



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ISABELLI SAYURI KONO

**ANÁLISE ESPACIAL E FATORES ASSOCIADOS AO RISCO  
PARA OFIDISMO NO PARANÁ, SUL DO BRASIL**

---

Londrina  
2023

ISABELLI SAYURI KONO

**ANÁLISE ESPACIAL E FATORES ASSOCIADOS AO RISCO  
PARA OFIDISMO NO PARANÁ, SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra.

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Lemos Freire  
Coorientadora: Profa. Dra. Tatiane Cargnin Faccin

Londrina  
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Kono, Isabelli Sayuri.

Análise espacial e fatores associados ao risco para ofidismo no Paraná, sul do Brasil / Isabelli Sayuri Kono. - Londrina, 2023.  
76 f. : il.

Orientador: Roberta Lemos Freire.

Coorientador: Tatiane Cargin Faccin.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2023.

Inclui bibliografia.

1. Ofidismo - Tese. 2. Serpentes - Tese. 3. Análise Espacial - Tese. 4. Epidemiologia - Tese. I. Freire, Roberta Lemos. II. Faccin, Tatiane Cargin. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. IV. Título.

CDU 619

ISABELLI SAYURI KONO

**ANÁLISE ESPACIAL E FATORES ASSOCIADOS AO RISCO PARA  
OFIDISMO NO PARANÁ, SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Orientadora: Profa. Dra. Roberta Lemos

Freire

Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Profa. Dr. Vitor Vieira Vasconcelos

Universidade Federal do ABC - UFABC

---

Profa. Dr. João Antônio Cyrino Zequi

Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 23 de fevereiro de 2023.

Dedico este trabalho à todas as mães alunas e cientistas, pois, assim como eu, travam uma luta diária e desigual para poder contribuir com a Ciência Brasileira.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha filha, Laura, pelos beijinhos, abraços, xícaras de café e cafunés de motivação diários, por ser minha maior inspiração para a finalização dessa etapa. Agradeço também por entender as minhas ausências mesmo sendo tão pequena! Amo-te mais que tudo nesse mundo! Tudo isto é em função da vontade de deixar um mundo melhor para você!

Agradeço ao meu companheiro, Victor, pelo amor, paciência e carinho desde o primeiro dia do nosso relacionamento que se iniciou graças ao mestrado; por acreditar em mim todas as vezes quando eu mesma não acreditei; por ser meu maior exemplo de bondade, inteligência e amor; por ter topado construir nossa família junto comigo; por cuidar da Laurinha como se fosse dele; e por ter me ajudado nas análises e escutado com atenção, mesmo sem ser da área, para me ajudar nas discussões sobre os acidentes ofídicos. Te amo e tenho um enorme orgulho de você!

Agradeço à minha orientadora Prof. Dra. Roberta Lemos Freire, por ter aceitado esse desafio de me orientar na reta final da sua trajetória profissional. Sei que tenho inúmeras falhas, especialmente no que concerne aos prazos, mas ela demonstrou paciência, calma, tranquilidade e confiou totalmente em mim. A admiro imensamente em todos os aspectos! É um exemplo de professora e de ser humano que almejo ser. Fico imensamente feliz pelo laço que temos!

À minha coorientadora Prof. Dra. Tatiane Cargnin Faccin, pela acessibilidade, carinho, pela confiança no desenvolvimento de outros projetos, por ser exemplo de profissional e exemplo de mãe! Ela me ensinou e ensina muito todos os dias. Me lembrou, ainda durante a residência, que devemos confiar no Divino e isso guiou todos os meus passos até aqui.

À minha família e rede de apoio, meus pais Edson e Sirlene, e às minhas irmãs, Midori e Mayumi, e o cunhado Rafael, que me ajudaram cuidando da Laura para que eu pudesse estudar, desde o início da graduação até o momento. Cada um cuidando do seu jeito e sendo minha rede de apoio. Sem vocês, não chegaria nem na metade do caminho. Amo vocês!

À minha família emprestada, sogros Wilma e Carlinhos, cunhada Juliana e cunhado Lucas, sobrinhos Luquinhas e Sofia, por terem acolhido eu e Laura como se fossemos de sangue, por terem me ajudado com todas as formas possíveis de ajuda, seja num arroz refogado, um abraço apertado ou numa conversa de motivação na beira do lago. Amo vocês!

A todos os meus amigos, mas em especial, à Barbara e ao Arthur, pela

amizade e por escutarem minhas angústias e me incentivarem a não desistir. Vocês são meus irmãos de outra mãe e sempre vão ter lugar primordial na minha vida.

Agradeço a Dra. Melca Nilceia Altoé de Marchi, por ser paciente e atenciosa em todas as milhares e milhares de dúvidas que tive durante o projeto, por aceitar participar de tudo isso comigo, por me aconselhar e indicar os melhores caminhos, mas principalmente por ter colocado meus anjinhos de quatro patas na minha vida.

Aos residentes do Laboratório de Toxicologia da UEL, por aceitarem o convite de participar do projeto.

Aos professores do programa de pós-graduação em Ciência Animal e a Helenice Kieski, pelos esclarecimentos nesses dois anos.

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

Por fim, e não menos importante, gostaria de agradecer ao Divino por todo o caminho que trilhei até aqui.

*“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo.  
Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós  
ignoramos alguma coisa. Por isso  
aprendemos sempre.”*

A Importância do Ato de Ler – Paulo Freire

KONO, Isabelli Sayuri. **Análise espacial e fatores associados ao risco para ofidismo no Paraná, sul do Brasil**. 2023. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

## RESUMO

Os acidentes ofídicos são causas de sequelas graves e óbitos que podem impactar a vida de um indivíduo bem como da comunidade em que está inserido. O estado do Paraná é o quarto estado brasileiro com maior produto interno bruto e o quinto em população. Além disso, abriga três dos cinco gêneros de serpentes de importância médica do Brasil e, por isso, entender os fatores que estão associados ao risco de ofidismo no Paraná se faz imperativo, visto que é um agravo considerado negligenciado. O objetivo deste trabalho foi determinar os fatores espaciais, ambientais e socioeconômicos associados ao risco de acidentes com serpentes a partir de dados de notificação dos casos no Estado do Paraná, coletados de 2007 a 2021 da plataforma online do Sistema Nacional de Agravos de Notificação (SINAN), através de análises espaciais. Os dados socioeconômicos foram coletados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os mapas de cobertura e uso do solo foram extraídos da plataforma Mapbiomas em formato *raster* e foram convertidas em vetor no software QGis versão Hannover 3.16. A partir desses dados, foram calculados a incidência anual para todos os municípios e a incidência média municipal para o período de 2007 a 2021. Também foram calculadas no software QGis as proporções em km<sup>2</sup> de uso e cobertura do solo a partir da contagem de pixels das imagens raster. Todos os dados obtidos foram tabelados no software Microsoft Excel 365. Para análise espacial, foi utilizado o software GeoDa versão 1.20, onde foi calculado o índice de Moran Global e Local para avaliar as correlações espaciais. A matriz de vizinhança escolhida foi a “rainha”. Foram consideradas significativas as análises cujo Índice de Moran foi menor que -0,1 ou maior que 0,1, com pseudo-significância menor que 0,001 em 999 permutações. Com os resultados, foram gerados mapas de clusters de ofidismo e mapas temáticos. Foram 12877 notificações no período de 2007 a 2021. As regiões geográficas intermediárias com maiores incidências médias foram as de Guarapuava, Curitiba e Ponta Grossa. A maior incidência média foi da cidade litorânea e Área de Preservação Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, com 146,54 acidentes por 100mil habitantes. Na análise espacial, os principais fatores atribuídos ao risco para ofidismo foram presença de formações florestais nativas e florestas plantadas para fins

comerciais. Áreas com alta quantidade de remanescentes florestais apresentaram Índices de Moran predominantemente positivos. A fatia da população em maior risco são os moradores e trabalhadores rurais. Culturas intensivas, com alta mecanização, e áreas de pastagens apresentaram correlação espacial predominantemente negativa. Este trabalho permitiu identificar os principais fatores associados ao risco de ofidismo e assim, é possível direcionar melhor os esforços para prevenção de acidentes ofídicos às populações em risco. A total of 12,877 notifications were received in the period from 2007 to 2021. The IGRR with the highest average incidences were Guarapuava, Curitiba and Ponta Grossa. The highest average incidence was in the coastal city and Environmental Preservation Area (APA) of Guaraqueçaba, with 146.54 accidents per 100,000 inhabitants. In the spatial analysis, the main factors attributed to the risk for ophidism were the presence of native forest formations and forests planted for commercial purposes. Areas with a high amount of forest remnants showed predominantly positive Moran indices. The slice of the population most at risk are residents and rural workers. Intensive crops, with high mechanization, and pasture areas showed a predominantly negative spatial correlation. This work made it possible to identify the main factors associated with the risk of snakebite and thus, it is possible to better direct efforts to prevent snakebite accidents to populations at risk

**Palavras-chave:** *Bothrops*; *Crotalus*; Mata Atlântica; serpentes; picada de serpente

KONO, Isabelli Sayuri. **Spatial analysis and risk factors for snakebite in Paraná, southern Brazil**. 2023. 75 p. Dissertation (Master's in Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

## ABSTRACT

Snakebite accidents cause serious sequelae and death that can impact the life of individuals as well as the community in which they are located. The state of Paraná is the fourth Brazilian state with the highest gross domestic product and the fifth highest population. In addition, it houses three of the five medically important snake genera in Brazil. Therefore, understanding the factors associated with snakebite risk in Paraná is imperative, because it is considered a neglected disease. This study aimed to determine the spatial, environmental, and socioeconomic factors associated with snakebite risk based on notification data of cases in the state of Paraná, collected between 2007 to 2021 from Sistema Nacional de Agravos de Notificação (SINAN), through spatial analysis. Socioeconomic data were collected from the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). From these data, the annual incidence for all municipalities and the average municipal incidence for the period from 2007 to 2021 were calculated. Data on land cover in the state and municipalities were extracted from Collection 5 on the Mapbiomas platform. The file with the data generated in raster format was transformed into a vector format in the QGIS Hannover software version 3.16. Accordingly, the proportions in m<sup>2</sup> of the land cover variables were calculated. All data were tabulated and geocoded according to the IBGE municipal geocode using Microsoft Excel<sup>®</sup> software. To assess the spatial autocorrelation of the average incidence of snakebites in the rural, urban, and both populations, Moran's univariate global and local tests were performed. The correlation between incidence and environmental and socioeconomic variables was assessed using Moran's bivariate local and global tests. The local Moran index results were demonstrated using maps

of the local indicators of spatial association. The neighborhood weight matrix used was the “queen”. The significance level was set at  $P < 0.05$ . Moran's index pseudo-significance test was performed for 999 permutations. Indices greater than 0.100 or less than -0.100 were considered significant, with a pseudo-significance of less than 0.001. The software used for the analyses was GeoDa version 1.20.0.8

**Keywords:** *Bothrops*; *Crotalus*; *Micrurus*; Atlantic Forest; snakes; snakebite.

## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO DE LITERATURA

<b>Figura 1</b> – - Tipos de dentição de serpentes .....	21
<b>Figura 2</b> – - Padrão de "V" invertido nas escamas <i>de Bothrops</i> spp. ....	23
<b>Figura 3</b> – - Juvenil <i>de Bothrops</i> sp. exibindo a ponta de cauda mais esbranquiçada.....	24
<b>Figura 4</b> – 27- <i>Crotalus durissus terrificus</i> exibindo ponta de cauda quitinosa e padrão de coloração de escamas .....	27
<b>Figura 5</b> - – Coloração típica com anéis pretos, brancos e vermelhos <i>de Micrurus corallinus</i> .....	28
<b>Figura 6</b> – Mapa de John Snow das residências com notificações de óbitos por cólera. Londres, 1854.....	30
<b>Figura 7</b> – Representação esquemática de padrões de distribuição espacial com índices de Moran positivo e negativo .....	31

### ARTIGO - ANÁLISE ESPACIAL DOS FATORES DE RISCO PARA ACIDENTE OFÍDICO NO ESTADO DO PARANÁ, SUL DO BRASIL

<b>Figure 1</b> - Paraná land use and land cover, 2021.....	46
<b>Figure 2</b> - Location of the State of Paraná in Brazil and its Intermediate Geographic Regions.....	47
<b>Figure 3</b> - Average incidence of snakebites in the population by intermediate geographic region of the State of Paraná, 2007 to 2021. ....	51
<b>Figure 4</b> - Average incidence of ophidism by municipality in Paraná (A) and the respective univariate local analysis map of Moran, Paraná, 2007-2021 (B).....	52
<b>Figure 5</b> - Average annual incidence (per 100,000 inhab.) of snakebite in Paraná and Brazil, SINAN, 2007 to 2021.....	53
<b>Figure 6</b> - Maps of Moran's bivariate local analysis of the average municipal incidence of snakebites and average proportional area of formations of native forests (A), forests planted for commercial purposes (B) and apicuns and forest formations associated with the mangrove ecosystem (C) for the period from 2007 to 2021.....	55
<b>Figure 7</b> - Map of the distribution of rural population in the state of Paraná according to	

	the 2010 census (A) and map of Moran's bivariate local analysis of the average municipal incidence of snakebite and rural population (B).....	56
<b>Figure 8</b>	- Map of Parana rural workers, according to the 2010 census (A), and map of Moran's bivariate local analysis of the average municipal incidence of snakebite and rural workers.....	57
<b>Figure 9</b>	- Map of average area planted with sugarcane (km <sup>2</sup> ) in 2019 (best model) and Moran's bivariate local analysis map, 2019. ....	58

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO - ANÁLISE ESPACIAL DOS FATORES DE RISCO PARA ACIDENTE OFÍDICO NO ESTADO DO PARANÁ, SUL DO BRASIL

<b>Table 1</b> - Categories of collected variables and data source used for the spatial analysis of snakebites in Paraná. 2007-2022.....	48
<b>Table 2</b> - Significant spatial autocorrelations of the average municipal incidences of the total study period and of the annual municipal incidences of snakebites in the municipalities of the State of Paraná, period from 2007 to 2021 .....	53
<b>Supplementary table 1</b> - Significant spatial correlations of Moran's bivariate global analysis of mean incidence and annual municipal incidence of snakebite in the municipalities of Paraná, 2007 to 2021.....	68

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

APA	Área de Preservação Ambiental
LISA	Indicadores Locais de Associação Espacial
PNSR	Programa Nacional de Saneamento Rural
RGI	Regiões Geográficas Imediatas
SINAN	Sistema de Informação de Agravos e Notificação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
2.1	SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO .....	18
2.2	SERPENTES E ACIDENTES OFÍDICOS.....	19
2.2.1	Serpentes de Importância Médica do Paraná.....	21
2.2.1.1	<i>Bothrops</i> spp. ....	21
2.2.1.2	<i>Crotalus</i> spp.....	25
2.2.1.3	<i>Micrurus</i> spp.....	27
2.3	ANÁLISE ESPACIAL NOS AGRAVOS DE SAÚDE .....	29
2.4	REFERÊNCIAS.....	29
<b>4</b>	<b>HIPÓTESE</b> .....	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>43</b>
5.1	OBJETIVO GERAL .....	43
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	43
<b>6</b>	<b>ARTIGO ANÁLISE ESPACIAL E FATORES ASSOCIADOS AO RISCO PARA OFIDISMO NO PARANÁ, SUL DO BRASIL.</b> ....	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Acidente ofídico ou envenenamento por serpentes é o resultado de alterações patológicas e fisiopatológicas induzidas pela ação deletéria da peçonha inoculada após a picada de cobra ou serpente (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019). O Paraná abriga três dos cinco gêneros de serpentes consideradas de importância médica do Brasil – *Bothrops*, *Crotalus* e *Micrurus* (COSTA; BÉRNILS, 2018), as quais causam sintomatologia específica.

O acidente ofídico resulta, em muitos casos, em óbito ou sequela grave que pode permanecer por toda a vida do indivíduo dificultando ou impossibilitando a execução de atividades básicas, como locomoção, alimentação e trabalho. O impacto social e econômico é elevado, uma vez que um único indivíduo sequelado afeta negativamente a família e/ou a comunidade em que está inserido (BERTOLOZZI; SCATENA; FRANÇA, 2015; GUTIÉRREZ et al., 2010; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019), especialmente se esta estiver localizada em regiões pobres, como é o caso da maioria dos acidentes ofídicos, sendo considerados um problema de âmbito ambiental, sanitário e socioeconômico. Desta forma, ações para a mitigação dos acidentes ofídicos devem ser implantadas. No intuito de direcionar esforços para esse problema, a Organização Mundial da Saúde inseriu este agravo na categoria A de doenças negligenciadas e instituiu um prazo para que os países cumpram as metas relacionadas aos esforços para diminuição dos acidentes ofídicos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019). Conhecer os aspectos epidemiológicos relacionados à ocorrência de ofidismo é, portanto, urgente e primordial no combate ao agravo.

Dentre as ferramentas possíveis para a avaliação dos aspectos epidemiológicos de ofidismo, a análise espacial constitui uma metodologia relevante (KREMPI, 2004; LUZARDO; CASTAÑEDA FILHO; RUBIM, 2017), pois a partir dela, é possível entender os padrões de distribuição dos agravos e como o ambiente, a sociedade e a ocupação do espaço influenciam para que aquele agravo aconteça (DUMMER, 2008).

Isto posto, associado à grande população e ao potencial econômico, o Paraná é um estado relevante na epidemiologia dos acidentes ofídicos. Desta forma, este trabalho objetiva investigar os fatores de risco associados ao ofidismo no estado do Paraná, sul do Brasil por meio do uso da análise espacial como ferramenta investigativa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO

A Vigilância Epidemiológica é a ferramenta mais importante no monitoramento da saúde da população, pois através dela é possível determinar o comportamento dos agravos e doenças e assim estabelecer medidas de prevenção, controle e erradicação, além de fornecer orientações à comunidade e aos profissionais de saúde (BRASIL, 2009). O Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) é o principal instrumento da coleta de dados da Vigilância Epidemiológica. O SINAN objetiva:

“(...) coletar, transmitir e disseminar dados gerados rotineiramente pelo Sistema de Vigilância Epidemiológica das três esferas de governo, por intermédio de uma rede informatizada, para apoiar o processo de investigação e dar subsídios à análise das informações de vigilância epidemiológica das doenças de notificação compulsória” (BRASIL, 2007a).

O SINAN foi implantado em 1993, inicialmente por adesão voluntária das Secretarias de Saúde dos Estados e Municípios. A adesão voluntária reforçava a irregularidade no preenchimento dos formulários de notificação dos agravos, fato que foi solucionado somente em 1998, com a regulamentação do SINAN, o que tornou as notificações de determinados agravos, obrigatórias (BRASIL, 1998). Os agravos de notificação compulsória são atualizados periodicamente via portaria ministerial (BRASIL, 2020), e são comuns a todos os estados brasileiros. Uma vez que ocorra algum agravo dessa lista, como acidentes ofídicos, a autoridade de saúde é obrigada a realizar a notificação imediata, em até 24 horas, via sistema, digital ou telefone, à Secretaria Municipal de Saúde (BRASIL, 2020). A notificação também pode ser realizada por qualquer cidadão, porém sem obrigatoriedade. A Secretaria Municipal de Saúde notificará imediatamente a Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde por meios digitais, sem prejuízo da inclusão das informações no SINAN (BRASIL, 2007b, 2018; DANTAS et al., 2009) através do preenchimento de formulários padronizados.

