	Avenida Deputado Raimundo Leal, s/nº - Centro

Mata Roma	Hospital Thalles Ribeiro Gonçalves	Av. Raimundo Vieira de Almeida, nº 770 - Centro. CEP 65510-000
Matões	H. M. Divino Espírito Santo	Rua 15 de Novembro, s/nº - Centro
Matões do Norte	Centro Avançado de Saúde José Araújo	Av. Dr. Antônio Sampaio, s/nº - Centro
Milagres do Maranhão	H. M. Domingos Lopes	Rua Cel. Francisco Macatrão, nº 274 - Centro. CEP 65545-000
Miranda do Norte	H. M. Pedro Vera Cruz Bezerra	Rua da Faixa, s/nº - Santa Cruz
Mirinzal	Unidade Mista Nossa Senhora da Vitória	Av. Maria Firmina, s/nº - Centro
Montes Altos	Hospital Casa Alivio do Sofrimento	Praça de Santana, s/nº - Centro
Morros	Hospital Regional de Morros	Av. Principal, s/nº - Bairro Coelho
Nina Rodrigues	H. M. Dr. José Martins	Av. Diortino Sampaio de Castro, s/nº - Centro
Nova Colinas	Unidade Mista Casa de Saúde Nossa Senhora Santana	Praça Nossa Senhora Santana, s/nº - Centro
Olho D'água das Cunhãs	Hospital Antônio Tomaz	Praça da República, s/nº - Centro
Parnarama	Hospital São Domingos	Avenida Vitorino Freire, s/nº - Agrovema
Paulino Neves	Hospital de Paulino Neves	MA-315, Paulino Neves - MA. CEP 65585-000
Paulo Gomes	H. M. Antônio Carlos Macieira	Rua Clodomir Bonfim, nº 05 - Buriti

Pedreiras	Hospital e Maternidade Municipal Maricota Catanhede	Avenida Rio Branco, s/nº
Pedro do Rosário	Hospital Pedro Cunha Mendes	Av. Pedro Cunha Mendes, s/nº - Centro
Peri-Mirim	Hospital São Sebastião	Rua Maria Pinheiro Paiva, s/nº - Centro
Peritoró	Hospital Geral do Peritório	BR 135 - Livramento - PV
Peritoró	Centro de Saúde Elvira Matos	Centro
Pinheiro	Hospital Regional Dr. Antenor Abreu	Rua Maria Pinheiro Paiva, s/nº - Antgo Aeroporto. CEP 65200-000
Pirapemas	Hospital Deputado Alberico, Ferreira França	Av. Desembargador Joaquim Santos, s/nº - Centro
Poção de Pedras	Hospital e Maternidade Agostinho Cruz Marques	Rua Manoel Máximo, nº104 - Centro
Porto Franco	Hospital e Maternidade Anderson Marinho	Rua Marechal Hermes, s/nº - Centro
Porto Rico do Maranhão	Unidade Mista Dr. Luis Henrique Fonseca	*
Presidente Dutra	H. M. Jean Carvalho	Paulo Falcão, nº 10
Presidente Juscelino	H. M. Santo Antônio	Rua Eupídio Silvino Alves, s/nº - Centro
Presidente Sarney	H. M. Raimundo Barroso	Avenida Padre Luis Risso, s/nº - Centro
Presidente Vargas	Unidade Mista Emília de Sá Uchoa	Av. Pio XII, s/nº - Centro

