



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMÁTICA E EVOLUÇÃO

DIFERENCIAÇÃO MORFOLÓGICA E AMPLIAÇÃO
GEOGRÁFICA DE ESPÉCIES DE COBRAS CORAIS-
VERDADEIRAS DO COMPLEXO MICRURUS IBIBOCCA
(MERREM, 1820): DIFERENTES ABORDAGENS

ANDRÉ FELIPE DE VASCONCELOS DUARTE

Dissertação de Mestrado
Natal/RN, março de 2025

**DIFERENCIAÇÃO MORFOLÓGICA E AMPLIAÇÃO GEOGRÁFICA DE
ESPÉCIES DE COBRAS CORAIS-VERDADEIRAS DO COMPLEXO *MICRURUS*
IBIBOCCA (MERREM, 1820): DIFERENTES ABORDAGENS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemática e Evolução, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPgSE/UFRN), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientadora: **Profa. Dra. Eliza Maria Xavier Freire**

Coorientadora: **Profa. Dra. Ana Lúcia da Costa Prudente**

2025

Natal – RN

Brasil

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Leopoldo Nelson - -Centro de Biociências - CB

Duarte, André Felipe de Vasconcelos.

Diferenciação morfológica e ampliação geográfica de espécies de cobras corais-verdadeiras do complexo *Micrurus ibiboboca* (Merrem, 1820): diferentes abordagens / André Felipe de Vasconcelos Duarte. - 2025.

103 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociências, Programa de Pós-graduação em Sistemática e Evolução. Natal, RN, 2025.

Orientação: Profa. Dra. Eliza Maria Xavier Freire.

Coorientação: Profa. Dra. Ana Lúcia da Costa Prudente.

1. Serpentes - Dissertação. 2. Elapidae - Dissertação. 3. Variação geográfica - Dissertação. 4. Delimitação de espécies - Dissertação. 5. Dimorfismo sexual - Dissertação. I. Freire, Eliza Maria Xavier. II. Prudente, Ana Lúcia da Costa. III. Título.

RN/UF/BSCB

CDU 598.115.32

ANDRÉ FELIPE DE VASCONCELOS DUARTE

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Sistemática e Evolução, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPgSE/UFRN), como requisito à obtenção do título de mestre.

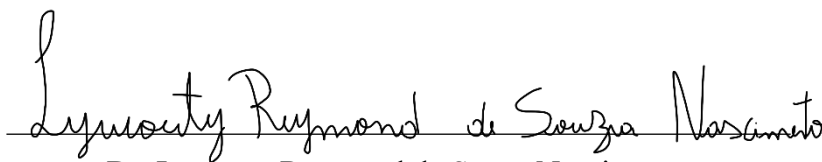
Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Eliza Maria Xavier Freire

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Presidente



Dr. Lywouty Reymond de Souza Nascimento

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Membro Externo

Prof. Dr. Felipe Franco Curcio

Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT)

Membro externo

APRESENTAÇÃO

Esta Dissertação tem como título **“DIFERENCIAÇÃO MORFOLÓGICA E AMPLIAÇÃO GEOGRÁFICA DE ESPÉCIES DE COBRAS CORAIS-VERDADEIRAS DO COMPLEXO *MICRURUS IBIBOCCA* (MERREM, 1820): DIFERENTES ABORDAGENS”** e seu conteúdo está composto por Introdução geral Metodologia geral utilizada para o conjunto da obra e por dois Capítulos que correspondem a artigos científicos a serem submetidos à publicação em periódicos qualificados, logo após a defesa. O primeiro capítulo intitula-se **“AMPLIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E VARIAÇÃO GEOGRÁFICA DE ESPÉCIES DO COMPLEXO *MICRURUS IBIBOCCA* (MERREM, 1820)”** e o segundo, **“MORFOMETRIA GEOMÉTRICA NA DELIMITAÇÃO DE ESPÉCIES E AVALIAÇÃO DE DIMORFISMO SEXUAL NO GRUPO *MICRURUS IBIBOCCA* (MERREM, 1820)”**. O fechamento da Dissertação ocorrerá por meio de **“Considerações finais”** acerca dos temas abordados nos respectivos Capítulos.