Embora haja obrigatoriedade, a subnotificação prejudica a implantação de políticas de prevenção (DANTAS et al., 2009; LAGUARDIA et al., 2004; NOGUEIRA

JUNIOR et al., 2014; SILVA; OLIVEIRA, 2014). A correta alimentação de sistemas como o SINAN, além de ser um dever do profissional de saúde, subsidia “o processo de produção de informação para ação” (DANTAS et al., 2009), auxilia no delineamento de um perfil epidemiológico, sendo possível o cálculo de incidência, prevalência, letalidade e mortalidade dos pacientes que sofreram acidentes envolvendo animais peçonhentos e dos demais agravos e doenças (MAIA et al., 2019). Uma vez delineado, é possível tomar decisões e direcionar medidas e políticas de prevenção dos acidentes, com foco nos grupos de maior risco (BRASIL, 2018; FRANCO NETTO et al., 2017), evitando sequelas graves e a morte dos acidentados. Logo, o SINAN constitui uma importante ferramenta de monitoramento e avaliação epidemiológica de diversos agravos de notificação, como os acidentes ofídicos.

## 2.2 SERPENTES E ACIDENTES OFÍDICOS

Acidente ofídico ou envenenamento por serpentes é o resultado de alterações patológicas e fisiopatológicas induzidas pela ação deletéria da peçonha inoculada após a picada de cobra ou serpente (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

Desde a implantação do SINAN *online*, no ano de 2007, foram recebidas mais 2,8 milhões de notificações de acidentes por animais peçonhentos no país, das quais 430.263 (15,98%) foram causadas por serpentes e cobras, que são a maior causa de óbitos por picada de animais peçonhentos no Brasil (BRASIL, 2022). Os acidentes por serpentes e cobras ocorrem com grande frequência e concentram-se primariamente em comunidades pobres, rurais e agrárias (BOLON et al., 2020; HABIB; BROWN, 2018; SCHNEIDER et al., 2021).

No Brasil, serpentes, ofídios, víboras e cobras são algumas das designações populares ao mesmo grupo de répteis de corpo alongado com corpo coberto por escamas, ou seja, animais da Classe Reptilia, Ordem Squamata, Subordem Serpentes (MELGAREJO, 2009; WARRELL, 2019). Ainda que em algumas regiões do Brasil haja diferença nas designações “cobra” e “serpente”, especialmente no que tange a presença ou ausência de peçonha, neste trabalho, optou-se pela utilização do termo “serpentes” para se referir a esses animais.

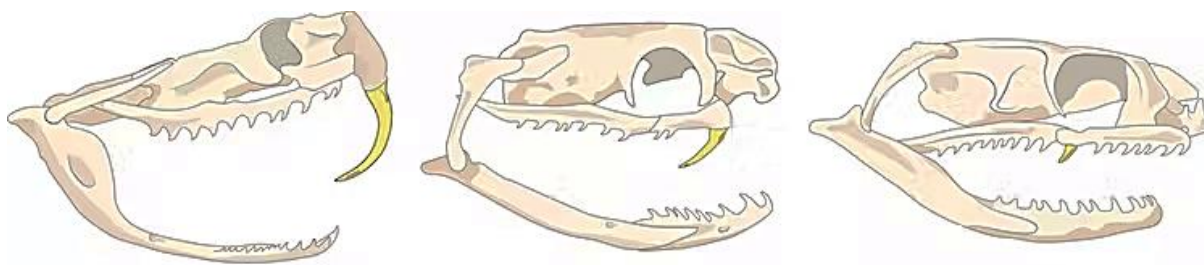
As serpentes são animais ectotérmicos, ou seja, incapazes de regular a temperatura por processos internos como mamíferos e aves. Pertencem à classe Reptilia, ordem Squamata, juntamente com anfisbenas e lagartos, subordem Serpentes, sendo elas as maiores representantes desse grupo, com cerca de 63% das espécies catalogadas. Possuem corpo alongado, desprovido de patas anteriores, podendo ou não ter patas posteriores vestigiais,

apresentam o corpo coberto de escamas epidérmicas, não possuem pálpebras móveis e ouvidos externos (FRAGA et al., 2013).

Existem 412 espécies de serpentes descritas no Brasil (NOGUEIRA et al., 2019), considerado o terceiro colocado em riqueza de espécies de répteis no cenário mundial (COSTA; BÉRNILS, 2018). A região sul do país, conta com uma riqueza de espécies e subespécies de 135 e o Paraná com 114, sendo um dos estados brasileiros com maior número de espécies de serpentes (COSTA; BÉRNILS, 2018). Contudo, salienta-se que ainda existem grandes lacunas na composição da ofidiofauna paranaense (COSTA; BÉRNILS, 2018; MORATO, 2005; NOGUEIRA et al., 2019).

Ainda que a quantidade de espécies e subespécies de serpentes seja de grande relevância no Paraná, poucas espécies são consideradas de importância para a saúde da população. As serpentes de importância médica do Paraná se enquadram nas famílias de serpentes peçonhentas Elapidae e Viperidae, nos gêneros *Bothrops*, *Crotalus* e *Micrurus* (COSTA; BÉRNILS, 2018; PINHO; PEREIRA, 2001). A família Colubridae, a qual pertence a falsa-coral, apesar de não ser considerada peçonhenta, possui as glândulas de Duvernoy na cabeça, responsáveis por secretar substâncias químicas para o processo de digestão e que podem ser tóxicas ao ser humano caso injetadas na pele. Entretanto, a família Colubridae possui denteção opistóglifa (Figura 1) o que dificulta a inoculação da peçonha em humanos (MELGAREJO, 2009; MELGAREJO-GIMÉNEZ, 2002) sendo, portanto, de importância médica reduzida. Por outro lado, as famílias Elapidae e Viperidae, possuem alta especialização da glândula secretora de peçonha juntamente com aparato inoculador muito eficiente, as denteções proteróglifa (Elapidae) e solenóglifa (Viperidae) (FRAGA et al., 2013; FURTADO, 2005; MELGAREJO-GIMÉNEZ, 2002; MORAES, 2008). Dentre as funções adaptativas da peçonha, estão predação e se proteger contra predadores. A composição da peçonha de cada serpente está intimamente ligada ao tipo de grupo alimentar de cada espécie (DELAFONTAINE et al., 2018; FRAGA et al., 2013; FURTADO, 2005; MORAES, 2008).

**Figura 1** - Tipos de dentição de serpentes



**Fonte:** adaptado de CLEUREN; HOCKING; EVANS, 2021.

Da esquerda para direita: dentição solenóglifa, proteróglifa e opistóglifa. Dentes inoculadores de peçonha em amarelo.

Todas as serpentes são carnívoras e se alimentam de presas inteiras, como pequenos mamíferos, outros répteis, inclusive serpentes da mesma espécie, aves, ovos, lesmas, insetos, anfíbios e crustáceos. Seu aparato mandibular possui grande capacidade de deslocamento ósseo, o que permite que se alimentem de presas com até 3,5 vezes o seu diâmetro (FRAGA et al., 2013; FRANCO, 2009). Ainda que a diversidade alimentar das serpentes seja grande, cada espécie possui um grupo alimentar restrito e evoluíram para a captura dessas presas dentro do respectivo grupo alimentar, como a constrição dos boídeos e injeção de peçonha dos viperídeos (FRANCO, 2009; MORAES, 2008). Da mesma forma, a predileção por determinados *habitats*, os hábitos comportamentais e características reprodutivas, difere entre as espécies de serpentes (FRANCO, 2009), e serão tratadas especificamente em cada gênero.

## 2.2.1 Serpentes de Importância Médica do Paraná

### 2.2.1.1 *Bothrops* spp.

Jararaca, jaracuçu, cotiara, urutu e urutu cruzeiro são os nomes populares mais conhecidos para serpentes do gênero *Bothrops*. São as maiores responsáveis pelas notificações de acidentes ofídicos no Brasil e no Paraná (BRASIL, 2022; PARANÁ, [s.d.]) e, em grande parte, deve-se à ampla distribuição desta serpente por boa parte da América do Sul. Estão presentes da Bahia ao nordeste da Argentina, em função da alta adaptabilidade aos diversos habitats sul americanos, como: a Mata Atlântica, matas semidecíduais, matagais,

campos cultivados, áreas abertas, bordas de florestas, regiões litorâneas, fragmentos florestais envoltos por campos cultivados e até mesmo em áreas urbanizadas com alta perturbação antrópica (MORAES, 2008; SAZIMA, 1992).

As jararacas ocupam ambientes desde o nível do mar até mais de 1200 metros de altitude (ANTUNES et al., 2010; BARBO et al., 2016; MORAES, 2008; RIBEIRO; JORGE, 1997), com maior presença em áreas de altitude mais baixa e floresta densa (MORATO, 2005). O hábito alimentar generalista de táxons ancestrais do gênero além da ausência de viperídeos durante a colonização do país, pode ter contribuído para a ampla distribuição do gênero na América do Sul, favorecendo a diversificação taxonômica e ecológica deste gênero (MORAES, 2008; MORATO, 2005).

O gênero *Bothrops* está inserido na subfamília Crotalinae, família Viperidae e possui dentição solenóglifa e fosseta loreal (SAZIMA, 1988). Constituem um grupo endêmico na América do Sul. É composto por espécies terrestres, exceto *Bothrops insularis* (AMORIM et al., 2019; GUIMARÃES et al., 2014), apresenta hábitos predominantemente noturnos e é encontrada com maior facilidade do crepúsculo ao início da noite, devido à preferência desse horário para o deslocamento (SAZIMA, 1988). As espécies documentadas no estado do Paraná são *Bothrops alternatus*, *Bothrops cotiara*, *Bothrops diporus*, *Bothrops itapetiningae*, *Bothrops jararaca*, *Bothrops jaracussu*, *Bothrops moojeni*, *Bothrops neuwiedi* e *Bothrops pauloensis*, sendo *B. jararaca* e *B. jaracussu* as mais numerosas e as principais representantes do grupo na região Sul do Brasil (COSTA; BÉRNILS, 2018; INSTITUTO BUTANTAN, [s.d.]; MELGAREJO, 2009; MORATO, 2005).

A fêmea em geral é maior que o macho, porém o tamanho e padrão de coloração de escamas é variável até mesmo dentro de uma mesma espécie e há predomínio de manchas em forma de “V” invertido (Figura 2). Essa disposição de coloração associada à posição que as jararacas assumem em repouso, dificulta a identificação visual quando sobre folhagens ou serrapilheira (SAZIMA, 1988), num processo de camuflagem. *Bothrops jararaca* atingem em média 1,6m, sendo uma representante de tamanho moderado do gênero (MORAES, 2008), enquanto *B. jaracussu* pode atingir até 2m de comprimento. Um indivíduo adulto pesa, em média, um quilo (ARAÚJO; MARTINS, 2006; SAZIMA, 1988).

**Figura 2** - Padrão de "V" invertido nas escamas de *Bothrops* spp.



Fonte: REPTILE DATABASE, [s. d.].

*Bothrops* possuem reprodução vivípara ou, sazonal, conexa às condições climáticas do local em que está inserida, com a gestação ocorrendo em épocas mais quentes e úmidas (MELGAREJO-GIMÉNEZ, 2002; MORAES, 2008; SAZIMA, 1988), com média de 14 ovos na *B. jararaca* e 50 ovos na *B. moojeni*. Nessa época de reprodução também é possível notar um aumento das visualizações de serpentes em amostragens realizadas por diversos estudos (FURTADO, 2005; MORAES, 2008; MORATO, 2005; SAZIMA, 1988, 1992). A ninhada nasce no início do inverno e varia de 2 a 16 filhotes por fêmea (JANEIRO-CINQUINI, 2004; LEMES, 2019). Os filhotes de *Bothrops*, assim como as demais serpentes peçonhentas, já nascem autônomos para a sobrevivência, dispensando cuidado parental, ou seja, já produzem peçonha e têm aparato para inoculação (MELGAREJO-GIMÉNEZ, 2002). É possível identificar os juvenis pela ponta da cauda mais branca (Figura 3) que os adultos (ANTUNES et al., 2010).

**Figura 3** - Juvenil de *Bothrops* sp. exibindo a ponta de cauda mais esbranquiçada



**Fonte:** ANTUNES et al., 2010.

A alimentação das serpentes do gênero *Bothrops* varia conforme a idade e em menor grau, a espécie. Os jovens se alimentam predominantemente de anfíbios anuros enquanto adultos se alimentam de roedores e preás (MORAES, 2008; SAZIMA, 1988), portanto, juvenis tendem a estar mais presentes em regiões de presença de anfíbios anuros, como matas e pedras associadas a córregos, uma vez que se alimentam preferencialmente (75%) desses animais (ANTUNES et al., 2010; HARTMANN; HARTMANN; GIASSON, 2003. Adultos (80%) preferem roedores, mas podem se alimentar de outras presas como aves e lagartos (ANTUNES et al., 2010). Pode-se afirmar que a presença de serpentes é relacionada à presença de suas presas em um local (ALCÂNTARA et al., 2018; CLEUREN; HOCKING; EVANS, 2021; HARTMANN; HARTMANN; GIASSON, 2003; MORAES, 2008; MORATO, 2005; TURCI et al., 2009).

Assim como todas as peçonhas das serpentes, a peçonha da *Bothrops* é de grande complexidade, constituindo-se de uma mistura de proteínas, enzimas e outros compostos bioativos (D'AMÉLIO et al., 2021; DELAFONTAINE et al., 2018; NICOLAU et al., 2017; WAHEED; MOIN; CHOUDHARY, 2017). Fatores como dieta, variação sazonal, *habitat*, sexo e idade dos animais podem influenciar na composição da peçonha e na sua ação predominante

sobre a presa ou predador (ANTUNES et al., 2010; FURTADO, 2005), o que pode levar a variados níveis de gravidade decorrente dos acidentes ofídicos.

As proteases são a fração mais abundante na peçonha e desempenham ações importantes na patofisiologia do acidente ofídico, induzindo hemorragias, mionecrose, inflamação, lesões cutâneas e distúrbios hemostáticos, sinais muito característicos (DELAFONTAINE et al., 2018). Outras ações também podem ocorrer como fibrinogenolítica, fibrinolítica, agregação plaquetária e trombocitopenia (ANTUNES et al., 2010; D'AMÉLIO et al., 2021; RIBEIRO; JORGE, 1997; SANTORO et al., 2008).

Contudo, os óbitos são menos frequentes e a principal complicação reside em hemorragias e na inflamação local por ativação do sistema complemento (DELAFONTAINE et al., 2018), podendo ser seguida de necrose tecidual intensa, o que frequentemente leva à amputações comprometendo permanentemente a vida da vítima e da comunidade em que está inserida (RIBEIRO; JORGE, 1997; SANTORO et al., 2008; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019). O quadro é agravado caso a vítima faça uso de torniquetes no local da picada ou não procure atendimento médico rapidamente. O tratamento é feito com soro antiofídico de acordo com a gravidade do quadro clínico (FUNASA, 2001).

#### 2.2.1.2 *Crotalus* spp.

Pertencentes à família dos Viperidae e popularmente conhecidas como cascavel, boicininga ou cobra-de-chocalho (GONZALEZ et al., 2020), *Crotalus durissus* é a representante do gênero reportada no Brasil e, das onze subespécies (*Crotalus durissus durissus*, *Crotalus durissus cascavella*, *Crotalus durissus collilineatus*, *Crotalus durissus cumanensis*, *Crotalus durissus marajoensis*, *Crotalus durissus maricelae*, *Crotalus durissus ruruima*, *Crotalus durissus terrificus*, *Crotalus durissus trigonicus*, *Crotalus durissus unicolor* e *Crotalus durissus vegrandis*), somente *C. d. terrificus* foi reportada no Paraná (BOLDRINI-FRANÇA et al., 2010; COSTA; BÉRNILS, 2018; PUCCA et al., 2021), ocupando quase a totalidade do Estado, com exceção dos limites extremo leste e extremo oeste (SILVA-JÚNIOR et al., 2020).

Diferentemente de *Bothrops*, *C. durissus* possui uma distribuição descontínua nas Américas do Sul e Central (ASATO et al., 2020; DUARTE; MENEZES, 2013). Os habitats excluem locais de florestas fechadas e úmidas, como as formações contínuas das Florestas Amazônicas e Atlântica, com preferência áreas abertas e secas, visto que sua história natural cursa com vegetações típicas desse tipo de área (BERTOLUCI et al., 2009; MORATO;

BÉRNILS; MOURA-LEITE, 2017; PUCCA et al., 2021). O desmatamento, a fragmentação florestal e os distúrbios antrópicos, como pastagens e culturas, são fatores que têm sido associados com o aumento de reportes da presença da cascavel no Brasil (ASATO et al., 2020; BENÍCIO, 2018; DUARTE; MENEZES, 2013; PUCCA et al., 2021). Contudo, o comportamento e preferência ambiental de *Crotalus* ainda é pouco conhecido, em comparação com *Bothrops* (BENÍCIO, 2018; DUARTE; MENEZES, 2013; HOYOS; ALMEIDA-SANTOS, 2016).

*Crotalus* são serpentes terrestres, predominantemente crepusculares e, durante o dia, escondem-se em tocas no chão para termorregulação, mantendo-se, em geral, inativas (BENÍCIO, 2018; PUCCA et al., 2021). A cascavel é facilmente diferenciada das demais serpentes peçonhentas pela presença do guizo no final da cauda, que é uma estrutura de quitina que emite um som característico quando balançada. As cascavéis possuem um tamanho médio é 1,2 m de comprimento e um padrão de coloração de escamas pardo e branco (Figura 4), com desenhos predominantemente em forma de diamante (PUCCA et al., 2021; SILVA, 2016). Este padrão de cor associado ao comportamento terrestre, faz com que a visualização da serpente seja dificultada, especialmente se estiver coberta com vegetação e serrapilheira (PUCCA et al., 2021). Este comportamento de camuflagem influencia no comportamento da serpente, onde há preferência por manter-se imóvel e camuflada ao atacar um possível predador (SILVA, 2016).

A alimentação de *C. durissus* consiste em pequenos roedores e não há diferença ontogenética na alimentação (PUCCA et al., 2021; TOZETTI; MARTINS, 2008), ou seja, alimentam-se de presas endotérmicas durante a vida toda, diferentemente de outras espécies do gênero presentes na América do Norte (HOYOS; ALMEIDA-SANTOS, 2016). Estes fatores contribuem para introdução bem sucedida de juvenis em diversas áreas, mesmo aquelas com grande perturbação antrópica, pois essas presas existem em abundância nesses locais (TOZETTI; MARTINS, 2008), e em variadas épocas do ano (HOYOS; ALMEIDA-SANTOS, 2016). Diferem da *Bothrops*, que necessita de um curso d'água enquanto jovem devido à alimentação ser baseada em anfíbios anuros.

**Figura 4** - *Crotalus durissus terrificus* exibindo ponta de cauda quitinosa e padrão de coloração de escamas



Fonte: CANO *et al.*, 2015.

A peçonha da cascavel contém quatro frações principais: crotóxina, convulxina, giroxina e crotamina, presentes em quantidades variadas dentro das subespécies (TASIMA *et al.*, 2020) e que causam sinais predominantemente neurotóxicos, nefrotóxicos e miotóxicos, com graus variados de severidade (BOLDRINI-FRANÇA *et al.*, 2010; MONTEIRO *et al.*, 2001). As concentrações das frações da peçonha crotálica são variáveis de acordo com a distribuição geográfica (ASATO *et al.*, 2020). O acidente crotálico é o que mais causa óbitos dentre as serpentes peçonhentas (SILVA-JÚNIOR *et al.*, 2020).

#### 2.2.1.3 *Micrurus* spp.

*Micrurus* spp. é popularmente conhecida como cobra coral ou coral verdadeira (GONZALEZ *et al.*, 2020). É parente das serpentes naja (*Naja naja*) e da mamba negra (*Dendroaspis polylepis*), espécies exóticas ao Brasil e causadoras de óbitos na Ásia e África. No Paraná, há descrição somente da espécie de *Micrurus corallinus* (COSTA; BÉRNILS, 2018).