Primeira Cruz	H. M. Celso Simões	Rua da Alegria, s/nº - Capim-Açu
Riachão	H. M. de Riachão	Rua Coelho Paredes, nº 100 - Centro
Rosário	Unidade Mista de Rosário	Rua Eurico Macedo, s/nº - Centro
S. R. das Mangabeiras	Hospital São Raimundo Nonato	Rua Tenente Rosa, s/nº
Sambaíba	Unidade Mista Bom Jesus	Rua Manoel Paz Sobrinho, s/nº
Santa Helena	Hospital Santa Helena	Rua Manoel Pavão Dias, s/nº - Centro. CEP 65208-000
Santa Quitéria do Maranhão	H. M. Zeca Moreira	Av. Hermelinda Pedrosa, nº 489-587 - Centro. CEP 65540-000
Santa Rita	Unidade Mista Maria Helen Freire	Rua Prof. Fernando Cardoso, s/nº - Centro
Santana do Maranhão	Hospital Antônio Valentim Gomes	Avenida Governadora Roseana Sarney, s/nº - Centro
Santo Amaro	H. M. Monsenhor Amaro	H. M. Monsenhor Amaro
Santo Antônio dos Lopes	Unidade Mista Dr. Zerbine	Rua do Império, nº 64 - Centro
São Benedito do Rio Preto	Hospital Cassiana Sousa Magalhães	Rua 25 de março, s/nº - Centro
São Bernardo	H. M. Felipe Jorge	Rod 345, km 4 - Abreu. CEP 65550- 000
São Domingos do Maranhão	Hospital Carlos Macieira	Trav 22 de abril, nº 12 - Centro. CEP 65790-000

São Félix de Balsas	Hospital São Félix	Avenida Alexandre Costa
São Francisco do Brejão	H. M. Santa Rosa	Avenida Castelo Branco, nº165 - Centro
São João do Sóter	H. M. Clodomir Rocha	Avenida Esperança , s/nº - Centro
São Luiz Gonzaga	Hospital Carlos Macieira	Rua Magalhães de Almeida, s/nº - Mendes Júnior
São Mateus do Maranhão	Pronto Socorro e Hospital Municipal São Mateus	Avenida Rodoviária, s/nº - Centro
São Pedro da Água Branca	H. M. São Pedro da Água Branca	Rua do Sesp, nº 01 - Centro
São Pedro dos Crentes	Centro de Saúde Maria Libânia	Praça da Independência, s/nº - Centro
Senador Alexandre Costa	Hospital Maria José Machado	Rua José Sérgio, nº 09 - Centro
Serrano do Maranhão	Centro de Saúde de Serrano	*
Sítio Novo	H. M. de Saúde Sitionovense	Rua Cesaltino Mota, nº 100 - Centro
Tasso Fragoso	*	*
Timbiras	Hospital Geral de Timbiras	Rua da Mangueira, s/nº - Anjo da Guarda
Trizidela do Vale	Hospital e Maternidade Municipal Dr. João Alberto	Avenida Damásio de Freitas, nº 51 - Jerusalém

Tuntum	Hospital das Clínicas de Tuntum	Rua 15 de Novembro, nº 318 - Centro
Turiaçu	H. M. Elvira Carvalhal	Rua Dr. Paulo Ramos, s/nº - Centro
Turilândia	Unidade de Saúde Santo Antônio	Povoado, s/nº - Povoado. CEP 65276-000
Tutoia	Hospital Lucas Veras	Rua Senador Leite, s/nº - Centro
Urbano Santos	Unidade Mista Valdir Melo	Rua do Sol, s/nº - Centro
Vargem Grande	H. M. Benito Mussolini de Souza	Praça da Bandeira
Vila Nova dos Martírios	Hospital e Maternidade Nossa Senhora da Penha	Rua 09, s/nº - Centro
Vitória do Mearim	Hospital Kalil Moisés da Silva	Av. Carlos Raimundo Figueiredo - Centro
Vitorino Freire	Hospital Rui Bandeira	Rua Eugênio Sá, s/nº - Centro

# Agradecimentos

Este livro visa popularizar o conhecimento científico produzido na dissertação de mestrado da Sâmia C.M. Araújo desenvolvida sob orientação da Dra. Thaís Guedes junto ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde (PPGBAS/UEMA) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Dessa forma, gostaríamos de iniciar agradecendo imensamente ao PPGBAS e a UEMA por disponibilizarem todos os recursos necessários (físicos e financeiros) para apoiar e tornar realidade este livro. Agradecemos também a UEMA pela concessão da bolsa de mestrado à Sâmia Araújo e de pesquisadora sênior à Thaís Guedes.