“São nossas escolhas que revelam o que realmente somos, muito mais do que as nossas qualidades”

Albus Dumbledore

J.K. Rowling - Harry Potter e a Câmara secreta

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, André Luiz Costa Duarte.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa e pelo apoio financeiro recebido.

À minha orientadora, Profa. Dra. Eliza Freire, por me apresentar, cinco anos atrás, o que hoje considero ser uma das minhas paixões (lado a lado com minha cadela Luna e o Clube de Regatas Vasco da Gama), as cobras-corais verdadeiras. Sua valiosa orientação para a academia e para a vida constitui o alicerce da minha formação pessoal e profissional. Muito obrigado por todos os momentos de preocupação, principalmente quanto a minha saúde, mental e física. Pelos puxões de orelhas, ameaças às partes íntimas, oportunidades e todas as outras coisas que eu demoraria muito tempo para listar, serei eternamente grato.

À Profa. Dra. Ana Prudente, minha coorientadora, pelo acolhimento durante minha visita ao Museu Paraense Emílio Goeldi e pelas inestimáveis orientações e contribuições que tornaram possíveis os resultados deste trabalho.

Aos Drs. Lywouty Nascimento, Marina Meireles, Nelson Jorge e Roberta Grabosky, expresso minha imensa gratidão pela parceria e contribuições para o andamento desta dissertação. Aos Drs. Antônio Argolo (UESC), Rejâne Lira (UFBA) e Paulo Passos (MNRJ), curadores das coleções que visitei, meu muito obrigado por abrirem as portas e me receberem em suas instituições.

Aos membros do Laboratório de Herpetologia do Museu Paraense Emílio Goeldi, Andrés, Kaelle, Patrícia, Alessandra, Aline, Fernanda, Glaize, Adriano e Fernando, por todas as conversas, trocas de conhecimento, histórias engraçadas e por me mostrarem um pouco da bela cidade de Belém.

Ao LabHerpeto/UFRN e seus componentes, tanto atuais quanto os que já passaram por lá, por todo o companheirismo, perrengues de campo, horas na sala de preparo cheirando formol e álcool, conselhos científicos e cafés com fofoca. Também, todas as perguntas filosóficas, idas ao BK, vídeos de Whindersson, dentre outras atividades que não devem ser esquecidas.

À amiga Olyana Furtado por toda a paciência em me ouvir falar sobre cobras, surtos acadêmicos e por tagarelar por horas sobre ideias de projetos e trabalhos, muitas vezes absurdas. Por toda ajuda e troca de informações durante nossa formação, não à toa somos coorientadores um do outro (contém humor, talvez não tanto assim).

À minha namorada, Josi, por todo o companheirismo, paciência e auxílio durante esta etapa da minha vida acadêmica.

Aos amigos do Açoite, Daniel Júnior, Heymmer Araújo, Lucas Alexandre e Vinícius Thawaan, por todas as horas de parceria durante a graduação, partilhando perrengues e

momentos engraçados. Aos demais amigos, Pedro Fernandes, Igor Fidelis, Thiago Bona, Eduardo Braga, Gustavo Leite, Ives Melo, João Victor e Igor Nascimento, pelo incentivo constante e pelos momentos de descontração essenciais para eu não enlouquecer.

Aos meus irmãos, Pedro Victor e Antônio Gabriel por serem fiéis escudeiros durante esta empreitada. Acho que influenciei o primeiro na escolha do curso e do LabHerpeto; Antônio com seus longos sete anos de idade, viu tantas cobras-corais quanto eu. À minha mãe, Geórgia, e às minhas avós, Lucinha e Zanza, pelo afago materno sem o qual o fardo de fazer ciência neste país seria infinitamente mais pesado. Aos meus demais familiares, por confiarem nos meus sonhos e me incentivarem a continuar no meu caminho sem desistir. Por sempre me induzirem a perseguir meus objetivos e alcançá-los sempre com humildade e perseverança.