São animais discretos, não atacam e o tipo de sua dentição dificulta a picada

em humanos, sendo os acidentes raros. Entretanto, os acidentes com *Micrurus* frequentemente são fatais, visto que sua peçonha é muito tóxica (BUCARETCHI et al., 2016; FURTADO, 2005). Os acidentes ocorrem durante a manipulação ou quando há pisoteio, pois, ainda que a coloração vibrante permita a identificação rápida, a serpente possui hábitos semifossoriais (ALMEIDA-SANTOS; COETI; BASSI, 2017)(ALMEIDA-SANTOS; COETI; BASSI, 2017).

A coloração típica baseia-se em um anel preto com bordas brancas, entre anéis vermelhos (Figura 5). As cobras corais são muito confundidas com as falsas corais em função do mesmo padrão de cores. As falsas corais não são consideradas de importância médica e são pertencentes aos gêneros *Oxyrhopus*, *Erythrolampus*, *Liophis*, *Pliocercus*, *Simophis* (MELGAREJO, 2009).

**Figura 5** – Coloração típica com anéis pretos, brancos e vermelhos de *Micrurus corallinus*



Fonte: REPTILE DATABASE, [s. d.]

A cobra coral tem distribuição ampla dentro do bioma Mata Atlântica, no qual o Paraná está inserido. Tem preferência por *habitat* onde a vegetação é densa e a umidade relativa do ar é maior, como a serra do mar (ALMEIDA-SANTOS; COETI; BASSI, 2017; BASSI, 2016). O ciclo reprodutivo é sazonal e a reprodução é mais elevada na primavera, onde as condições climáticas são mais favoráveis à reprodução (BASSI, 2016). A alimentação das cobras corais é baseada em outras serpentes, inclusive gêneros considerados de importância médica (BUCARETCHI et al., 2016).

A ação da peçonha elapídica é neurotóxica, miotóxica, nefrotóxica, hemorrágica, edematogênica e hemolítica. Em humanos, o bloqueio neuromuscular é o sintoma mais observado, enquanto a necrose é pouco comum. A ação neurotóxica se dá por bloqueio da liberação da acetilcolina pré-sináptica ou por ação pós-sináptica de frações da peçonha que bloqueiam os receptores nicotínicos, sendo a última a predominante (BUCARETCHI et al., 2016; FURTADO, 2005). Há dor discreta no local, acompanhada de parestesia. As manifestações sistêmicas são fraqueza muscular progressiva, com ptose palpebral, oftalmoplegia e fascias miastênica. A maior complicação em acidentes elapídicos é a paralisia respiratória (FUNASA, 2001).

### 2.3 ANÁLISE ESPACIAL NOS AGRAVOS DE SAÚDE

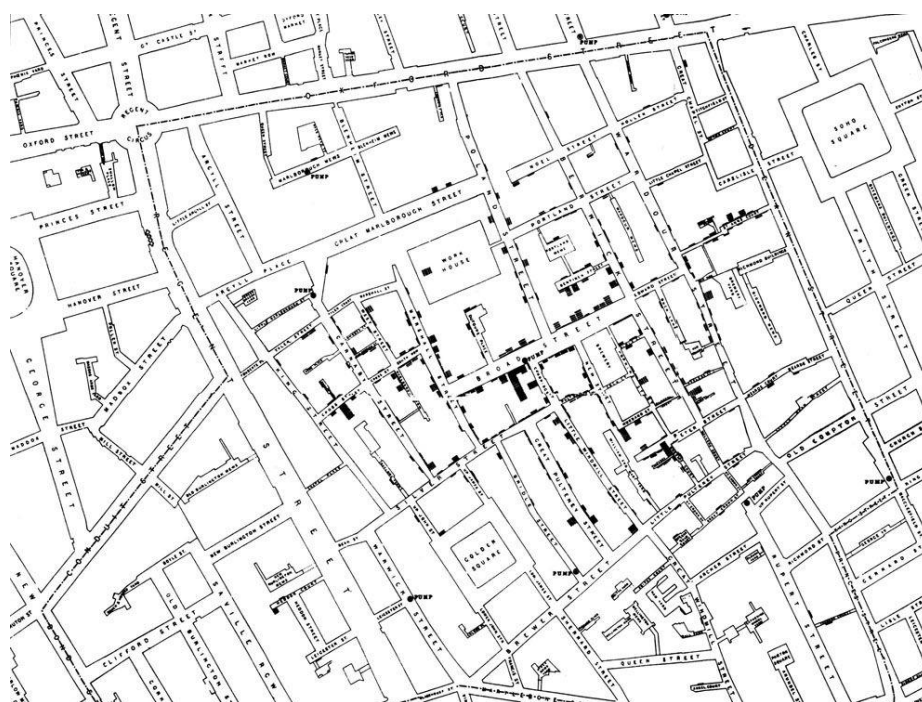
As cidades brasileiras vêm apresentando mudanças na sua dinâmica estrutural e social que implicam no ressurgimento de algumas doenças. Grande parte, senão a totalidade dessas doenças estão intimamente ligadas às condições de existência humana em que o grupo de indivíduos está inserido e, portanto, analisar as doenças somente a nível individual, não abrange todas as variáveis que influenciam na dinâmica ser humano, natureza e agravo (CARVALHO; SOUZA-SANTOS, 2005). Isto posto, a Geografia da Saúde contextualiza a saúde dentro da sociedade e do espaço, bem como sua relação com eles. A Geografia da Saúde é uma ferramenta estritamente ligada à epidemiologia, que enfatiza os padrões e relações espaciais das doenças (DUMMER, 2008).

Os avanços metodológicos permitiram que a Geografia da Saúde pudesse ser mais amplamente utilizada a fim de planejar medidas preventivas e até mesmo prever a distribuição espacial de uma doença e avaliar (BARCELLOS; RAMALHO, 2002; KREMPI, 2004)(BARCELLOS; RAMALHO, 2002; KREMPI, 2004). Entender os padrões de distribuição dos agravos e como o ambiente, sociedade e ocupação do espaço interagem a fim de culminar no agravo, se faz imperativo (DUMMER, 2008). Entretanto, ainda que a importância do conhecimento geográfico na saúde seja importante, poucos artigos sobre o tema são publicados (GUIMARÃES, 2016). Dentre as ferramentas da Geografia da Saúde, encontram-se técnicas matemáticas, estatísticas e computacionais que permitem o tratamento das variáveis geográficas, como a Análise Espacial, cuja ênfase é: “[...] *mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Ou seja, a ideia central é incorporar o espaço à análise que se deseja fazer*”

(CÂMARA et al., 2004).

Ainda que a Análise Espacial tenha sido popularizada recentemente, em especial durante a pandemia de COVID-19 em que o ambiente impactou severamente na transmissão desta doença (BARAJAS-CARRILLO et al., 2022; CORDES; CASTRO, 2020; WANG et al., 2021), John Snow, no século XIX, já utilizava esse conceito em suas análises epidemiológicas. Em 1854, durante um surto de cólera em Londres, doença nova e com pouco conhecimento construído até então, mapeou as residências dos óbitos em decorrência de cólera (Figura 6). Através deste mapeamento, foi possível relacionar a captação de água à ocorrência da doença (SNOW, 1856).

**Figura 6** – Mapa de John Snow das residências com notificações de óbitos por cólera. Londres, 1854.



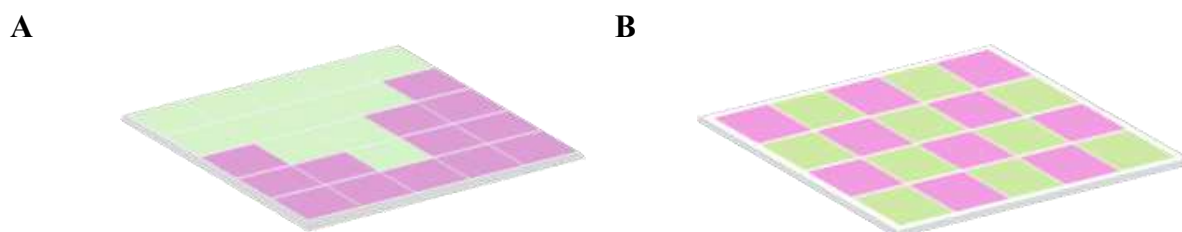
**Fonte:** Center for Diseases Control and Prevention, 2017.

Contudo, o simples mapeamento de um agravo, técnica espacial mais comumente utilizada (CARVALHO; SOUZA-SANTOS, 2005; CAUMO, 2006; KREMPI, 2004), não abrange toda a análise espacial. Para correlacionar a existência desses agravos a uma localização ou distribuição espacial são necessários processos estatísticos. Os processos de análise espacial abrangem visualização, investigação da forma como esses dados estão distribuídos no espaço, se obedecem a um padrão de agregação ou se a distribuição é aleatória, e um modelo estatístico para estimar ou confirmar esses parâmetros (CÂMARA et al., 2004).

Desta forma, as ferramentas de estatística espacial incluem a seleção, onde se busca o banco de dados que se tem interesse, como os dados de notificação do SINAN; manipulação, que são as funções que agregam esses dados a um espaço, como a confecção de mapas georreferenciados dos dados de acidentes ofídicos; análise exploratória, a qual busca o padrão de distribuição e associação espacial desses dados; e análise confirmatória, a qual valida a associação anterior (KREMPI, 2004), como o uso do Índice Local e Global de Moran, uni e bivarido.

O Índice de Moran é a estatística espacial mais utilizada quando se deseja avaliar a correlação da distribuição de dados em um espaço acerca de uma hipótese nula, ou seja, é uma estatística inferencial (ASSUNÇÃO; REIS, 1999; ESRI, 2022). O Índice de Moran varia de -1 a +1, onde valores próximos a zero indicam ausência de correlação espacial, valores positivos indicam correlação positiva, ou seja, áreas com valores similares aos vizinhos – *clusters* (Figura 7). Por sua vez, valores negativos indicam correlação negativa, ou seja, que esses valores não possuem valores similares aos seus vizinhos (BRASIL, 2007b; ESRI, 2022; SANTOS; RAIJA JUNIOR, 2006).

**Figura 7** – Representação esquemática de padrões de distribuição espacial com índices de Moran positivo e negativo



Legenda: A. Padrão de distribuição espacial com índice de Moran positivo. B. Padrão de distribuição espacial com índice de Moran negativo.

Fonte: Gis Geography, 2022. Adaptado.

O Índice de Moran Global avalia a relação de interdependência espacial entre todos os polígonos da área de estudo e fornece um valor único para toda a região enquanto o Índice de Moran Local identifica a relação existente entre um determinado polígono e a sua vizinhança, a partir de uma distância predefinida, chamada de matriz de vizinhança (LUZARDO; CASTAÑEDA FILHO; RUBIM, 2017).

Por intermédio da covariância existente entre os polígonos e suas matrizes, são gerados valores para cada matriz analisada, os chamados Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) (ESRI, 2022; SANTOS; RODRIGUES; LOPES, 2005; SANTOS; RAIJA

JUNIOR, 2006)

A partir desses valores, pode ser gerado um mapa LISA, que podem ser utilizados para analisar locais onde o padrão de distribuição de determinado agravo difere dos demais e assim, possibilitar o direcionamento mais atento a esses locais, devido a sua dinâmica espacial própria (SANTOS; RAIA JUNIOR, 2006).

## 1 2.4 REFERÊNCIAS

- 2 ALCÂNTARA, J. A. et al. Stepping into a dangerous quagmire: Macroecological  
3 determinants of *Bothrops* envenomings, Brazilian Amazon. **PLOS ONE**, v. 13, n. 12, p.  
4 e0208532, 6 dez. 2018.
- 5 ALMEIDA-SANTOS, S. M. DE; COETI, R. Z.; BASSI, E. A. *Micrurus corallinus*  
6 reproduction. **Herpetological Review**, v. 48, n. 4, p. 862–863, 2017.
- 7 AMORIM, L. G. DOS S. et al. First record of mating of *Bothrops insularis* (Serpentes:  
8 Viperidae) in nature, with comments on sexual behaviour. **Herpetology Notes**, v. 12, p.  
9 225–227, 2019.
- 10 ANTUNES, T. C. et al. Comparative analysis of newborn and adult *Bothrops jararaca*  
11 snake venoms. **Toxicon**, v. 56, n. 8, p. 1443–1458, dez. 2010.
- 12 ARAÚJO, M. S.; MARTINS, M. Defensive behaviour in pit vipers of the genus  
13 *Bothrops* (Serpentes, Viperidae). **Herpetological Journal**, v. 16, p. 297–303, 2006.
- 14 ASATO, M. S. et al. Envenoming by the rattlesnake *Crotalus durissus ruruima* in the  
15 state of roraima, Brazil. **Toxicon: X**, v. 8, p. 100061, dez. 2020.
- 16 ASSUNÇÃO, R. M.; REIS, E. A. A new proposal to adjust moran's I for population  
17 density. **Statistics in Medicine**, v. 18, p. 2147–2162, 1999.
- 18 BARAJAS-CARRILLO, V. W. et al. SARS-CoV-2 transmission risk model in an urban  
19 area of Mexico, based on GIS analysis and viral load. **International Journal of**  
20 **Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 7, 24 mar. 2022.
- 21 BARBO, F. E. et al. Another new and threatened species of lancehead genus *Bothrops*  
22 (Serpentes, Viperidae) from Ilha dos Franceses, Southeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 4097,  
23 n. 4, p. 511–529, 2016.
- 24 BARCELLOS, C.; RAMALHO, W. Situação atual do geoprocessamento e da análise de  
25 dados espaciais em saúde no Brasil. **Revista de Informática Pública**, v. 4, n. 2, p. 221–  
26 230, 2002.

- 1 BASSI, E. A. **A influência de variações climáticas no ciclo reprodutivo de corais**  
2 **verdadeiras *Micrurus corallinus* e *Micrurus frontalis***. Dissertação—São José do Rio  
3 Preto: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2016.
- 4 BENÍCIO, R. A. Notes on habitat use of *Crotalus durissus* (South american  
5 rattlesnake). **Herpetology Notes**, v. 11, p. 645–646, 2018.
- 6 BERTOLOZZI, M. R.; SCATENA, C. M. DA C.; FRANÇA, F. O. DE S.  
7 Vulnerabilities in snakebites in Sao Paulo, Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 49,  
8 2015.
- 9 BERTOLUCI, J. et al. Herpetofauna da Estação Ambiental de Peti, um fragmento de  
10 Mata Atlântica do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, n.  
11 1, p. 147–155, 2009.
- 12 BOLDRINI-FRANÇA, J. et al. Snake venomics and antivenomics of *Crotalus durissus*  
13 subspecies from Brazil: Assessment of geographic variation and its implication on  
14 snakebite management. **Journal of Proteomics**, v. 73, n. 9, p. 1758–1776, ago. 2010.
- 15 BOLON, I. et al. Identifying the snake: First scoping review on practices of  
16 communities and healthcare providers confronted with snakebite across the world.  
17 **PLoS ONE**, v. 15, n. 3, p. 1–24, 2020.
- 18 BRASIL. **Portaria FUNASA/MS nº 073, de 9 de março de 1998.** , 1998.
- 19 BRASIL. **Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Normas e Rotinas.**  
20 [s.l: s.n.].
- 21 BRASIL. **Introdução à estatística espacial para a saúde pública.** [s.l.] Ministério da  
22 Saúde, 2007b. v. 3
- 23 BRASIL. **Guia de Vigilância Epidemiológica.** 7. ed. Brasília: Ministério da Saúde,  
24 2009.
- 25 BRASIL. **Instruções para preenchimento da ficha de investigação de intoxicação**  
26 **exógena.** Brasília: Ministério da Saúde, 2018.
- 27 BRASIL. **Portaria Ministério da Saúde nº 264 - Dispõe sobre a lista Nacional de**

- 1 **Notificação Compulsória de doenças, agravos e eventos de saúde pública.** , 2020.  
2 Disponível em:  
3 <[https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2020/prt0264\\_19\\_02\\_2020.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2020/prt0264_19_02_2020.html)>.  
4 Acesso em: 31 jan. 2021
- 5 BRASIL. **SINANWEB - Doenças e Agravos.** Disponível em:  
6 <<http://portalsinan.saude.gov.br/doencas-e-agravos>>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- 7 BUCARETCHI, F. et al. Coral snake bites (*Micrurus* spp.) in Brazil: A review of  
8 literature reports. **Clinical Toxicology**, v. 54, n. 3, p. 222–234, 2016.
- 9 CÂMARA, G. et al. Análise espacial e geoprocessamento. Em: DRUCK, S. et al.  
10 (Eds.). **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 2004.
- 11 CARVALHO, M. S.; SOUZA-SANTOS, R. Análise de dados espaciais em saúde  
12 pública: métodos, problemas, perspectivas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n. 2, p.  
13 361–378, 2005.
- 14 CAUMO, R. B. **Estatística Espacial em Dados de Área: Uma Modelagem**  
15 **Inteiramente Bayesiana para o Mapeamento de Doenças Aplicada à Dados**  
16 **Relacionados com a Natalidade em Mulheres Jovens de Porto Alegre.**  
17 Monografia—[s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- 18 CLEUREN, S. G. C.; HOCKING, D. P.; EVANS, A. R. Fang evolution in venomous  
19 snakes: Adaptation of 3D tooth shape to the biomechanical properties of their prey.  
20 **Evolution**, v. 75, n. 6, p. 1377–1394, 11 jun. 2021.
- 21 CORDES, J.; CASTRO, M. C. Spatial analysis of COVID-19 clusters and contextual  
22 factors in New York City. **Spatial and Spatio-temporal Epidemiology**, v. 34, p.  
23 100355, ago. 2020.
- 24 COSTA, H. C.; BÉRNILS, R. S. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista  
25 de espécies. **Herpetologia Brasileira**, v. 8, n. 1, p. 11–57, 2018.
- 26 D'AMÉLIO, F. et al. *Bothrops moojeni* venom and its components - an overview.  
27 **Journal of Venon Research**, v. 11, p. 26–33, 2021.
- 28 DANTAS, A. DE P. C. et al. Acidentes por Animais Peçonhentos. Em: BRASIL.

- 1 MINISTÉRIO DA SAÚDE (Ed.). **Guia de Vigilância Epidemiológica**. 7. ed. Brasília:  
2 Ministério da Saúde, 2009. p. 24.
- 3 DELAFONTAINE, M. et al. Venom from *Bothrops lanceolatus*, a snake sSpecies  
4 native to Martinique, potently activates the complement system. **Journal of**  
5 **Immunology Research**, v. 2018, p. 1–11, 15 jul. 2018.
- 6 DUARTE, M.; MENEZES, F. Is the population of *Crotalus durissus* (Serpentes,  
7 Viperidae) expanding in Brazil? **Journal of Venomous Animals and Toxins including**  
8 **Tropical Diseases**, v. 19, n. 1, p. 30, 2013.
- 9 DUMMER, T. J. B. Health geography: supporting public health policy and planning.  
10 **Canadian Medical Association Journal**, v. 178, n. 9, p. 1177–1180, 22 abr. 2008.
- 11 ESRI. **How Spatial Autocorrelation (Global Moran’s I) works**. Disponível em:  
12 <[https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-](https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/spatial-autocorrelation.htm)  
13 [autocorrelation.htm](https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/spatial-autocorrelation.htm)>.
- 14 FRAGA, R. DE et al. **Guia de Cobras da região de Manaus - Amazônia Central**.  
15 Manaus: Editora Inpa, 2013.
- 16 FRANCO, F. L. Origem e Diversidade das Serpentes. Em: CARDOSO, J. L. C. et al.  
17 (Eds.). **Animais Peçonhentos no Brasil: Biologia, clínica e terapêutica dos**  
18 **acidentes**. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Savier, 2009. p. 22–41.
- 19 FRANCO NETTO, G. et al. Vigilância em saúde brasileira: reflexões e contribuição ao  
20 debate da 1<sup>a</sup> Conferência Nacional de Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**,  
21 v. 22, n. 10, p. 3137–3148, 2017.
- 22 FUNASA. **Manual de Diagnóstico e Tratamento de Acidentes por Animais**  
23 **Peçonhentos**. 2. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2001.
- 24 FURTADO, M. DE F. D. Aspectos sistemáticos e biológicos que atuam na diversidade  
25 da composição de venenos em serpentes peçonhentas brasileiras. **Herpetologia no**  
26 **Brasil**, v. II, 2005.
- 27 GONZALEZ, R. C. et al. Lista Dos Nomes Populares Dos Répteis No Brasil – Primeira  
28 Versão. **Herpetologia Brasileira**, v. 9, n. 2, p. 121–214, 2020.