Somos gratas as pesquisadoras Dra. Joseneide Câmara (UEMA) e Karoline Ceron (UNICAMP) que foram nossas parceiras nos dois artigos científicos que embasam esta obra (Araújo et al. 2022 Toxicon e Araújo et al. em prep, detalhes nas referências).

Agradecemos imensamente a diversos colegas que gentilmente disponibilizaram lindas imagens de serpentes ou paisagens maranhenses em ótima resolução que ilustram essa obra; são eles: Breno Hamdan, Diego J. Santana, Iuri Ygor Fernandes, Priscila Olimpio, Paulo S. Bernarde, Nelson J. da Silva Jr., Glauco Oliveira, Felipe P. Sena, Lucas Lima, Igor Roberto, William W. Lamar e Vinícius T. Carvalho.

Somos gratas aos pesquisadores Dr. Otavio A. V. Marques (Instituto Butantan) Dra. Rita Maria de Seabra (UEMA) por aceitarem escrever o prefácio e a apresentação desta obra. Ao Dr. Otavio A. V. Marques (Instituto Butantan) e Breno Hamdan (Instituto Vital Brazil) que fizeram uma leitura crítica desta obra e nos forneceram sugestões valiosas de melhoria do trabalho.

Agradecemos a Secretaria de Saúde do Estado do Maranhão em nome de Leandro M. da Silva e Milenna S. Santos do Departamento de Pesquisa em Saúde e Desenvolvimento; Tayara C. Pereira, do Departamento de Epidemiologia e Controle de Doenças; Zulmira S. Batista, Celma Soares e Flavio Saraiva do Departamento de Controle de Doenças Zoonóticas que gentilmente atenderam nossa solicitação e disponibilizaram dados sobre os acidentes ofídicos ocorridos no estado do Maranhão que estavam sob seus cuidados.

# Referências

ARAÚJO, S. C. M.; CERON, K.; GUEDES, T. B. Uso de análises geoespaciais para abordar o risco de picadas por serpentes peçonhentas na região meio-norte do Brasil – direção para planejamento de saúde em áreas com déficit de conhecimento da biodiversidade. *Toxicon*, v. 213, p. 43-51, 2022.

ARAÚJO, S. C. M.; CÂMARA, J. T.; GUEDES, T. B. em prep. Acidentes ofídicos na região meio-norte do Brasil: acessando aspectos clínico-epidemiológicos como estratégia para lidar com Doenças Tropicais Negligenciadas. Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.

ARGÔLO, A. J. S. As serpentes dos cacauais do Sudeste da Bahia. – Ilhéus: Editora da UESC; 2004. 252 p.

ASATO, M. S.; CARBONELL, C. C.; MARTINS, A. G.; MORAES, C. M.; CHÁVEZ-OLÓRTEGUI, C.; GADELHA, M. A. C. et al. O. Envenoming by the rattlesnake *Crotalus durissus ruruima* in the state of Roraima, Brazil. *Toxicon*, v. 8, p. 100061, 2020.

AZEVEDO-MARQUES, M. M.; HERING, S. E.; CUPO, P. Acidentes Crotálico. In: CARDOSO, J. L. C. et al. Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica. 2ª Ed., São Paulo: Sarvier, 2009, p.108-114.

BARRETO, L.; RIBEIRO, L.E.S.; NASCIMENTO, M.C. Caracterização da herpetofauna em áreas da Amazônia do Maranhão. In: MARTINS, M.B., OLIVEIRA, T.G., Org) (Eds.), Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação. MPEG, Belém, 2011, p. 18-22.

BERNARDE, P. S.; GOMES, J. O. Serpentes peçonhentas e ofidismo em Cruzeiro do Sul, Alto Juruá, Estado do Acre, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 42, n. 1, p. 65-72, 2012.