- 1 GUIMARÃES, M. et al. Population dynamics of the critically endangered golden  
2 lancehead pitviper, *Bothrops insularis*: Stability or decline? **PLoS ONE**, v. 9, n. 4,  
3 2014.
- 4 GUIMARÃES, R. B. Geografia e saúde coletiva no Brasil. **Saude e Sociedade**, v. 25, n.  
5 4, p. 869–879, 2016.
- 6 GUTIÉRREZ, J. M. et al. Snakebite envenoming from a global perspective: Towards an  
7 integrated approach. **Toxicon**, v. 56, n. 7, p. 1223–1235, 15 dez. 2010.
- 8 HABIB, A. G.; BROWN, N. I. The snakebite problem and antivenom crisis from a  
9 health-economic perspective. **Toxicon**, v. 150, p. 115–123, 1 ago. 2018.
- 10 HARTMANN, P. A.; HARTMANN, M. T.; GIASSON, L. O. M. Uso do hábitat e  
11 alimentação em juvenis de *Bothrops jararaca* (Serpentes, Viperidae) na Mata Atlântica  
12 do sudeste do Brasil. **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 2, n. 1, p. 35, 1 jun.  
13 2003.
- 14 HOYOS, M. A.; ALMEIDA-SANTOS, S. M. The South-American rattlesnake *Crotalus*  
15 *durissus*: feeding ecology in the central region of Brazil. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 3,  
16 2016.
- 17 INSTITUTO BUTANTAN. **Serpentes Peçonhentas**. Disponível em:  
18 <<http://www.butantan.gov.br/biblioteca/producao-cientifica>>. Acesso em: 30 nov. 2018.
- 19 JANEIRO-CINQUINI, T. R. F. Capacidade reprodutiva de *Bothrops jararaca*  
20 (Serpentes, Viperidae). **Iheringia. Série Zoologia**, v. 94, n. 4, p. 429–431, 30 dez.  
21 2004.
- 22 KREMPI, A. P. **Explorando recursos de estatística espacial para análise da**  
23 **acessibilidade da cidade de Bauru**. Dissertação—[s.l.] Escola de Engenharia, 2004.
- 24 LAGUARDIA, J. et al. Sistema de informação de agravos de notificação (SINAN):  
25 desafios no desenvolvimento de um sistema de informação em saúde. **Epidemiologia e**  
26 **Serviços de Saúde**, v. 13, n. 3, p. 135–147, 2004.
- 27 LEMES, L. R. **Avaliação do comportamento reprodutivo: dança, combate, corte e**  
28 **cópula em *Bothrops atrox* (Linnaeus, 1758) em cativeiro**. Trabalho de conclusão de

- 1 curso (especialização)—[s.l.] Instituto Butantan, 2019.
- 2 LUZARDO, A. J. R.; CASTAÑEDA FILHO, R. M.; RUBIM, I. B. Análise espacial  
3 exploratória com o emprego do Índice de Moran. **GEogaphia**, v. 19, n. 40, p. 161–179,  
4 2017.
- 5 MAIA, D. A. B. et al. Avaliação da implantação do Sistema de Informação de Agravos  
6 de Notificação em Pernambuco, 2014. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, n. 1,  
7 2019.
- 8 MELGAREJO, A. R. Serpentes Peçonhentas do Brasil. Em: CARDOSO, J. L. C. et al.  
9 (Eds.). **Animais Peçonhentos no Brasil: Biologia, clínica e terapêutica dos**  
10 **acidentes**. 2. ed. São Paulo: Servier, 2009. p. 43–70.
- 11 MELGAREJO-GIMÉNEZ, A. R. Criação e manejo de serpentes. Em: ANDRADE, A.;  
12 PINTO, S. C.; OLIVEIRA, R. S. (Eds.). **Animais de Laboratório: criação e**  
13 **experimentação**. Rio de Janeiro: [s.n.]. p. 175–199.
- 14 MONTEIRO, H. S. A. et al. Actions of *Crotalus durissus terrificus* venom and crotoxin  
15 on the isolated rat kidney. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.  
16 34, n. 10, p. 1347–1352, out. 2001.
- 17 MORAES, R. A. DE. **Variações em caracteres morfológicos e ecológicos em**  
18 **populações de *Bothrops jararaca* (Serpentes: Viperidae) no estado de São Paulo**.  
19 Dissertação—[s.l.] Universidade de São Paulo, 2008.
- 20 MORATO, S. A. A. Serpentes da região Atlântica do Estado do Paraná, Brasil:  
21 diversidade, distribuição e ecologia. **Curso de Pós-Graduação em Zoologia, Setor de**  
22 **Ciências Biológicas**, n. 1993, p. 165, 2005.
- 23 MORATO, S. A. A.; BÉRNILS, R. S.; MOURA-LEITE, J. C. DE. **Répteis de**  
24 **Curitiba: Coletânea de registros**. 1. ed. Curitiba: Hori Cadernos Técnicos, 2017.
- 25 NICOLAU, C. A. et al. An in-depth snake venom proteopectidome characterization:  
26 benchmarking *Bothrops jararaca*. **Journal of Proteomics**, v. 151, p. 214–231, 2017.
- 27 NOGUEIRA, C. C. et al. Atlas of Brazilian Snakes: Verified Point-Locality Maps to  
28 Mitigate the Wallacean Shortfall in a Megadiverse Snake Fauna. **South American**

- 1 **Journal of Herpetology**, v. 14, n. sp1, p. 1, 31 dez. 2019.
- 2 NOGUEIRA JUNIOR, C. et al. Characterization of epidemiological surveillance  
3 systems for healthcare-associated infections (HAI) in the world and challenges for  
4 Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, n. 1, p. 11–20, jan. 2014.
- 5 PARANÁ. **Acidentes por animais peçonhentos**. Disponível em:  
6 <<https://www.saude.pr.gov.br/Pagina/Acidentes-por-animais-peconhentos>>. Acesso em:  
7 22 ago. 2022.
- 8 PINHO, F. M. O.; PEREIRA, I. D. Ofidismo. **Revista da Associação Médica**  
9 **Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 24–29, 2001.
- 10 PUCCA, M. B. et al. *Crotalus durissus ruruima*: Current knowledge on natural history,  
11 medical importance, and clinical toxinology. **Frontiers in Immunology**, v. 12, n. June,  
12 p. 1–22, 2021.
- 13 RIBEIRO, L. A.; JORGE, M. T. Acidente por serpentes do gênero *Bothrops*: série de  
14 3.139 casos. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 30, n. 6, p.  
15 475–480, dez. 1997.
- 16 SANTORO, M. L. et al. Haematological evaluation of patients bitten by the jararaca,  
17 *Bothrops jararaca*, in Brazil. **Toxicon**, v. 51, n. 8, p. 1440–1448, 2008.
- 18 SANTOS, A. E. DOS; RODRIGUES, A. L.; LOPES, D. L. **Aplicações de estimadores**  
19 **bayesianos empíricos para análise espacial de taxas de mortalidade**. Anais do VII  
20 Simpósio Brasileiro de Geoinformática. **Anais...**Campos do Jordão: INPE, 2005.  
21 Disponível em: <[http://mtc-](http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/geoinfo@80/2006/07.11.13.29/doc/P63.pdf)  
22 [m16c.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/geoinfo@80/2006/07.11.13.29/doc/P63.pdf](http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/geoinfo@80/2006/07.11.13.29/doc/P63.pdf)>. Acesso  
23 em: 23 maio. 2021
- 24 SANTOS, L. DOS; RAIÁ JUNIOR, A. A. Análise espacial de dados geográficos: a  
25 utilização da Exploratory spatial data analysis - ESDA para identificação de áreas  
26 críticas de acidentes de trânsito no município de São Carlos (SP). **Sociedade &**  
27 **Natureza**, v. 18, n. 35, p. 97–107, 2006.
- 28 SAZIMA, I. Um estudo de biologia comportamental da jararaca, *Bothrops jararaca*,

- 1 com uso de marcas naturais. **Memórias do Instituto Butantan**, v. 50, n. 3, p. 83–99,  
2 1988.
- 3 SAZIMA, I. Natural history of the jararaca pitviper, *Bothrops jararaca*, in southeastern  
4 Brazil. Em: CAMPBELL, J. A.; BRODIE, E. D. (Eds.). **Biology of Pitvipers**. 1. ed.  
5 [s.l.] Selva, 1992. p. 199–216.
- 6 SCHNEIDER, M. C. et al. Overview of snakebite in Brazil: Possible drivers and a tool  
7 for risk mapping. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 1, p. 1–18, 29 jan. 2021.
- 8 SILVA, G. A. DA; OLIVEIRA, C. M. G. DE. O registro das doenças de notificação  
9 compulsória: a participação dos profissionais da saúde e da comunidade. **Revista de**  
10 **Epidemiologia e Controle de Infecção**, v. 4, n. 3, p. 215–220, 30 dez. 2014.
- 11 SILVA, F. M. M. **Mecanismos de defesa em *Crotalus durissus* ( Linnaeus , 1758 ) (**  
12 **Serpentes , Viperidae ) em cativeiro e suas interações intraespecíficas.**  
13 Dissertação—[s.l.] Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.
- 14 SILVA-JÚNIOR, L. N. DA et al. Geographic variation of individual venom profile of  
15 *Crotalus durissus* snakes. **Journal of Venomous Animals and Toxins Including**  
16 **Tropical Diseases**, v. 26, n. March, p. 1–16, 2020.
- 17 SNOW, J. **Cholera and the water supply in the south districts of London, in 1854.**  
18 Disponível em: <<http://resource.nlm.nih.gov/101216228>>.
- 19 TASIMA, L. J. et al. Crotamine in *Crotalus durissus*: Distribution according to  
20 subspecies and geographic origin, in captivity or nature. **Journal of Venomous**  
21 **Animals and Toxins Including Tropical Diseases**, v. 26, n. March 2020, p. 1–14,  
22 2020.
- 23 TOZETTI, A. M.; MARTINS, M. Habitat use by the South-American rattlesnake  
24 (*Crotalus durissus*) in south-eastern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 42, n. 19–  
25 20, p. 1435–1444, maio 2008.
- 26 TURCI, L. C. B. et al. Uso do hábitat, atividade e comportamento de *Bothriopsis*  
27 *bilineatus* e de *Bothrops atrox* (Serpentes: Viperidae) na floresta do Rio Moe, Acre,  
28 Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 197–206, set. 2009.

- 1 WAHEED, H.; MOIN, S. F.; CHOUDHARY, M. I. Snake venom: from deadly toxins  
2 to Life-saving therapeutics. **Current Medicinal Chemistry**, v. 24, n. 17, 4 jul. 2017.
- 3 WANG, Q. et al. Temporal and spatial analysis of COVID-19 transmission in China  
4 and its influencing factors. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 105, p.  
5 675–685, 2021.
- 6 WARRELL, D. A. Venomous bites, stings, and poisoning: an update. **Infectious**  
7 **Disease Clinics of North America**, v. 33, n. 1, p. 17–38, mar. 2019.
- 8 WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Snakebite envenoming -- A strategy for**  
9 **prevention and control.**
- 10
- 11

### 1 3 HIPÓTESE

2 Fatores espaciais, ambientais e socioeconômicos aumentam o risco para  
3 a ocorrência e para os óbitos por acidentes com serpentes em humanos no Estado do  
4 Paraná.  
5

## 1 5 OBJETIVOS

### 2 5.1 OBJETIVO GERAL

3 Determinar os fatores espaciais, ambientais e socioeconômicos  
4 associados ao risco de acidentes com serpentes a partir de dados de notificação dos casos  
5 no Estado do Paraná.

### 6 5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 7 • Coletar os dados de notificação de acidentes ofídicos do Sistema de  
8 Informação de Agravos de Notificação (SINAN) dos anos de 2007 a  
9 2021;
- 10 • Realizar a análise espacial dos dados e correlacionar, por meio de  
11 testes estatísticos espaciais, os casos notificados às variáveis  
12 ambientais, socioeconômicas e espaciais;
- 13 • Classificar os municípios quanto ao grau de risco para acidentes  
14 ofídicos e confeccionar mapas temáticos da ocorrência desses  
15 acidentes.  
16

1 **6 ARTIGO ANÁLISE ESPACIAL E FATORES ASSOCIADOS AO RISCO**  
2 **PARA OFIDISMO NO PARANÁ, SUL DO BRASIL.**

3  
4 *Submitted to Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*

5  
6 **Abstract**

7  
8 Snakebite accidents cause serious sequelae and death that can impact the life of  
9 individuals as well as the community in which they are located. The state of Paraná houses  
10 three of the five medically important snake genera in Brazil. Therefore, understanding the  
11 factors associated with snakebite risk in Paraná is imperative, because it is considered a  
12 neglected disease. This study aimed to determine the spatial, environmental, and  
13 socioeconomic factors associated with snakebite risk based on notification data of cases  
14 in the state of Paraná through spatial analysis. Notification and socioeconomic data were  
15 collected from the online platforms of the National System of Notifiable Diseases  
16 (SINAN), from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The land cover  
17 and land use maps were extracted from the Mapbiomas platform in raster format and were  
18 converted into vectors in the QGIS software, then the proportions in km<sup>2</sup> of land use and  
19 land cover were calculated. All data obtained were tabulated in Microsoft Excel 365  
20 software. For spatial analysis, GeoDa software version 1.20 was used, where the Global  
21 and Local Moran index was calculated to assess spatial correlations. Between 2007 and  
22 2021, 12,877 notifications were received. The average incidence for the state was 8.22  
23 accidents per 100,000 inhabitants. In the spatial analysis, the main factors attributed to  
24 the risk for snakebite were the presence of native, mangrove forest, apicuns, and  
25 monospecific planted forest. The population group at greatest risk is rural residents and  
26 workers. Also, the absence of basic sanitation and adequate garbage collection and  
27 destination were positively correlated with snakebites. Intensive crops, with intensive use  
28 of mechanization and pastures showed negative spatial correlation. This study allowed  
29 the identification of the main factors associated with snakebite risk. Thus, it is possible to  
30 exert more direct efforts to prevent snakebite accidents in populations at risk.

31  
32 **Keywords:** *Bothrops; Crotalus; Micrurus*; Atlantic Forest; snakes; neglected disease;  
33 SINAN; IBGE.

## 1 **1. Background**

2  
3 The venom inoculated by snakebites can induce pathological and  
4 pathophysiological changes that result in a disease known as ophidism or snakebite  
5 envenomation (World Health Organization, 2019).

6 In many cases, snakebite envenomation can result in death or serious sequelae.  
7 The social and economic impact is high, because a single affected individual impacts the  
8 family and/or the community in which he is inserted (Bertolozzi et al., 2015; Gutiérrez et  
9 al., 2010; World Health Organization, 2019), especially if he is located in poor regions,  
10 as is the case with most snakebites. Snakebites are considered a health, social, and  
11 economic problem (Australian Venon Research Unit, 2022) and are included in the World  
12 Health Organization's category A of neglected diseases (World Health Organization,  
13 2019). Therefore, actions to mitigate snakebite accidents must be implemented (World  
14 Health Organization, 2018) and understanding the epidemiological aspects related to the  
15 occurrence of snakebites is, therefore, crucial in combating the disease.

16 Among epidemiological analysis tools, spatial analysis is a relevant methodology  
17 for investigating spatial aspects (Krempi, 2004; Luzardo et al., 2017) related to ophidism.

18 Paraná is home to three of the five genera of snakes considered of medical  
19 importance in Brazil: *Bothrops*, *Crotalus*, and *Micrurus* (Costa & Bérnils, 2018). It is a  
20 heavily populated state, with a high rate of agricultural production and one of the largest  
21 producers of monocultures, such as soy and sugar cane, in Brazil and the second largest  
22 producer of livestock in Brazil (IBGE, 2017a, 2021; Secretaria de Estado da Agricultura  
23 e do Abastecimento, 2017). Thus, based on the notification data of snakebites and their  
24 economic potential, Paraná is an important state in the epidemiology of snakebites. This  
25 study aimed to investigate the risk factors associated with snakebites in Paraná, southern  
26 Brazil.

## 27 **2. Methods**

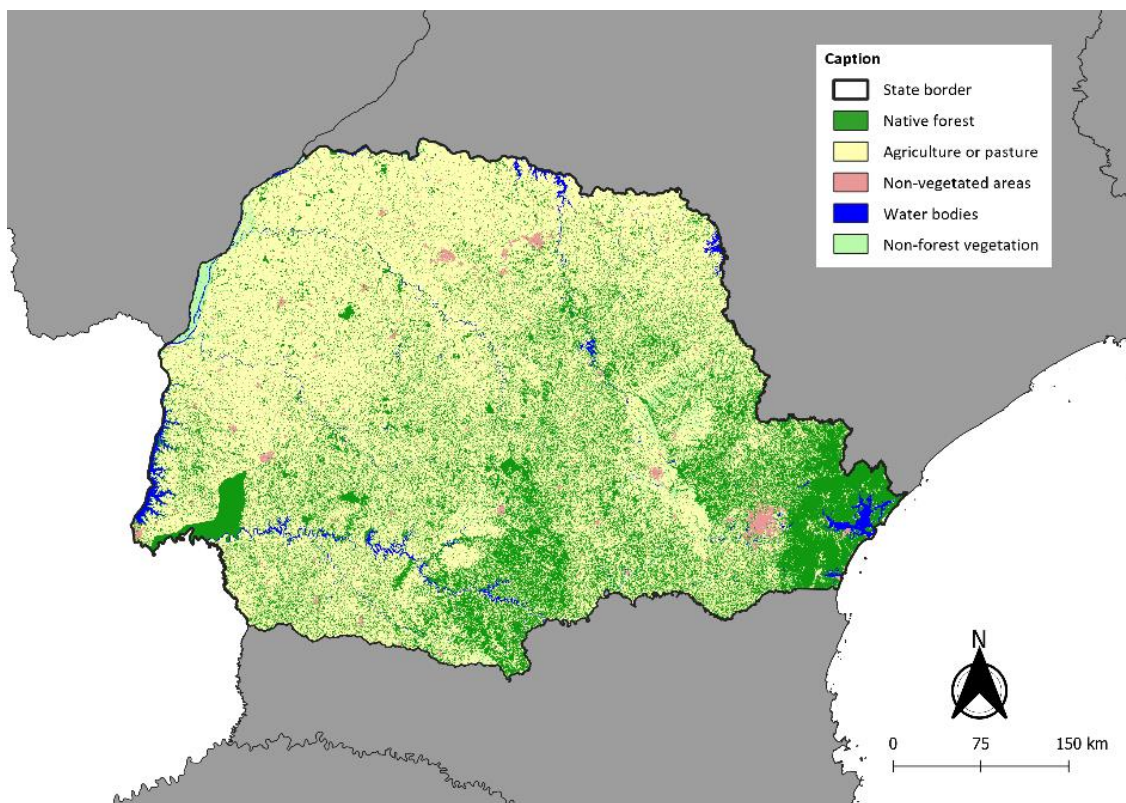
### 28 *2.1. Study design, population, and study area*

29  
30  
31  
32 This was an observational descriptive ecological study conducted in the state of  
33 Paraná, southern Brazil. The Paraná area is 199,298,981 km<sup>2</sup> with varied soil cover and  
34 use, with native vegetation concentrated mainly on the coast, while agriculture and

1 pasture are concentrated in the northwest of the State (Figure 1). The state has 399  
2 municipalities, which are grouped into six Intermediate Geographic Regions (IGR)  
3 (Figure 2) according to social and economic similarities and subdivided into Immediate  
4 Geographic Regions according to similarities in spatial organization (IBGE, 2017b).