BERNARDE, P. S. Serpentes peçonhentas e acidentes ofídicos no Brasil. São Paulo: Anolisbooks, 2014, p. 224.

BERNARDE, P. S.; TURCI, C. B.; MACHADO, R. A. Serpentes do Alto Juruá, Acre – Amazônia brasileira. Rio Branco: Edufac, 2017, p. 166.

BRASIL. Ministério da Saúde. Acidente por animais peçonhentos. 2021. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sinannet/cnv/animaisma.def>. Acessado em 20 de setembro de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Casos – Ofidismo. 2022. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinannet/cnv/animaisbr.def>. Acessado em 05 de março de 2022.

BUCARETCHI, F.; De CAPITANI, E. M.; HYSLOP, S. Aspectos clínicos dos envenenamentos causado por cobras-corais no Brasil. In: (org.) SILVA NJ et al. As cobras-corais do Brasil: Biologia, taxonomia, venenos e envenenamentos. Goiânia: Ed., PUC Goiás; 2016, p. 346-372.

CITELI, N. Q. K.; CAVALCANTE, M. M.; MAGALHÃES, M. A. F. M.; BOCHNER, R. Lista dos Polos de Soro para Atendimento de Acidentes Ofídicos no Brasil. SINITOX; 2018. Disponível em [www.sinitox.icict.fiocruz.br](http://www.sinitox.icict.fiocruz.br). Acessado em: 05 de abril de 2022.

CUNHA, O. R.; NASCIMENTO, F. P. Ofídios da Amazônia. X - As cobras da região leste do Pará – Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Série Zoologia), 1978 p. 218.

CUNHA, O. R.; NASCIMENTO, F. P. XIV – As espécies de *Micrurus*, *Bothrops*, *Lachesis* e *Crotalus* do sul do Pará e Oeste do Maranhão, incluindo áreas de Cerrado deste estado. (Ophidia: Elapidae e Viperidae). – Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Série Zoologia), 1982, p. 58.

CUNHA, O. R.; NASCIMENTO, F. P. Ofídios da Amazônia. As cobras da região leste do Pará – Boletim do Museu. Paraense Emílio Goeldi (Série Zoologia), 1993 p. 1-191.

COSTA, H. C.; GUEDES, T. B.; BÉRNILS, R. S. Lista de répteis do Brasil: padrões e tendências. Herpetologia Brasileira, v. 10, p. 110–279, 2021.

EL-AZIZ, T. M. A.; SOARES, A. G.; STOCKAND, J. D. Snake Venoms in Drug Discovery: Valuable Therapeutic Tools for Life Saving. Toxins, v. 11, n. 564, 2019.

FAN, H. W.; MONTEIRO, W. M.; SILVA, A. M.; et al. Snakebites and Scorpion Stings in the Brazilian Amazon: Identifying Research Priorities for a Largely Neglected Problem. *PLoS Neglected Tropical Disease*, v. 9, n. 5, e0003701, 2015.

FIORILLO, B. F.; TOZETTI, A. M.; MARTINS, M. Habitat use by five species of sympatric pitvipers (*Bothrops*, *Crotalus*) in a Brazilian savannah. *Herpetology Notes*, v. 13, p. 951-960, 2020.

FONSECA, W. L.; CORREA, R. R.; OLIVEIRA, A. S.; OLIVEIRA, I. S.; BERNARDE, P. S. Habitat use and activity of *Bothrops bilineatus smaragdinus* Hoge, 1966 in the western Brazilian Amazon (Serpentes: Viperidae). *Herpetology Notes*, v. 14, p. 567-580, 2021.

FRANÇA, F. O. S.; MÁLAQUE, C. M. S. Acidente botrópico. In: CARDOSO JLC, FRANÇA SFO, FAN HW, MÁLAQUE SCM, HADDAD VJR. (eds) Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes. São Paulo: Sarvier; 2009, p. 81-95.

GONZALEZ, R. C.; ABEGG, A. D.; MENDES, D. M. M.; SILVA, M. B. et al. Lista dos nomes populares dos répteis no Brasil – primeira versão. *Herpetologia Brasileira*, v. 9, n. 2, p. 121-214, 2020.

GUEDES, T. B.; NOGUEIRA, C.; MARQUES, O. A. V. Diversity, natural history, and geographic distribution of snakes in the Caatinga, Northeastern Brazil. *Zootaxa*, v. 3863, n. 1, p. 001-093, 2014.

GUTIÉRREZ, J. M.; CALVETE, J. J.; HABIB, A.G.; HARRISON, R. A.; WILLIAMS, D. J.; WARRELL, D. A. Snakebite envenoming. *Nature Reviews Disease Primers*, v. 3, p. 17063, 2017.

HARRISON, R. A. et al. Snake Envenoming: A Disease of Poverty. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 3, n. 12, e569, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biomas. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html#:~:text=Notas%3A,entre%20munic%C3%ADpios%20na%20fronteira%20interestadual>. Acessado em 01 de setembro 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão Geográfica do Estado do Maranhão 2017. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em setembro de 2021.

ISLA, M.; MÁLAGA, O.; YARLEQUÉ, A. Características bioquímicas y acción biológica de una hemorragina del veneno de *Bothrops brazili*. Anales de la Facultad de Medicina, v. 64, n. 3, p. 159-166, 2003.

KASTURIRATNE, A. et al. The global burden of snakebite: a literature analysis and modeling based on regional estimates of envenoming and deaths. PLoS Medicine, v. 5, n. 11, p. e218, 2008.

LIRA-DA-SILVA, R. M.; MISE, Y. F.; CASAIS-E-SILVA, L. L.; ULLOA, J.; HAMDAN, B.; BRAZIL, T. K. Serpentes de importância médica do nordeste do Brasil. Gazeta Médica da Bahia, v. 79(Supl.1), p. 7-20, 2009.

MARTINS, M.; OLIVEIRA, M. E. 1998. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, central Amazonia, Brazil. Herpetological Natural History, v. 6, n. 2, p. 78-150.

MARTINS, M.; MARQUES, O.A.V.; SAZIMA, I. Ecological and phylogenetic correlates of feeding habits in Neotropical Pitvipers of the genus *Bothrops*. In: Schuett, G., Höggren, M. & Greene, H.W. (Eds.), Biology of the vipers. Biological Sciences, Carmel, 2002, p. 1-22.

MARQUES, O. A. V.; SAZIMA, I. História Natural das Serpentes. In: CARDOSO JLC, FRANÇA SFO, FAN HW, MÁLAQUE SCM, HADDAD VJR. (eds) Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes. São Paulo: Sarvier, 2009, p. 71-80.

MARQUES, O. A. V.; ETEROVIC, A.; NOGUEIRA, C. C.; SAZIMA, I. Serpentes do Cerrado. São Paulo: Ribeirão Preto, 2015, 251p.

MARQUES, O. A. V.; ETEROVIC, A.; GUEDES, T. B.; SAZIMA, I. Serpentes da Caatinga. Cotia: Ponto A, 2017, 240p.

MARQUES, O. A. V.; ETEROVIC, A.; SAZIMA, I. Serpentes da Mata Atlântica. Cotia, Ponto A, 2019, 319p.

MARQUES, O. A. V.; MEDEIROS, C. R. Nossas incríveis serpentes - caracterização, biologia, acidentes e conservação. Cotia, Ponto A, 2019, 80p.

MELGAREJO, A. R. Serpentes Peçonhentas no Brasil. In: CARDOSO, J. L. C.; FRANÇA, S. F. O.; FAN, H. W.; MÁLAQUE, S. C. M.; HADDAD, V. J. R. (eds) Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes. São Paulo: Sarvier, 2009, p. 33-61.