5 According to the last Demographic Census, the state's population was 10,444,526,  
6 of which 1,531,834 (17.2%) lived in rural areas (IBGE, 2010). The population estimate  
7 for 2021 is 11,597,484. The mean demographic density was 52.40 inhab/km<sup>2</sup>. The human  
8 development index (HDI) was 0.749, and the gross domestic product was 626,175 million  
9 reais, making Paraná the fourth state with the highest national HDI in the first quarter of  
10 2022 (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2022).

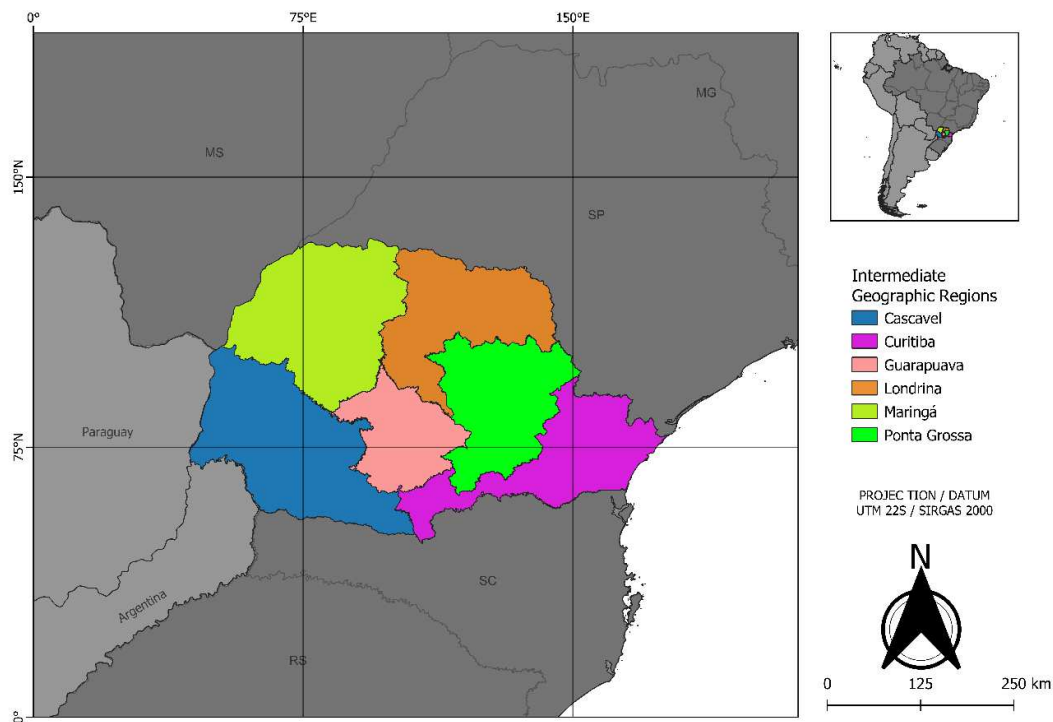
11  
12 **Figure 1** - Paraná land use and land cover, 2021.



13  
14 **Source:** Adapted from Mapbiomas, 2021.

15  
16  
17  
18  
19

1 **Figure 2** - Location of the State of Paraná in Brazil and its Intermediate Geographic  
 2 Regions.



3  
 4 **Source:** the author with IBGE data, 2022.

## 5 6 *2.2. Data source, variables, and study period*

7  
 8 Snakebite accident notification data were collected by the year of occurrence,  
 9 municipality, and total number of snakebite accidents in the study period, state, and  
 10 municipality. These data were obtained from the online platform of the National  
 11 Information System for Notifiable Diseases (Brasil, 2022b) from February 2022 to June  
 12 2022. The period chosen for this study was from 2007 to 2021, and the initial year referred  
 13 to the year of implementation of the online system, which facilitated the feeding of data  
 14 from the Primary Care Service to Health. The year 2022 was excluded from the study  
 15 owing to incomplete system feeding during the data collection period.

16 The environmental variables collected were land cover, climate, average annual  
 17 temperature, altitude, and average annual precipitation in the state of Paraná. The  
 18 demographic and socioeconomic variables collected were total municipal population,  
 19 rural and urban municipal population, number of people per type of work performed, form  
 20 of garbage collection, and destination of household waste. All data were collected from  
 21 open sources through public consultations.

Demographic and socioeconomic data were extracted from the website of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), referring to the last Demographic Census conducted in the country (2010). Based on this information, the average incidence in the study period and the annual incidence of snakebites were calculated, both per municipality and per 100,000 inhabitants.

The state railway network map was extracted in shapefile format from the Brazilian Ministry of Infrastructure website (Brasil, 2022a). Only railways that were actively used during the study period were considered. The shapefile shows the length of the railways in km<sup>2</sup>, which were converted into m<sup>2</sup> to standardize the measurements. The shapefiles of the country's railway network, municipal boundaries, and state boundaries were also extracted from the IBGE.

Data on land cover in the state and municipalities were extracted from Collection 7 on the Mapbiomas platform (Mapbiomas, 2022). The file with the data generated in raster format (photographic images composed of pixels) was transformed into a vector format in the QGis Hannover software version 3.16 (Equipe de Desenvolvimento QGis, 2022). Accordingly, the proportions in m<sup>2</sup> of the land cover variables were calculated. The collected variables, along with their data sources, are summarized in Table 1. All data were tabulated and geocoded according to the IBGE municipal geocode using Microsoft Excel<sup>®</sup> software.

**Table 1** - Categories of collected variables and data source used for the spatial analysis of snakebites in Paraná. 2007-2022.

Category	Variable	Data source
Notifications	Total notification	SINAN Net (Brasil, 2022b)
	Notifications by municipality	
	Annual notifications by municipality	
Demographic and Socioeconomic	State's total population	Demographic census 2010 (IBGE, 2010)
	Total population of the municipality	
	Rural population of the municipality	
	Municipal urban population	
	Area in m <sup>2</sup>	
	Municipal population density	
	State population density	
	Number of workers by type of work performed	
	Households by type of housing construction material	
Crop cultivation area in m <sup>2</sup>		

	Number of health units with antivenom treatment	
	Households by type of garbage collection	
	Households by type of sewage collection	
	Length of active rail network in m <sup>2</sup>	Brazil Ministry of Infrastructure (Brasil, 2022a)
<b>Environmental</b>	Altitude	Köppen climate classification (Aparecido et al., 2016)
	Municipal average temperature	
	Municipal average precipitation	
	Land use and cover <ul style="list-style-type: none"> <li>• Native forest formation</li> <li>• Savanna formation</li> <li>• Forest formation associated with the mangrove ecosystem</li> <li>• Forest planted for commercial purposes</li> <li>• Flooded field and area</li> <li>• Campestral formations</li> <li>• Apicum</li> <li>• Rocky outcrop</li> <li>• Other plant formations (herbaceous vegetation with fluviomarine influence)</li> <li>• Pasture</li> <li>• Temporary crops (soy, sugarcane, and others)</li> <li>• Perennial crops (coffee, citrus and others)</li> <li>• Silviculture</li> <li>• Mosaic of agropasture (differentiation between farming and agricultural activity impossible)</li> <li>• Beaches and dunes</li> <li>• Urban infrastructure</li> <li>• Mining</li> <li>• Other non-vegetated areas</li> <li>• Water bodies (rivers, lakes, ocean)</li> <li>• Aquaculture</li> </ul>	Mapbiomas collection 7 (Mapbiomas, 2022)

1 **Source:** the autor

2

3 *2.3. Spatial analysis*

4

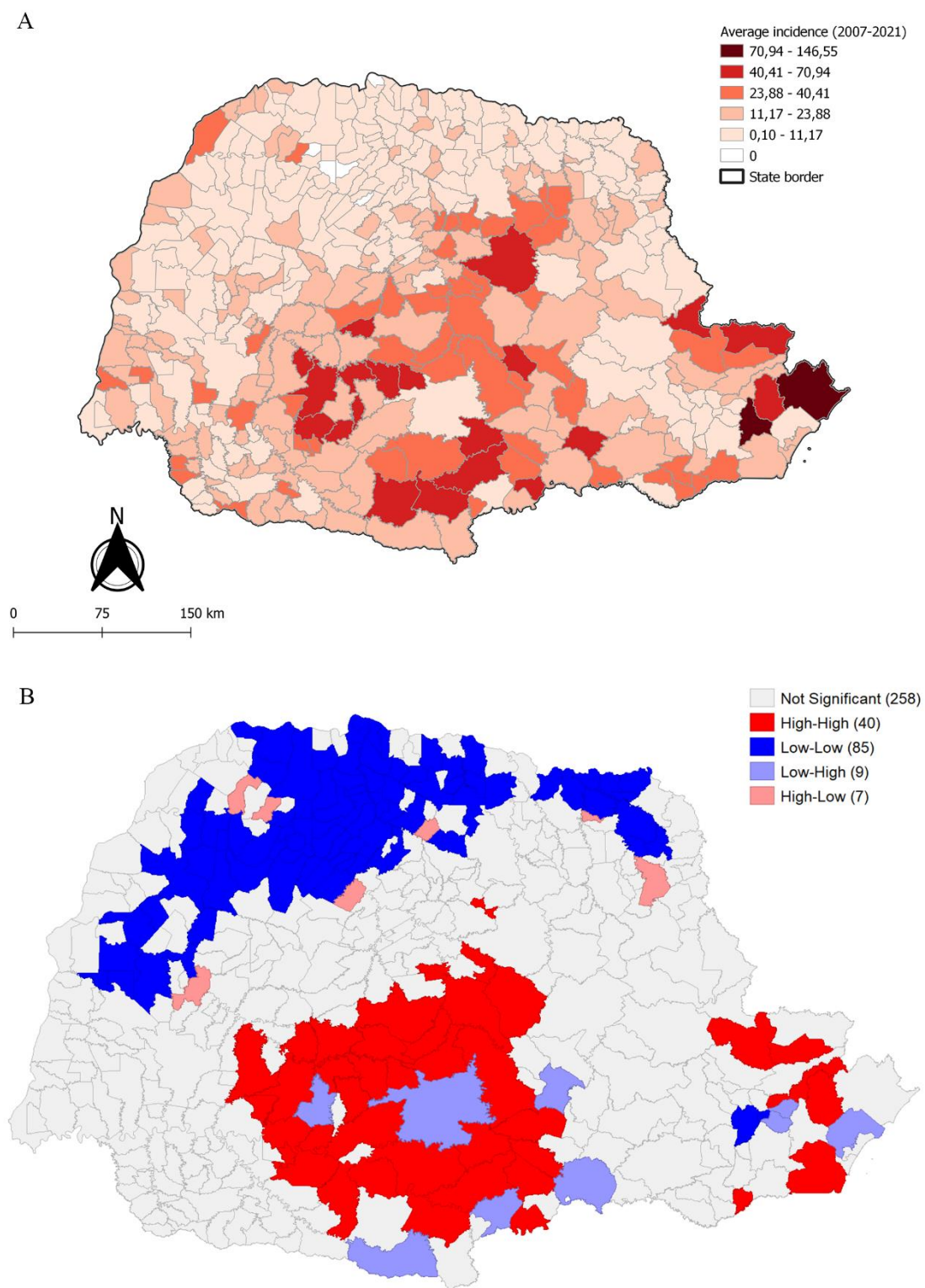
1 All municipalities were included in the spatial analysis. To assess the spatial  
2 autocorrelation of the average incidence of snakebites in the rural, urban, and both  
3 populations, Moran's univariate global and local tests were performed. The correlation  
4 between incidence and environmental and socioeconomic variables was assessed using  
5 Moran's bivariate local and global tests. The local Moran index results were demonstrated  
6 using maps of the local indicators of spatial association. The neighborhood weight matrix  
7 used was the “queen”. The significance level was set at  $P < 0.05$ . Moran's index pseudo-  
8 significance test was performed for 999 permutations. Indices greater than 0.100 or less  
9 than -0.100 were considered significant, with a pseudo-significance of less than 0.001.  
10 The software used for the analyses was GeoDa version 1.20.0.8 (Anselin et al., 2006).

### 11 12 **3. Results**

13  
14 During the study period, 12,877 notifications of snakebites were received.  
15 Curitiba's IGR had the highest number of notifications in the study period (3,492).  
16 Morretes was the municipality that reported the highest number of snakebites (277),  
17 followed by Prudentópolis (261), and Londrina (234). Floraí, Ivatuba, Jardim Olinda,  
18 Nova Aliança do Ivaí, and São Carlos do Ivaí (1.25% of the total number of  
19 municipalities) did not report snakebite accidents in any year of the study.

20 The average incidence for the state was 8.22 accidents per 100,000 inhabitants,  
21 which was 54.77% lower than that of the Brazilian average incidence for the same period  
22 (15.01/100 thousand inhabitants). The Guarapuava IGR had the highest average incidence  
23 (27.38/100,000 inhabitants) during the study period (Figure 3). The lowest average  
24 incidence of the period (0.81/100,000 inhabitants) was observed in Curitiba, the state  
25 capital, whereas the highest (146.54/100,000 inhabitants) was observed in the  
26 municipality of Guaraqueçaba, located on the northern coast of the state. The mean  
27 incidence rates for the period by municipality showed mostly positive spatial  
28 autocorrelation in 35.34% of the municipalities, with a Moran Index of 0.339 (Figure 4).

29 The highest average incidence was observed in 2007, the initial year of the study  
30 (9.95/100,000 inhabitants) (



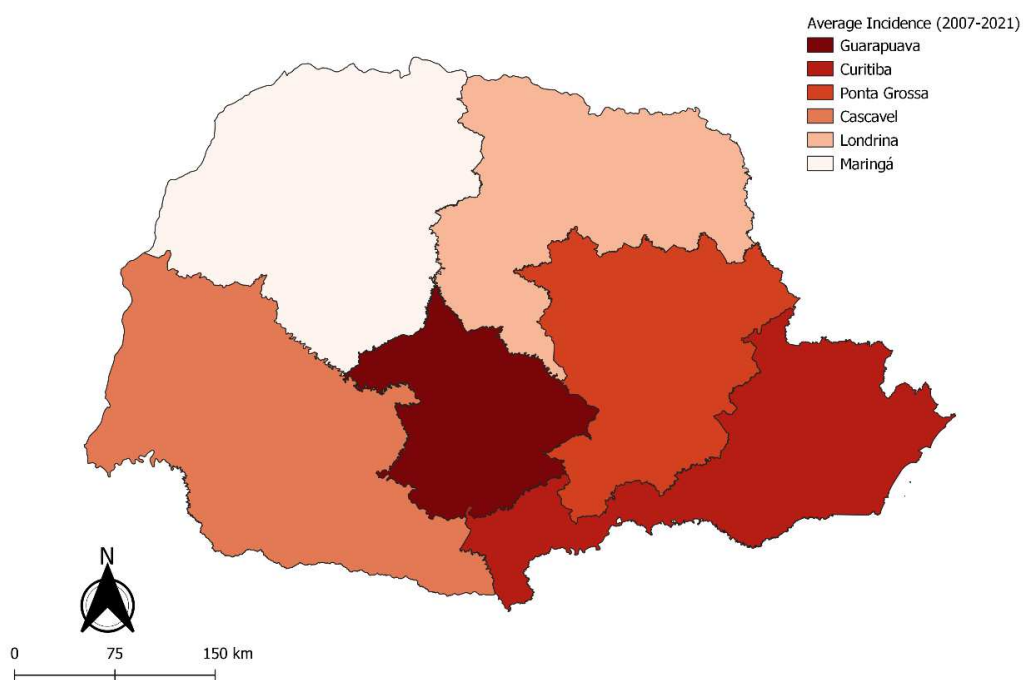
1  
2

3       **Figure 5)**, and a decrease of 66.69% was observed from the first to the last year  
4 of the study. Except for the years 2018, 2020, and 2021 (not significant), other years of  
5 the study showed a mostly positive spatial autocorrelation for the average annual

1 incidence per municipality, with a Moran Index from 0.120 (2017) to 0.254 (2011) (Table  
2 2).

3

4 **Figure 3** - Average incidence of snakebites in the population by intermediate geographic  
5 region of the State of Paraná, 2007 to 2021.



6

7 **Source:** the author with SINAN and IBGE data.

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

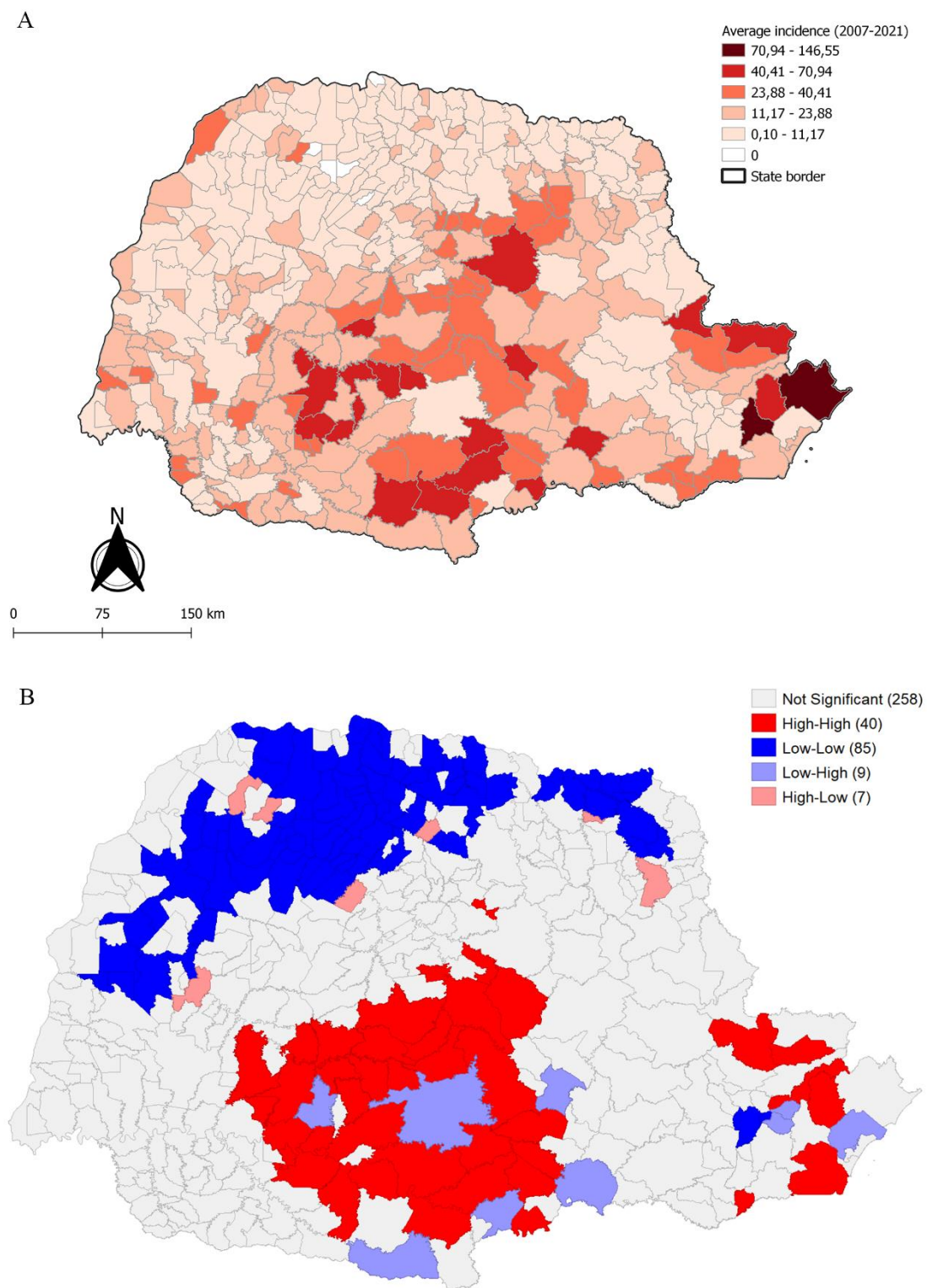
18

1

2

3 **Figure 4** - Average incidence of ophidism by municipality in Paraná (A) and the

1 respective univariate local analysis map of Moran, Paraná, 2007-2021 (B).