MELGAREJO, A.; PUORTO, G.; BUONONATO, M. A.; SILVA, J R.; N. Cobras-corais de interesse médico no Brasil. In: SILVA JR., N.J. As cobras-corais do Brasil: Biologia, taxonomia, venenos e envenenamentos. Editora Puc Goiás, Goiânia, 2016, p. 330-345.

MONTEIRO, W. M.; et al. *Bothrops atrox*, the most important snake involved in human envenomings in the amazon: How venomics contributes to the knowledge of snake biology and clinical toxinology. *Toxicon*, v. 6, p. 100037, 2020.

MOTA-DA-SILVA, A.; SACHETT, J.; MONTEIRO, W.M.; BERNARDE, P.S. Extractivism of palm tree fruits: a risky activity because of snakebites in the state of Acre, Western Brazilian Amazon. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 52, p. e-20180195, 2019.

MOURA, W. C.; FUKUDA, J. C.; LISBOA, E. A.; GOMES, B. N.; OLIVEIRA, S. L.; SANTOS, M. P. et al. A Reserva Biológica do Gurupi como instrumento de conservação da natureza na Amazônia Oriental. In: MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. (Org) (Eds.), *Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação*. Belém. MPEG, 2011, p. 26-32.

NOGUEIRA, C.; SAWAYA, R. J.; MARTINS, M. Ecology of the Pitviper, *Bothrops moojeni*, in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology*, v. 37, n. 4, p. 653-659, 2003.

NOGUEIRA, C. C. et al. Atlas of Brazilian Snakes: Verified Point-Locality Maps to Mitigate the Wallacean Shortfall in a Megadiverse Snake Fauna. *South American Journal of Herpetology*, 14(Special Issue 1), p. 1-274, 2019.

NUGEO – Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão, Laboratório de Meteorologia. 2018. Disponível em: [https://www.nugeo.uema.br/?page\\_id=19447](https://www.nugeo.uema.br/?page_id=19447). Acessado em setembro de 2021.

OMS. Organização Mundial da Saúde. Snakebite. 2022. Disponível em: [https://www.who.int/health-topics/snakebite#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/snakebite#tab=tab_1). Acessado em 05 de março de 2022.

OMS. Envenenamento por picada de serpentes. Tratamento. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/teams/control-of-neglected-tropical-diseases/snakebite-envenoming/treatment>. Acessado em abril 2022.

POWELL, R.; EVERSOLE, C. B.; LIZARRO, D.; CROCKER, G. C. V.; SUROVIC, E. A. *Bothrops taeniatus* Wagler, 1824 (Serpentes, Viperidae): additional country record and list of voucher specimens for Bolivia. Check List, v. 16, n. 5, p. 1143-1147, 2020.

SAWAYA, R. J.; M, O. A. V.; MARTINS, M. Composição e história natural das serpentes de Cerrado de Itirapina, São Paulo, sudeste do Brasil. Biota Neotropica., v. 8, n. 2, 2008.

Silva Jr. N.J., Porras, L.W., Aird, S.D. & Prudente, A.L.C. 2021. Advances in Coralsnake Biology with an Emphasis on South America. Eagle Mountain Publishing L.C., Eagle Mountain, Utah, USA. 809p.

SOUZA, R. C. G. Aspectos clínicos do acidente laquético. In: CARDOSO, J. L. C. et al. Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica. 2ª Ed., São Paulo: Sarvier, 2009, p. 96-106.

STANLEY, J. W. Snakes as Objects of Religion. Journal of Integrative Biology, v. 2, n.2, p. 42-58, 2008.

UETZ, P.; FREED, P.; HOŠEK, J. (eds.) The Reptile Database. 2022. Disponibilizado em: <http://www.reptile-database.org>. Acessado em 05 de janeiro de 2022.

Realizado o depósito legal na BiBlioteca Nacional conforme Lei No. 10.994,  
de 14 de dezembro de 2004