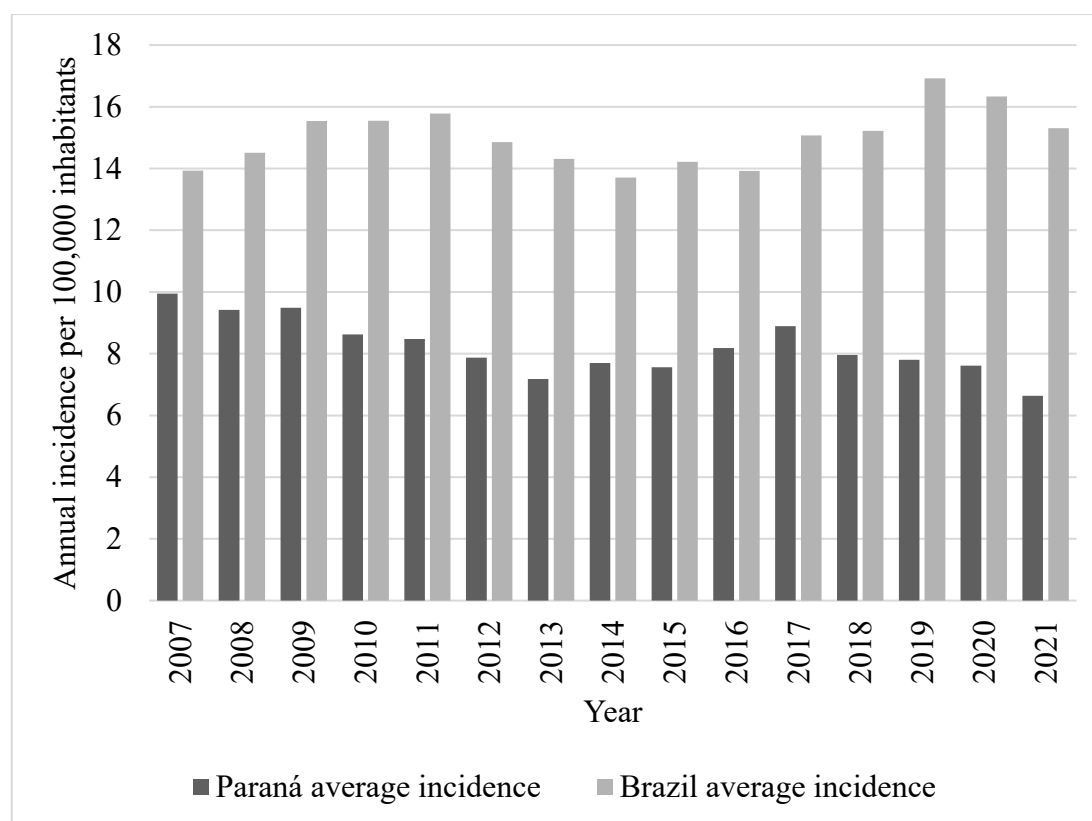


2

3

4 **Figure 5** - Average annual incidence (per 100,000 inhab.) of snakebite in Paraná and

## 1 Brazil, SINAN, 2007 to 2021.



2

3 **Source:** the author

4

5 **Table 2** - Significant spatial autocorrelations of the average municipal incidences of the  
6 total study period and of the annual municipal incidences of snakebites in the  
7 municipalities of the State of Paraná, period from 2007 to 2021

Variable	Year	Global spatial association	Moran global index	Percentage of municipalities with a significant result in Moran's local bivariate analysis			
				H/H (%)	L/L (%)	L/H (%)	H/L (%)
Municipal average incidence	*	Positive	0,339	10,03	21,30	2,26	1,75
Municipal annual incidence	2007	Positive	0,202	6,52	13,28	3,51	2,51
	2008	Positive	0,200	6,02	14,04	4,26	2,26
	2009	Positive	0,227	7,77	16,04	3,51	2,01
	2010	Positive	0,213	6,27	14,79	4,26	1,75
	2011	Positive	0,254	7,77	13,28	2,51	1,25
	2012	Positive	0,232	7,27	12,03	2,76	1,25
	2013	Positive	0,165	5,01	7,52	4,26	1,75
	2014	Positive	0,136	5,01	11,03	1,75	1,75

2015	Positive	0,197	6,02	11,28	3,51	2,76
2016	Positive	0,144	6,02	8,27	3,26	2,26
2017	Positive	0,120	3,26	8,77	2,75	3,26
2019	Positive	0,210	6,27	11,28	4,76	1,25

**Source: the author.**

The pseudo significance level for 999 permutations was 0.001.

\*Referring to all years of the study.

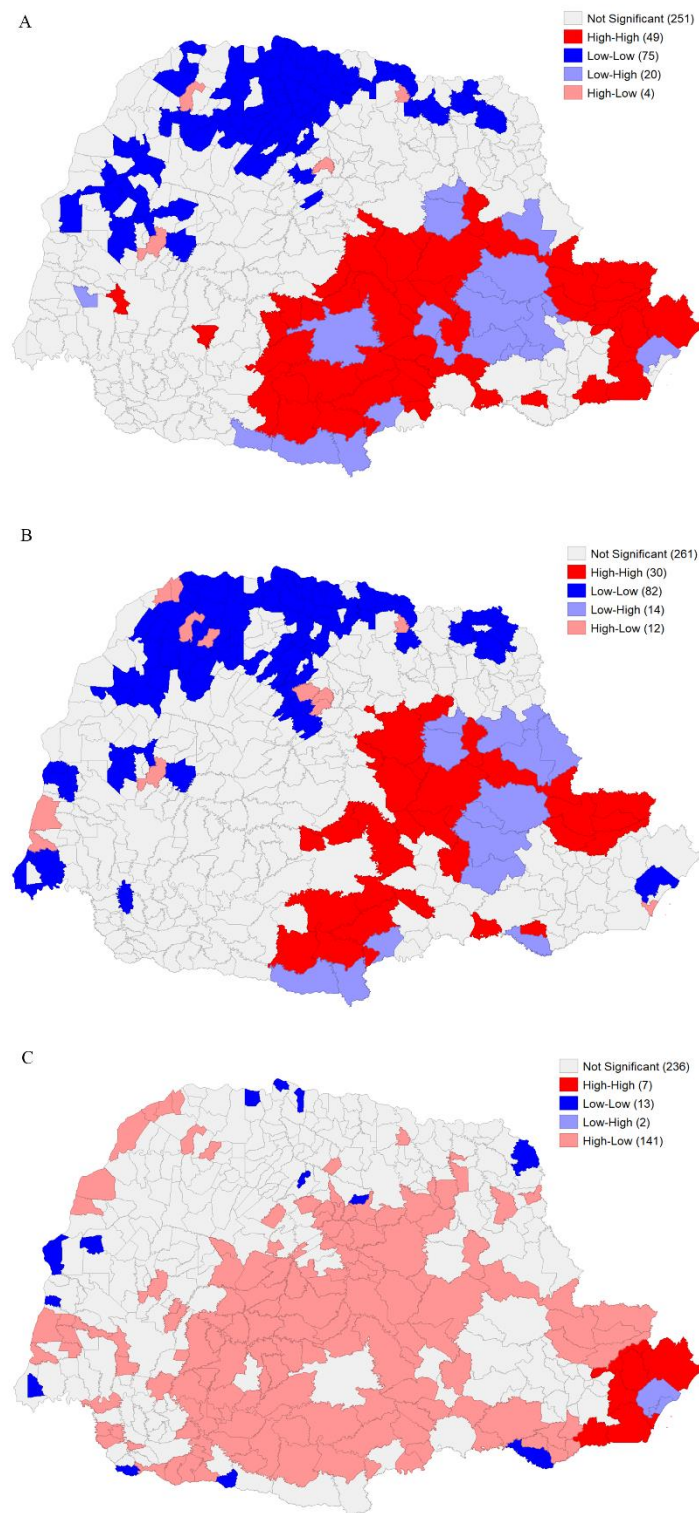
Caption: H/H: high incidence/high correlation; L/L: low incidence/low correlation; L/H: low incidence/high correlation; H/L: high incidence/low correlation.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28

In Moran's bivariate analyses, the average municipal incidence for the period showed a mostly positive spatial correlation with the average area of native forest for the period (Figure 6A) (Moran Index 0.398), rural population of the municipality (Figure 7B) (Moran Index 0.286), average area of forest formations associated with the mangrove ecosystem (Figure 6C) (Moran Index 0.260), number of agribusiness workers (Figure 8B) (Moran Index 0.237), average area of other temporary crops (Moran Index 0.235), average area of forests planted for commercial purposes (Figure 6B) (Moran Index 0.195), number of households without sewage collection and treatment (Moran Index 0.151), number of households without garbage collection (Moran Index 0.124), and number of health units with availability of antivenom therapy (Moran Index 0.121). The spatial correlation of the mean incidence was mostly negative only for the mean sugarcane cultivation area (Moran Index -0.271). Municipal annual incidences showed predominantly positive spatial correlation in all years with native forest formations and predominantly negative correlation with sugarcane planted area (best model in Figure 9). In most of the years, a predominantly positive spatial correlation was detected with apicuns and salt flats (except 2018), forest formations associated with the mangrove ecosystem (except 2018), the rural population of the municipality (except 2020), and agribusiness workers (except 2021). These and other correlations between the mean and annual incidences are presented in Supplementary Table 1.

**Figure 6** - Maps of Moran's bivariate local analysis of the average municipal incidence

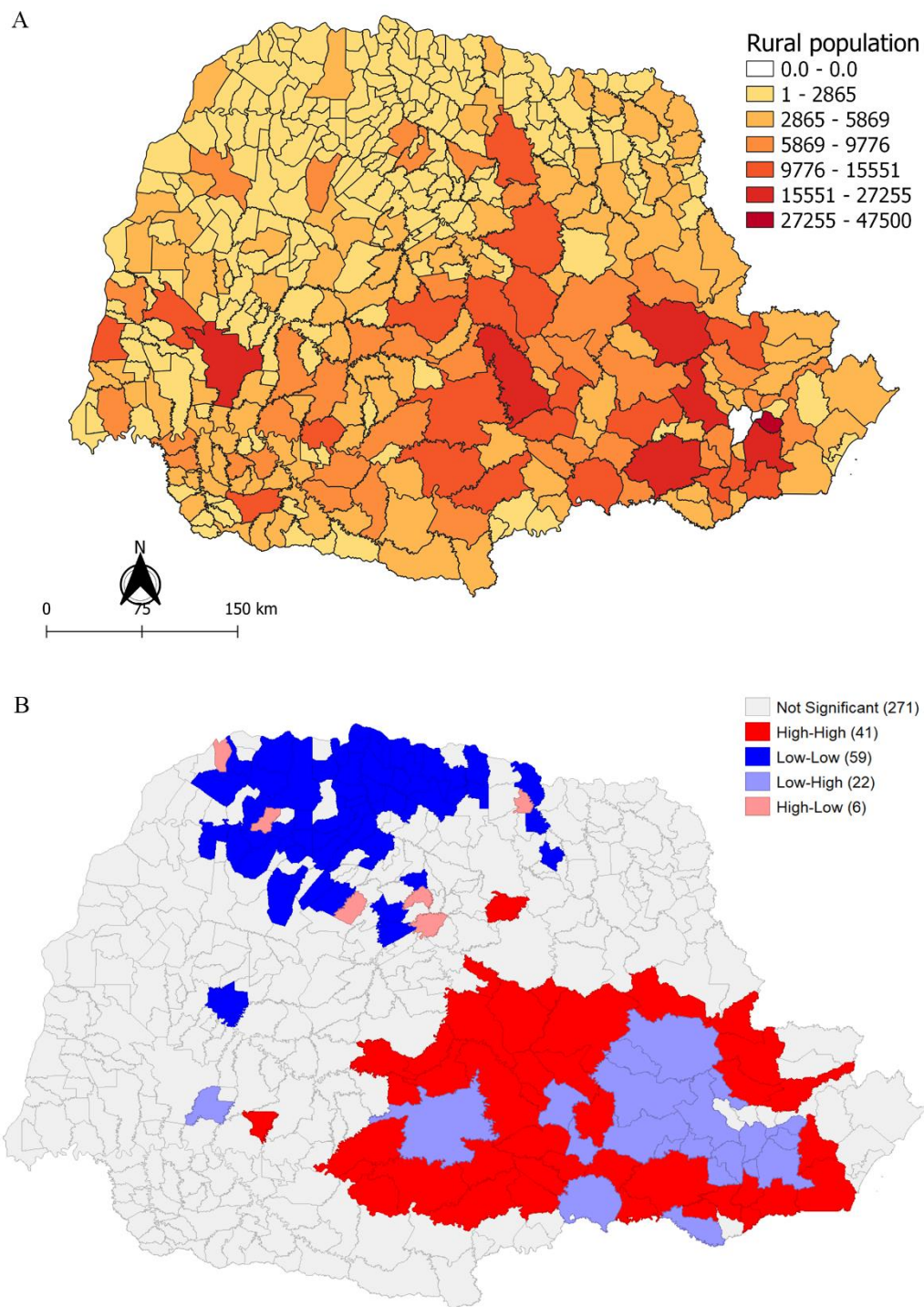
1 of snakebites and average proportional area of formations of native forests (A), forests  
2 planted for commercial purposes (B) and apicuns and forest formations associated with  
3 the mangrove ecosystem (C) for the period from 2007 to 2021.



4

5

- 1 **Figure 7** - Map of the distribution of rural population in the state of Paraná according to  
 2 the 2010 census (A) and map of Moran's bivariate local analysis of the average municipal  
 3 incidence of snakebite and rural population (B)

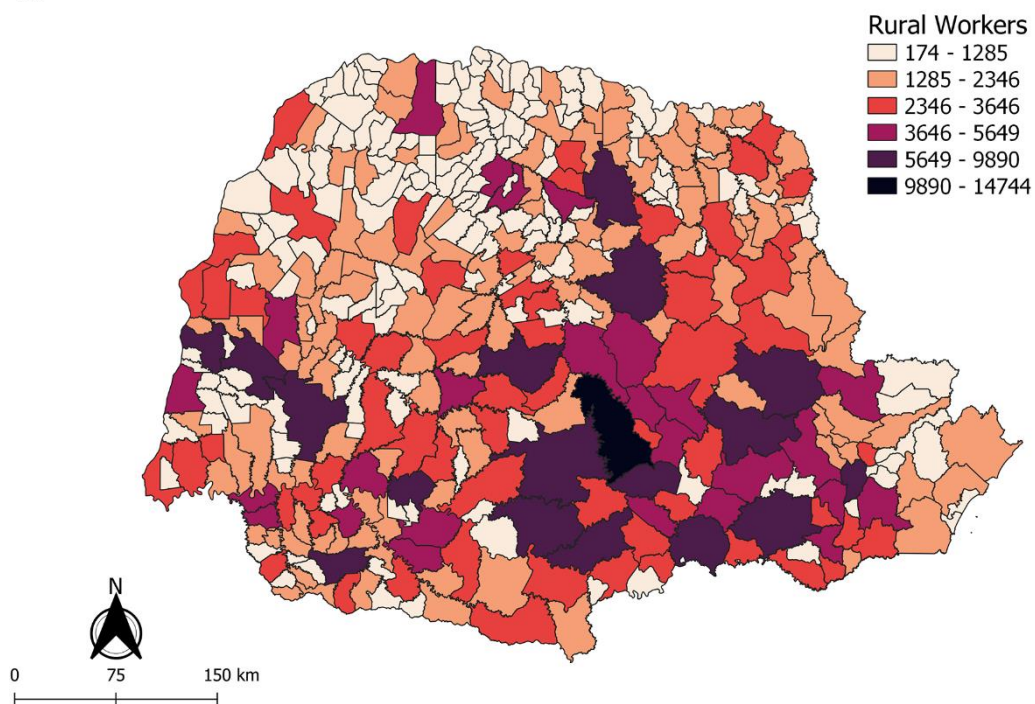


- 4  
 5  
 6

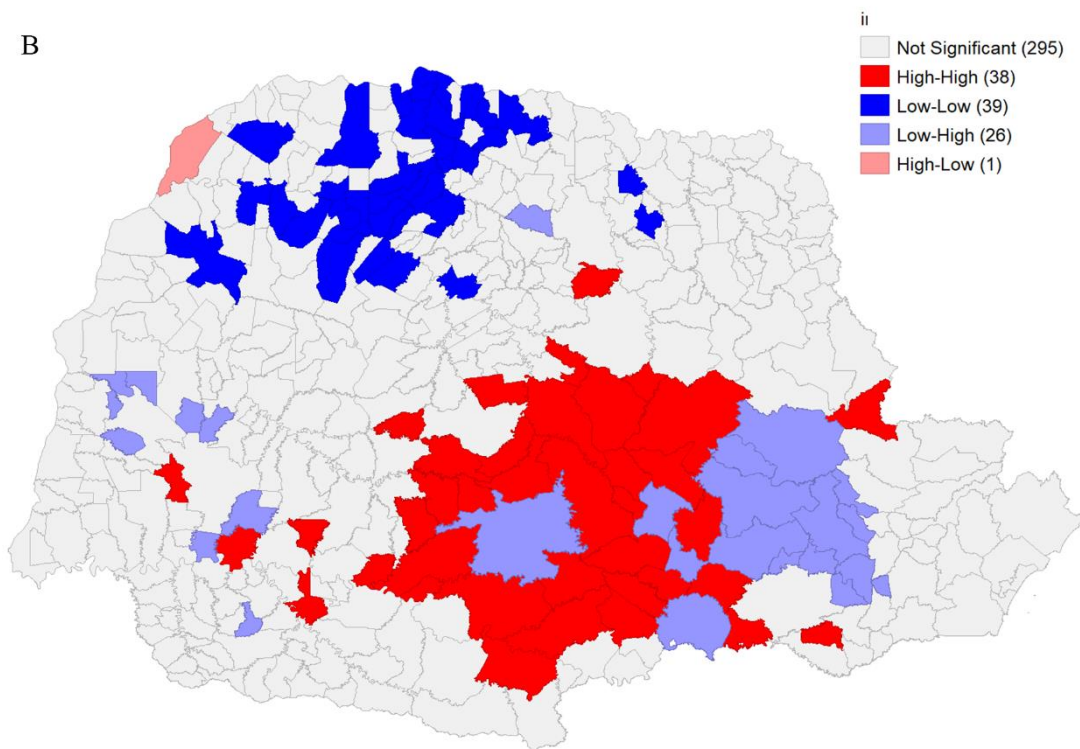
**Figure 8** - Map of Parana rural workers, according to the 2010 census (A), and map of

1 Moran's bivariate local analysis of the average municipal incidence of snakebite and rural  
 2 workers

A



B

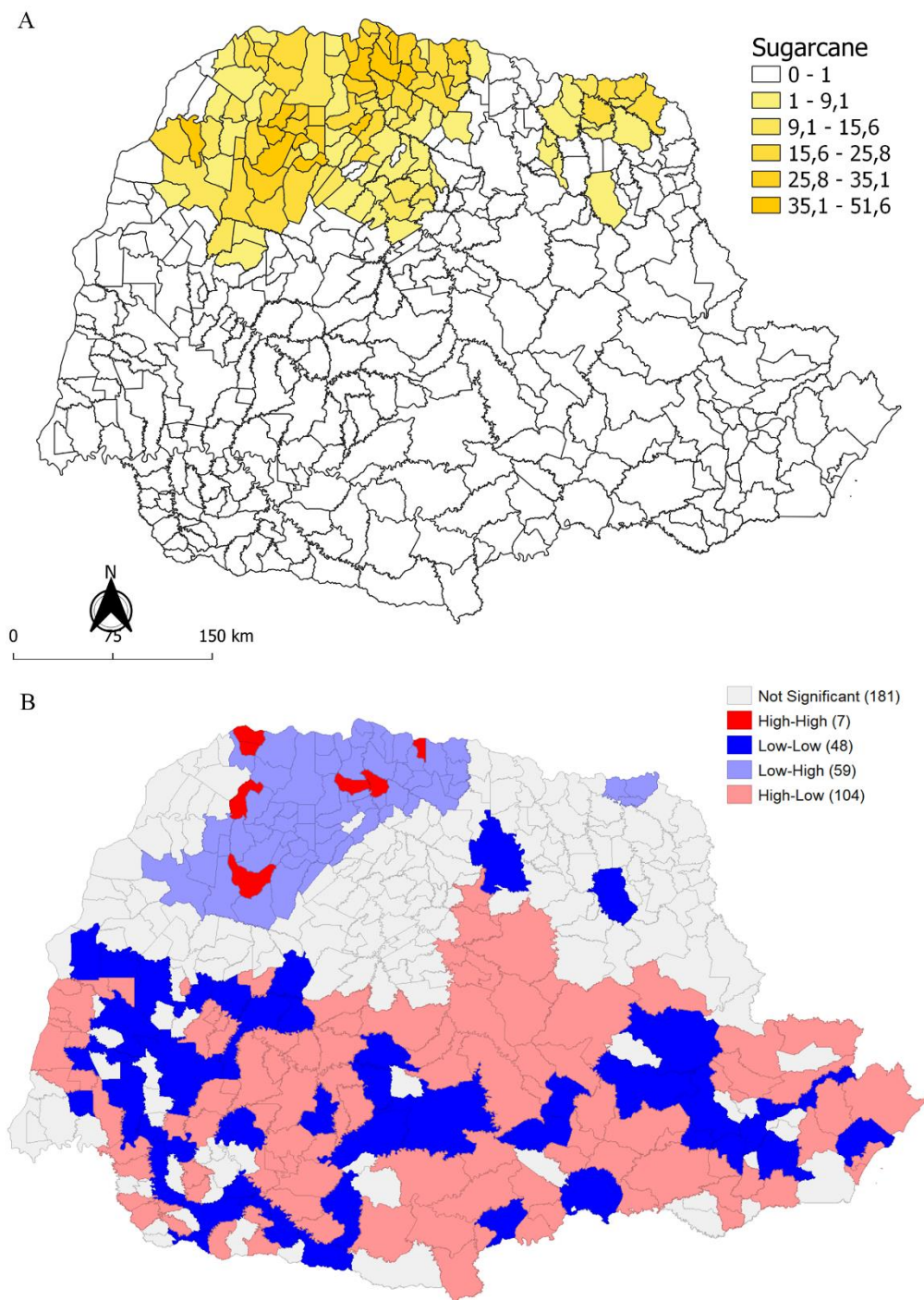


3

4

5 **Figure 9** - Map of average area planted with sugarcane (km<sup>2</sup>) in 2019 (best model) and

## 1 Moran's bivariate local analysis map, 2019.



2

3

4 **4. Discussion**

5

6 The native vegetation of the State of Paraná has a notable wealth of plant species,  
7 distributed in five phytogeographical units: Dense Ombrophylous Forest, Mixed

1 Ombrophylous Forest, Semideciduous Seasonal Forest, Steppes and Savannah, with the  
2 Atlantic Forest Biome predominant (98%) (IBGE, 2022; Instituto Brasileiro de Florestas,  
3 2023). The biome has more than one and a half million described animal species;  
4 therefore, it is considered one of the biomes with the greatest biodiversity on Earth.  
5 However, it is the most threatened biome in Brazil (SOS Mata Atlântica, 2022). The threat  
6 began with the conquest of Brazil by the Portuguese in 1500, with the exploitation of pau-  
7 brasil (*Paubrasilia echinata*) and continues until today due to the intense anthropization  
8 since 70% of the Brazilian population occupies the territorial extension of the Atlantic  
9 Forest biome (Instituto Brasileiro de Florestas, 2023; SOS Mata Atlântica, 2022). Atlantic  
10 Forest is considered the second most deforested forest, whose deforestation is 2.5 times  
11 greater than that of the Amazon Forest (Instituto Brasileiro de Florestas, 2023).

12         Paraná has a large number of remnants of the Atlantic Forest biome, which are  
13 concentrated mainly on the coast and in the south-central part of the state (Gomes et al.,  
14 2016; IBGE, 2022; Instituto Brasileiro de Florestas, 2023). In these forest remnants, in  
15 conservation units, such as the Environmental Preservation Areas (EPA) of  
16 Guaraqueçaba, the EPA of Guaratuba, the Escarpa Devoniana, and the EPA of  
17 Guarapuava, actions are carried out to preserve the biome in a more intensified manner,  
18 which allow a much greater richness of animal species than that in the anthropized  
19 fragments. The characteristics of the biome in Paraná allow the development and  
20 reproduction of three of the five genera of snakes of medical importance in Brazil (Costa  
21 & Bérnils, 2018) as well as their prey, which are mainly small rodents and other snakes  
22 (Antunes et al., 2010; Furtado, 2005; Hartmann et al., 2003; Pucca et al., 2021). Although  
23 deforestation has recently progressed, Paraná still has remnants of the Atlantic Forest,  
24 and EPAs are of great importance in this scenario. (SOS Mata Atlântica & INPE, 2022).  
25 This, in association with the presence of venomous snakes, favors a positive and  
26 important spatial correlation of ophidism with native vegetation in all the years of the  
27 study, as well as the high incidence in the Guarapuava's IGR, Ponta Grossa, and Curitiba.  
28 The highest average municipal incidence, found in the city of Guaraqueçaba, which is  
29 fully inserted within the EPA of Guaraqueçaba, the largest continuous area of Atlantic  
30 Forest remnants, reinforces the great dependence of the presence of snakes on native  
31 forest areas. Another point to be considered is that in these areas, the human presence in  
32 nearest areas to the preservation units also favors contact with snakes, since the snakes  
33 do not recognize EPA's physical limits.

34         Except for 2018, all years showed spatial correlation with the presence of forest

1 formations associated with mangrove ecosystems and snakebites. However, there may  
2 have been a difficulty in separating the dense rainforest formation from the coastal  
3 vegetation due to the way in which land cover data are extracted, because they are  
4 processed via satellite, pixel-by-pixel (Mapbiomas, 2022) The forest formations  
5 associated with the mangrove ecosystem in this work include mangrove, apicun, salty  
6 vegetation, herbaceous vegetation with fluvio-marine influence, and restingas and dense  
7 rainforest formations (mainly concentrated in Serra do Mar), given that the predominant  
8 location of this forest type (Instituto Brasileiro de Florestas, 2023; SOS Mata Atlântica &  
9 INPE, 2022) is in agreement with that of the cluster found in Moran's local bivariate  
10 analysis map. Even though this point must be considered, both the vegetation associated  
11 with the mangrove ecosystem and dense rainforests have a great variety of animal species  
12 that are considered prey to venomous snakes of medical importance. In addition, these  
13 plant formations provide shelter and water in abundance (Albuquerque et al., 2015),  
14 which are necessary for the reproduction and development of venomous snakes of  
15 medical importance in the state (Bertoluci et al., 2009; Moraes, 2008; Turci et al., 2009).  
16 In these coastal regions, the presence of bathers should be considered, as they move to  
17 coastal regions in search of places for leisure, wearing clothes that facilitate the  
18 occurrence of snakebites.

19 Similarly, the presence of planted forests showed a positive spatial correlation  
20 with snakebites, but lower than the values presented by previous forest formations. In  
21 general, planted forests consist of one or two species of trees that are best used for  
22 commercial purposes, such as pine (*Pinus* sp.), araucaria (*Araucaria angustifolia*), and  
23 eucalyptus (*Eucalyptus* sp.) (Mapbiomas, 2022). Therefore, plant species homogeneity is  
24 inversely proportional animal species number (Almeida, 1996; Cury et al., 2022).  
25 However, the most commercially used tree species in Paraná are similar to the native  
26 species of some vegetation cover in the state, which explains the positive spatial  
27 correlation of ophidian accidents, as this proximity can bring animal species typical of  
28 the native ecosystem, even in smaller numbers (Almeida, 1996).

29 Despite these factors, the average incidence of snakebites declined from the initial  
30 to the final year of the study. This can be explained by the intense deforestation in the  
31 state, which received 47.6% of the deforestation alerts in Brazil, being the third Brazilian  
32 state that deforested the most in 2021, mainly owing to intensive agriculture (SOS Mata  
33 Atlântica, 2022; SOS Mata Atlântica & INPE, 2022). The extraction of forest cover  
34 restricts the number of shelters, water, and food, and therefore reduces the survival of the

1 fauna of the biome (Hartmann et al., 2003; Morato, 2005; SOS Mata Atlântica & INPE,  
2 2022), as well as snake species and their prey, causing a decrease in the incidence of  
3 accidents.

4         The rural population and number of agribusiness workers also showed a positive  
5 spatial correlation, mainly concentrated in the south-central and southeastern regions of  
6 Paraná. These regions are rich in rural properties with predominantly family agriculture,  
7 low modernization, with intense manual activity mixed with native forests (IBGE, 2020;  
8 Llanillo et al., 2006). The relationship between rural workers and snakebites has been  
9 previously reported (Mise et al., 2016; Roriz et al., 2018; Warrell, 2012) however, these  
10 variables were not spatially correlated. In this type of family farming, manual harvesting  
11 predominates, in general, without personal protection equipment, exposing the worker to  
12 snakebites, because the plantations can provide shelter for snakes, in addition to favoring  
13 the presence of prey, such as slugs, rodents, and other smaller snakes (Habib & Brown,  
14 2018). Snakebites are considered an occupational and environmental problem (Habib &  
15 Brown, 2018; Warrell, 2012, 2019) and educational work is needed in these populations  
16 to emphasize the importance of proper use of personal protective equipment (Warrell,  
17 2019).

18         The south-central and southeastern regions also concentrated on spatial  
19 correlation with households without garbage collection and without sewage collection  
20 and treatment. According to National Health Foundation data, in rural areas,  
21 approximately 80% of the population does not have sewage service or access to adequate  
22 garbage collection. (FUNASA, 2019). The lack of basic sanitation in rural areas attracts  
23 rodents, which in turn can attract snakes, in addition to other synanthropic, venomous,  
24 and non-venomous animals (Cupo et al., 2003; Teodoro et al., 1999), which puts the lives  
25 of these populations at risk.

26         On the other hand, highly mechanized crops that do not require human presence  
27 for harvesting, such as sugarcane and soybeans, predominantly in the northwest region of  
28 the state, showed a negative spatial correlation. Thus, few reports of snakebite accidents  
29 were received in the areas where these crops are cultivated. Similarly, the regions with  
30 extensive pasture areas showed negative spatial correlation. Two factors can contribute  
31 to the low incidence of snakebites in this region: the decrease in human presence in these  
32 situations, because manual work is replaced by mechanization, and the decrease in the  
33 presence of snakes of medical importance. From a medical point of view, the low  
34 incidence of snakebite accidents owing to agricultural intensification in this region is

1 beneficial because exposure to rural work favors snakebite accidents, which can have  
2 permanent consequences for the victim (Bertolozzi et al., 2015; Gutiérrez et al., 2010;  
3 Machado et al., 2012; Pucca et al., 2021). From the point of view of conservation, the  
4 absence of snakes indicates an unfavorable environment for the presence of these animals,  
5 which may be attributed to the low presence of prey (Turci et al., 2009), low number of  
6 shelters, and low maintenance of the microclimate, as monocultures cannot maintain an  
7 environmental balance in the same way as that of forests (Zimmermann, 2009).  
8 Furthermore, the large-scale use of pesticides can affect the development of prey and  
9 snakes in the region (Grilo et al., 2021).

10 In just a few years, and in the overall mean incidence, a lower spatial correlation  
11 was observed with the presence of basic health units where antivenom treatment was  
12 available. This is a negative result because the most vulnerable regions do not have  
13 adequate medical support. The antivenom must be quickly provided to decrease the  
14 chances of sequelae and death in affected patients (Bhargava et al., 2020; Schneider et  
15 al., 2021). This low spatial correlation indicates that the serum distribution in Paraná is  
16 inadequate and should be reviewed.

## 17

## 18 **5. Conclusion**

## 19

20 The greatest spatial associations found were between ophidism and native and  
21 planted forest formations, as well as workers and residents of rural areas; thus, being  
22 populations at risk. Moreover, in the places of great anthropic interference, such as highly  
23 mechanized crops, the spatial correlation was predominantly negative. The importance of  
24 adequate basic sanitation in the prevention of snakebite accidents is also highlighted. The  
25 relationship between snakes and an integrated forest is clear, as well as their relationship  
26 with areas of family farming, and the importance of providing guidance to the population  
27 as a form of prevention. It is also important to continuously monitor snakes in the face of  
28 anthropic actions and their population expansion or reduction. The results obtained in this  
29 work show that spatial analysis is an important tool for understanding the dynamics of  
30 snakebites in space and for proposing measures to prevent and mitigate the sequelae that  
31 this injury can cause, targeting populations at higher risk.

## 32

## 33

## 34 **References**

- 1
- 2 Albuquerque, A., Freitas, E., Moura-fé, M. M., & Barbosa, W. (2015). A proteção dos  
3 ecossistemas de manguezal pela legislação ambiental brasileira. *GEOgraphia*,  
4 17(33), 126–153.
- 5 Almeida, Á. F. de. (1996). Interdependência das florestas plantadas com a fauna silvestre.  
6 *Série Técnica IPEF*, 10(29), 36–44.
- 7 Anselin, L., Syabri, I., & Kho, Y. (2006). GeoDa: An Introduction to Spatial Data  
8 Analysis. *Geographical Analysis*, 38(1), 5–22.
- 9 Antunes, T. C., Yamashita, K. M., Barbaro, K. C., Saiki, M., & Santoro, M. L. (2010).  
10 Comparative analysis of newborn and adult *Bothrops jararaca* snake venoms.  
11 *Toxicon*, 56(8), 1443–1458. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.08.011>
- 12 Aparecido, L. E. de O., Rolim, G. de S., Richetti, J., Souza, P. S. de, & Johann, J. A.  
13 (2016). Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic  
14 zoning in the State of Paraná, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, 40(4), 405–417.  
15 <https://doi.org/10.1590/1413-70542016404003916>
- 16 Australian Venon Research Unit. (2022). *Snakebite Envenoming: A Neglected Tropical*  
17 *Disease*.
- 18 Bertolozzi, M. R., Scatena, C. M. da C., & França, F. O. de S. (2015). Vulnerabilities in  
19 snakebites in Sao Paulo, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 49.  
20 <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2015049005839>
- 21 Bertoluci, J., Canelas, M. A. S., Eisemberg, C. C., Palmuti, C. F. de S., & Montingelli, G.  
22 G. (2009). Herpetofauna da Estação Ambiental de Peti, um fragmento de Mata  
23 Atlântica do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, 9(1), 147–  
24 155. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032009000100017>
- 25 Bhargava, S., Kumari, K., Sarin, R. K., & Singh, R. (2020). First-hand knowledge about  
26 snakes and snake-bite management: an urgent need. *Nagoya Journal of Medical*  
27 *Science*, 82(4), 763–774. <https://doi.org/10.18999/nagjms.82.4.763>
- 28 Brasil. (2022a). *Mapas e Bases dos Modos de Transportes*. Ministério Da Infraestrutura.  
29 [https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-](https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/bitmodosmapas)  
30 [transportes/bit/bitmodosmapas](https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/bitmodosmapas)
- 31 Brasil. (2022b). *SINANWEB - Doenças e Agravos*.  
32 <http://portalsinan.saude.gov.br/doencas-e-agravos>
- 33 Costa, H. C., & Bérnils, R. S. (2018). Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista

- 1 de espécies. *Herpetologia Brasileira*, 8(1), 11–57.
- 2 Cupo, P., De Azevedo-Marques, M. M., & Hering, S. E. (2003). Acidentes por animais  
3 peçonhentos: escorpiões e aranhas. *Medicina, Ribeirão Preto*, 36, 490–497.
- 4 Cury, L. D., Cury, R. T. dos S., Amorim, F. W., Campos, S., Barros, A. C. de, & Silva, L.  
5 F. da. (2022). Efeito do plantio de *Pinus elliottii* na remoção de sementes ao longo  
6 de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Montana. *Revista Brasileira de Meio  
7 Ambiente*, 10(2), 002–012.
- 8 Equipe de Desenvolvimento QGIS. (2022). *QGIS Sistema de Informação Geográfica.  
9 Projeto de Código Aberto da Fundação Geoespacial*. (3.16.11 Hannover).
- 10 FUNASA. (2019). *Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR* (Vol. 53, Issue 9).  
11 Ministério da Saúde.
- 12 Furtado, M. de F. D. (2005). Aspectos sistemáticos e biológicos que atuam na diversidade  
13 da composição de venenos em serpentes peçonhentas brasileiras. *Herpetologia No  
14 Brasil, II*.
- 15 Gomes, M. de F. V. B., Gomes, E. de S., & Junior, R. N. (2016). Cartografia das unidades  
16 de conservação e territórios dos povos tradicionais no Paraná. *Confins*, 27.  
17 <https://doi.org/10.4000/confins.11000>
- 18 Grilo, A., Moreira, A., Carrapiço, B., Belas, A., & São Braz, B. (2021). Epidemiological  
19 Study of Pesticide Poisoning in Domestic Animals and Wildlife in Portugal: 2014–  
20 2020. *Frontiers in Veterinary Science*, 7(January), 1–9.  
21 <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.616293>
- 22 Gutiérrez, J. M., Williams, D., Fan, H. W., & Warrell, D. A. (2010). Snakebite  
23 envenoming from a global perspective: Towards an integrated approach. *Toxicon*,  
24 56(7), 1223–1235. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.11.020>
- 25 Habib, A. G., & Brown, N. I. (2018). The snakebite problem and antivenom crisis from a  
26 health-economic perspective. *Toxicon*, 150, 115–123.  
27 <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.05.009>
- 28 Hartmann, P. A., Hartmann, M. T., & Giasson, L. O. M. (2003). Uso do hábitat e  
29 alimentação em juvenis de *Bothrops jararaca* (Serpentes, Viperidae) na Mata  
30 Atlântica do sudeste do Brasil. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 2(1), 35.  
31 <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v2i1p35-41>
- 32 IBGE. (2010). *Censo Demográfico*.  
33 [https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-  
34 2010.html?=&t=series-historicas](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=series-historicas)

- 1 IBGE. (2017a). *Características dos Estabelecimentos Agrícolas*. Censo Agropecuário.  
2 <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pesquisa/24/76693>
- 3 IBGE. (2017b). *Regiões Geográficas do Paraná*.  
4 [https://www.ibge.gov.br/apps/regioes\\_geograficas/#/home](https://www.ibge.gov.br/apps/regioes_geograficas/#/home)
- 5 IBGE. (2020). *Pesquisa da Pecuária Municipal*.  
6 [https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-  
7 producao-da-pecuaria-  
8 municipal.html?utm\\_source=landing&utm\\_medium=explica&utm\\_campaign=prod  
9 ucao\\_agropecuaria&t=destaques](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=producao_agropecuaria&t=destaques)
- 10 IBGE. (2021). *Produção agropecuária*. [https://www.ibge.gov.br/explica/producao-  
11 agropecuaria/pr](https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pr)
- 12 IBGE. (2022). Limite Mata Atlântica-Cerrado. In *Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do  
13 Brasil* (pp. 43–63).
- 14 Instituto Brasileiro de Florestas. (2023). *Bioma Mata Atlântica*.  
15 <https://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica>
- 16 Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. (2022). *Taxas e valores  
17 correntes do PIB - PARANÁ - 1º trimestre de 2022*. PIB Trimestral Do Paraná.  
18 <https://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/PIB-Trimestral-do-Parana>
- 19 Krempi, A. P. (2004). *Explorando recursos de estatística espacial para análise da  
20 acessibilidade da cidade de Bauru*. Escola de Engenharia.
- 21 Llanillo, R. F., Del Grossi, M. E., Santos, F. O. dos, Munhos, P. D., & Guimarães, M. de  
22 F. (2006). Regionalização da agricultura do Estado do Paraná, Brasil. *Ciência Rural*,  
23 36(1), 120–127. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000100018>
- 24 Luzardo, A. J. R., Castañeda Filho, R. M., & Rubim, I. B. (2017). Análise espacial  
25 exploratória com o emprego do Índice de Moran. *GEOgraphia*, 19(40), 161–179.
- 26 Machado, C., Bochner, R., & Fiszon, J. (2012). Epidemiological profile of snakebites in  
27 Rio de Janeiro, Brazil, 2001-2006. *Journal of Venomous Animals and Toxins  
28 Including Tropical Diseases*, 18(2), 217–224. [https://doi.org/10.1590/S1678-  
29 91992012000200012](https://doi.org/10.1590/S1678-91992012000200012)
- 30 Mapbiomas. (2022). *Coleção 7*. <https://mapbiomas.org/download>
- 31 Mise, Y., Lira-da-Silva, R., & Carvalho, F. (2016). Agriculture and snakebite in Bahia,  
32 Brazil – An ecological study. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*,  
33 23(3), 416–419. <https://doi.org/10.5604/12321966.1219179>
- 34 Moraes, R. A. De. (2008). *Variações em caracteres morfológicos e ecológicos em*

- 1        *populações de Bothrops jararaca (Serpentes: Viperidae) no estado de São Paulo.*  
2        Universidade de São Paulo.
- 3 Morato, S. A. A. (2005). Serpentes da região Atlântica do Estado do Paraná, Brasil:  
4        diversidade, distribuição e ecologia. *Curso de Pós-Graduação Em Zoologia, Setor*  
5        *de Ciências Biológicas, 1993*, 165.
- 6 Pucca, M. B., Bernarde, P. S., Rocha, A. M., Viana, P. F., Farias, R. E. S., Cerni, F. A.,  
7        Oliveira, I. S., Ferreira, I. G., Sandri, E. A., Sachett, J., Wen, F. H., Sampaio, V.,  
8        Laustsen, A. H., Sartim, M. A., & Monteiro, W. M. (2021). *Crotalus durissus*  
9        *ruruima*: Current knowledge on natural history, medical importance, and clinical  
10        toxinology. *Frontiers in Immunology, 12*(June), 1–22.  
11        <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.659515>
- 12 Roriz, K. R. P. S., Zaqueo, K. D., Setubal, S. S., Katsuragawa, T. H., Silva, R. R. da,  
13        Fernandes, C. F. C., Cardoso, L. A. P., Rodrigues, M. M. de S., Soares, A. M.,  
14        Stábeli, R. G., & Zuliani, J. P. (2018). Epidemiological study of snakebite cases in  
15        Brazilian Western Amazonia. *Revista Da Sociedade Brasileira de Medicina*  
16        *Tropical, 51*(3), 338–346. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0489-2017>
- 17 Schneider, M. C., Min, K. D., Hamrick, P. N., Montebello, L. R., Ranieri, T. M., Mardini,  
18        L., Camara, V. M., Luiz, R. R., Liese, B., Vuckovic, M., Moraes, M. O., & Lima, N.  
19        T. (2021). Overview of snakebite in brazil: Possible drivers and a tool for risk  
20        mapping. *PLoS Neglected Tropical Diseases, 15*(1), 1–18.  
21        <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009044>
- 22 Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. (2017). *Aspectos do Brasil e*  
23        *Paraná. Bovinocultura de Leite.*
- 24 SOS Mata Atlântica. (2022). *SAD Mata Atlantica.* [https://cms.sosma.org.br/wp-](https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2022/02/SAD-Mata-Atlantica_01-1.pdf)  
25        [content/uploads/2022/02/SAD-Mata-Atlantica\\_01-1.pdf](https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2022/02/SAD-Mata-Atlantica_01-1.pdf)
- 26 SOS Mata Atlântica, & INPE. (2022). *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata*  
27        *Atlântica - Período 2020-2021. Relatório Técnico. 72.*
- 28 Teodoro, U., Balduino, J., Thomaz-Soccol, V., Barbosa, O. C., Ferreira, M. E. M. C.,  
29        Lozovei, A. L., Verzignassi, T. G., & Roberto, A. C. B. S. (1999). Environmental  
30        sanitation and peri-domiciliar organisation as auxiliary practices for the control of  
31        phlebotomines in Paraná state, southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and*  
32        *Technology, 42*(3), 307–314. <https://doi.org/10.1590/S1516-89131999000300007>
- 33 Turci, L. C. B., Albuquerque, S. de, Bernarde, P. S., & Miranda, D. B. (2009). Uso do  
34        hábitat, atividade e comportamento de *Bothriopsis bilineatus* e de *Bothrops atrox*

- 1 (Serpentes: Viperidae) na floresta do Rio Moa, Acre, Brasil. *Biota Neotropica*, 9(3),  
2 197–206. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032009000300020>
- 3 Warrell, D. A. (2012). Venomous bites, stings, and poisoning. *Infectious Disease Clinics*  
4 *of North America*, 26(2), 207–223. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2012.03.006>
- 5 Warrell, D. A. (2019). Venomous bites, stings, and poisoning: an update. *Infectious*  
6 *Disease Clinics of North America*, 33(1), 17–38.  
7 <https://doi.org/10.1016/j.idc.2018.10.001>
- 8 World Health Organization. (2018). *Addressing the burden of snakebite envenoming* (Vol.  
9 17, Issue January).
- 10 World Health Organization. (2019). *Snakebite envenoming -- A strategy for prevention*  
11 *and control*. Guideline; World Health Organization.  
12 <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.64>
- 13 Zimmermann, C. (2009). Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança  
14 alimentar. *Veredas Do Direito*, 6(12), 79–100.
- 15
- 16

**Supplementary table 1** - Significant spatial correlations of Moran's bivariate global analysis of mean incidence and annual municipal incidence of snakebite in the municipalities of Paraná, 2007 to 2021.

Dependent variable	Year	Independent Variable	% of significant municipalities	Global spatial association	Moran index	Percentage of municipalities with a significant result in Moran's local bivariate analysis			
						H/H	L/L	L/H	H/L
Average incidence	*	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	40,85	Positive	0,260	1,75	3,26	0,50	35,34
		Sugar cane planted area	56,89	Negative	-0,271	1,00	15,29	16,29	24,31
		Households without garbage collection	11,02	Positive	0,124	4,76	5,26	5,26	2,01
		Households without sewage collection and treatment	18,55	Positive	0,151	4,76	8,02	4,26	1,50
		Forest planted for commercial purposes (mean)	34,59	Positive	0,195	7,52	20,55	3,51	3,01
		Native forest (mean)	37,09	Positive	0,398	12,28	18,80	5,01	1,00
		Other areas of temporary crops (média)	34,59	Positive	0,235	11,53	14,29	4,26	4,51
		Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,286	10,28	14,79	5,51	1,50
		Rural Workers	26,07	Positive	0,237	9,52	9,77	6,52	0,25
Health units with anti-venom treatment	14,79	Positive	0,121	2,76	4,51	4,51	1,25		
Municipal annual incidence	2007	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	40,35	Positive	0,115	1,75	2,76	0,75	35,09
		Sugar cane planted area	49,62	Negative	-0,211	1,75	11,53	13,78	22,56
		Soybean planted area	43,11	Negative	-0,135	3,51	17,29	14,04	8,27
		Households without garbage collection	16,04	Positive	0,105	3,75	4,76	6,27	1,25

	Households without sewage collection and treatment	18,29	Positive	0,106	4,01	8,02	5,02	1,25
	Forest planted for commercial purposes	36,60	Positive	0,169	5,01	23,81	3,51	4,26
	Native forest	48,62	Positive	0,351	9,77	27,07	7,77	4,01
	Pastures	43,11	Negative	-0,164	3,26	16,04	14,79	9,02
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,239	9,27	14,28	6,51	2,00
	Rural workers	26,06	Positive	0,220	8,52	9,27	7,51	0,75
	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	39,85	Positive	0,194	1,50	7,52	0,75	30,08
	Sugar cane planted area	51,63	Negative	-0,226	1,00	14,04	15,04	21,55
	Soybean planted area	42,61	Negative	-0,123	2,26	18,55	15,04	6,77
	Households without garbage collection	16,04	Positive	0,131	4,76	5,51	5,26	0,50
2008	Households without sewage collection and treatment	18,80	Positive	0,146	4,26	8,27	4,76	1,50
	Forest planted for commercial purposes	37,09	Positive	0,143	4,01	24,31	5,01	3,76
	Native forest	49,12	Positive	0,346	8,52	27,57	9,02	4,01
	Pastures	41,60	Negative	-0,150	2,76	16,79	14,79	7,27
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,265	7,77	14,29	8,02	2,01
	Rural workers	26,07	Positive	0,235	8,77	9,02	7,27	1,00
	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	40,85	Positive	0,229	1,50	7,27	0,75	31,33
	Sugar cane planted area	54,14	Negative	-0,236	1,25	15,04	14,79	23,06
2009	Soybean planted area	43,36	Negative	-0,116	2,51	19,05	14,79	7,02
	Households without garbage collection	16,04	Positive	0,126	4,51	5,26	5,51	0,75
	Households without sewage collection and treatment	18,80	Positive	0,107	4,76	8,77	4,26	1,00
	Forest planted for commercial purposes	38,10	Positive	0,136	5,26	25,31	4,51	3,01

	Native forest	49,62	Positive	0,363	10,28	28,57	7,02	3,76
	Pastures	42,36	Negative	-0,177	2,01	14,04	16,04	10,28
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,219	9,52	14,79	6,27	1,50
	Rural workers	26,07	Positive	0,186	10,03	9,02	6,02	1,00
	Health units with anti-venom treatment	15,54	Positive	0,102	2,76	4,51	6,52	1,75
	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	41,35	Positive	0,194	1,50	7,27	1,00	31,58
	Sugar cane planted area	53,38	Negative	-0,211	2,26	15,54	13,78	21,80
	Soybean planted area	42,61	Negative	-0,129	2,01	18,30	14,79	7,52
	Households without garbage collection	16,04	Positive	0,113	4,51	5,01	5,51	1,00
2010	Households without sewage collection and treatment	18,80	Positive	0,147	5,01	8,27	4,01	1,50
	Forest planted for commercial purposes	37,84	Positive	0,162	5,51	23,56	4,26	4,51
	Native forest	49,37	Positive	0,352	9,27	28,07	8,02	4,01
	Pastures	42,61	Negative	-0,165	3,26	15,54	14,29	9,52
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,229	9,77	12,53	6,02	3,76
	Rural workers	26,07	Positive	0,201	9,52	8,52	6,52	1,50
	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	43,61	Positive	0,123	1,50	6,52	1,00	34,59
	Sugar cane planted area	54,64	Negative	-0,206	2,26	14,04	14,29	24,06
	Soybean planted area	42,61	Negative	-0,115	3,26	17,79	13,78	7,77
2011	Forest planted for commercial purposes	40,10	Positive	0,172	4,76	25,31	5,26	4,76
	Native forest	49,62	Positive	0,351	9,52	27,82	7,77	4,51
	Pastures	42,36	Negative	-0,152	3,26	15,04	13,78	10,28
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,210	9,27	13,03	6,52	3,26
	Rural workers	26,07	Positive	0,184	9,27	9,27	6,77	0,75

2012	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	52,88	Positive	0,170	1,50	14,54	0,75	36,09
	Sugar cane planted area	52,38	Negative	-0,230	1,75	12,03	14,29	24,31
	Soybean planted area	43,11	Negative	-0,128	4,01	16,54	13,53	9,02
	Forest planted for commercial purposes	39,60	Positive	0,173	7,02	23,81	3,26	5,51
	Native forest	49,87	Positive	0,323	9,52	27,57	8,02	4,76
	Pastures	42,61	Negative	-0,107	4,51	15,04	11,78	11,28
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,193	8,52	13,78	7,27	2,51
	Rural workers	26,07	Positive	0,166	8,77	9,27	7,27	0,75
2013	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	50,13	Positive	0,180	1,75	13,28	0,50	34,59
	Sugar cane planted area	52,38	Negative	-0,200	2,51	13,28	12,53	24,06
	Soybean planted area	43,11	Negative	-0,114	3,76	15,79	14,04	9,52
	Households without sewage collection and treatment	19,05	Positive	0,108	5,01	7,02	4,01	3,01
	Forest planted for commercial purposes	39,10	Positive	0,145	5,51	21,55	5,01	7,02
	Native forest	49,62	Positive	0,295	8,52	26,82	9,02	5,26
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,210	8,27	13,03	7,52	3,26
	Rural workers	26,07	Positive	0,200	8,02	8,52	8,02	1,50
2014	Health units with anti-venom treatment	16,54	Positive	0,100	2,26	4,01	6,77	3,51
	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	48,87	Positive	0,194	1,75	14,29	0,50	34,59
	Area of herbaceous vegetation with fluviomarine influence	37,84	Positive	0,105	1,75	3,26	0,50	32,33
	Sugar cane planted area	51,38	Negative	-0,191	1,75	12,78	13,78	23,06
	Households without sewage collection and	18,55	Positive	0,110	4,26	8,27	4,76	1,25

	treatment							
	Forest planted for commercial purposes	39,60	Positive	0,181	6,52	22,31	5,01	5,76
	Native forest	49,37	Positive	0,311	8,77	27,07	8,77	4,76
	Pastures	41,60	Negative	-0,121	3,26	17,04	11,78	9,52
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,181	8,27	14,79	7,52	1,50
	Rural workers	26,07	Positive	0,143	8,52	9,52	7,52	0,50
	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	50,38	Positive	0,272	1,75	12,28	0,50	35,84
	Area of herbaceous vegetation with fluvio-marine influence	39,85	Positive	0,160	1,75	1,75	0,50	35,84
	Area destinada a agricultura ou pecuária indistinguíveis	35,34	Negative	-0,148	4,01	9,52	12,53	9,27
2015	Sugar cane planted area	54,14	Negative	-0,208	2,76	12,53	13,78	25,06
	Soybean planted area	43,11	Negative	-0,139	3,76	15,79	15,04	8,52
	Households without sewage collection and treatment	18,55	Positive	0,147	5,26	7,27	3,76	2,26
	Forest planted for commercial purposes	40,10	Positive	0,191	8,02	20,80	4,01	7,27
	Native forest	49,37	Positive	0,367	10,03	25,06	7,27	7,02
	Pastures	41,35	Negative	-0,103	4,76	15,79	10,03	10,78
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,229	10,03	13,53	5,76	2,76
	Rural workers	26,07	Positive	0,169	9,52	8,52	6,52	1,50
	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	45,36	Positive	0,259	1,75	6,02	0,75	36,84
2016	Area of herbaceous vegetation with fluvio-marine influence	41,60	Positive	0,153	2,01	2,51	0,25	36,84
	Area intended for indistinguishable agriculture or livestock	34,84	Negative	-0,130	5,51	8,52	12,53	8,27

	Sugar cane planted area	53,63	Negative	-0,186	2,76	11,78	13,28	25,81
	Households without sewage collection and treatment	18,80	Positive	0,141	4,76	7,02	4,26	2,76
	Forest planted for commercial purposes	40,10	Positive	0,153	7,77	21,55	4,51	6,27
	Native forest	48,37	Positive	0,316	9,77	23,56	7,27	7,77
	Pastures	41,35	Negative	-0,108	3,51	13,53	11,03	13,28
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,194	9,52	13,53	6,27	2,76
	Rural workers	26,07	Positive	0,120	9,02	8,77	7,02	1,25
	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	46,87	Positive	0,176	1,00	7,27	1,00	37,59
2017	Sugar cane planted area	52,38	Negative	-0,187	3,01	12,78	13,03	23,56
	Forest planted for commercial purposes	40,60	Positive	0,115	7,02	21,05	5,51	7,02
	Native forest	48,12	Positive	0,241	9,27	23,81	7,77	7,27
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,144	9,52	13,53	6,27	2,76
	Rural workers	26,07	Positive	0,120	8,52	9,52	7,52	0,50
2018	Sugar cane planted area	50,63	Negative	-0,144	4,76	11,53	11,53	22,81
	Native forest	48,12	Positive	0,163	8,02	22,81	9,02	8,27
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,133	8,52	10,28	7,27	6,02
	Rural workers	26,07	Positive	0,113	7,52	8,52	8,52	1,50
2019	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	44,86	Positive	0,166	1,25	6,52	0,75	36,34
	Sugar cane planted area	54,64	Negative	-0,255	1,75	12,03	14,79	26,07
	Forest planted for commercial purposes	40,85	Positive	0,123	6,77	22,56	5,76	5,76
	Native forest	48,12	Positive	0,293	9,02	25,81	8,27	5,01
	Other non-vegetated areas	30,08	Positive	0,103	4,26	10,03	9,27	6,52

	Pastures	39,85	Negative	-0,145	4,01	15,04	11,03	9,77
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,216	9,02	15,04	6,77	1,25
	Rural workers	26,07	Positive	0,183	9,52	9,52	6,52	0,50
	Health units with anti-venom treatment	15,54	Positive	0,104	3,01	4,26	5,76	2,51
	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	50,13	Positive	0,227	2,01	13,03	0,50	34,59
	Sugar cane planted area	53,13	Negative	-0,122	4,01	14,29	11,78	23,06
2020	Soybean planted area	42,61	Negative	-0,134	3,76	14,54	14,79	9,52
	Native forest	48,62	Positive	0,201	8,52	23,06	8,77	8,27
	Other non-vegetated areas	30,83	Positive	0,131	4,26	9,52	10,03	7,02
	Rural workers	26,07	Positive	0,142	7,52	8,52	8,52	1,50
	Forest formations associated with the mangrove ecosystem	50,38	Positive	0,261	2,01	13,53	0,50	34,34
2021	Sugar cane planted area	42,61	Negative	-0,111	4,01	14,79	14,54	9,27
	Native forest	48,62	Positive	0,203	8,77	24,06	8,52	7,27
	Rural population of the municipality	32,08	Positive	0,116	6,77	13,03	9,02	3,26

**Source:** the author.

*The pseudo significance level for 999 permutations was 0.001.*

*\*Referring to all years of the study.*

**Caption:** H/H: high incidence/high correlation; L/L: low incidence/low correlation; L/H: low incidence/high correlation; H/L: high incidence/low correlation.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As hipóteses iniciais foram atendidas. Os municípios localizados na região sudeste e litoral (RGI de Guarapuava, Ponta Grossa e Curitiba) foram os que apresentam maior risco para acidente ofídico. Os acidentes ofídicos possuem autocorrelação predominantemente positiva com o espaço no estado do Paraná. Variáveis ambientais como: formações florestais nativas, florestas plantadas e vegetações associadas ao ecossistema de mangue; variáveis socioeconômicas como: domicílios sem coleta e tratamento de esgoto, domicílios sem coleta de lixo, além do tipo de trabalho desenvolvido e população rural, apresentaram correlação espacial positiva. No entanto, culturas altamente mecanizadas e pastagens apresentaram correlação espacial predominantemente negativa.

Há diversos fatores envolvidos na epidemiologia dos acidentes ofídicos. Identificar esses fatores pode auxiliar no direcionamento de medidas de prevenção dos acidentes, uma vez que, muitas vezes, as sequelas causadas nas vítimas levam a danos psicológicos e físicos irreparáveis, alterando a capacidade de trabalho e bem-estar. Tendo em vista a importância que os acidentes ofídicos possuem no Paraná, destaca-se que o SINAN exerce papel fundamental no estudo da epidemiologia dos acidentes ofídicos.