Ao Instituto Seu André de Fomento à Pesquisa, mais conhecido como meu pai, por ter sido além de figura paterna, parte inegociável deste processo. Pai, talvez o senhor não saiba o quão importante foi, não só o financiamento de parte majoritária deste mestrado, mas por também ser aquele pilar que sustenta sozinho o todo quando os outros fraquejam. Ter a ciência que o senhor estava ao meu lado todos os dias em que estive viajando para coletar dados ou dentro do laboratório escrevendo ou analisando dados, me deu a certeza de que independente do que acontecesse, meu mestrado iria ser realizado. Cada letra, número, pontuação ou figura que consta nesse documento também foi escrito pelas suas mãos. A Dissertação saiu, e também é sua!

A todos vocês, meu muito obrigado!

RESUMO

As serpentes da família Elapidae incluem representantes mundialmente famosos, como a mamba-negra, a mamba-verde, a cobra-rei e as najas, conhecidas por sua alta toxicidade e importância médica. No Novo Mundo, essa família é representada pelas cobras-corais verdadeiras, que se destacam por sua coloração chamativa e seu comportamento recluso, além de possuírem um veneno neurotóxico potente. Devido à grande sobreposição de características diagnósticas, extensas revisões culminando em redescrições e descrições de novas espécies são comumente realizadas, utilizando caracteres morfológicos e moleculares, pois também abarcam imensa diversidade críptica. Estudos recentes revisaram o complexo *Micrurus ibiboboca*, redescrevendo o táxon e descrevendo três novas espécies: *Micrurus anibal*, *Micrurus bonita* e *Micrurus janisrozei*. Entretanto, estas espécies possuem vasta sobreposição de caracteres, sendo de grande relevância utilizar diferentes ferramentas, como a morfometria geométrica, para buscar novos caracteres e suas diferenças. Como estas espécies recém descritas recebiam o mesmo nome ao longo de sua distribuição, é importante investigar diferenças morfológicas intraespecíficas, levando em consideração diferentes abordagens, a exemplo de variações geográficas e/ou dimorfismo sexual, a fim de complementar o conhecimento acerca da biologia dessas espécies e. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo investigar diferenças inter e intrapopulacionais em *M. bonita*, *M. ibiboboca* e *M. janisrozei*, num gradiente latitudinal em *M. bonita* e *M. ibiboboca*, e em diferentes Domínios Morfoclimáticos em *M. bonita* e *M. janisrozei*. Também foi testado dimorfismo sexual e delimitação de espécies no grupo sob a luz das técnicas morfométricas geométricas. Detectaram-se variações morfológicas ao longo de um gradiente latitudinal em *M. bonita* e *M. ibiboboca*, e diferenças morfológicas em indivíduos de *M. bonita* e *M. janisrozei* ocorrentes em diferentes Domínios Morfoclimáticos, quanto ao número de tríades no corpo. Ao mesmo tempo, este trabalho amplia a distribuição geográfica de *M. ibiboboca* e *M. janisrozei*. Em adição. Este trabalho amplia a distribuição geográfica de *M. ibiboboca* e *M. janisrozei*, além de demonstrar que as quatro espécies possuem diferenças significativas quanto ao formato da cabeça; espécies simpátricas como *M. ibiboboca* e *M. janisrozei* mais semelhantes. Apenas *M. bonita* demonstrou dimorfismo sexual para tamanho e forma da cabeça, enquanto *M. janisrozei* apenas para forma. Os resultados sugerem que estudos ecomorfológicos em espécies de *Micrurus* devem ser encorajados, uma vez que essa abordagem gera conhecimentos relevantes acerca da biologia desses organismos. Enfim, demonstrou-se que a utilização de ferramentas alternativas, a exemplo da morfometria geométrica, na busca de características indetectáveis à luz de métodos tradicionais, como a morfometria geométrica, auxilia não só em estudos de caráter ecomorfológicos, como também em estudos taxonômicos.

Palavras-chave: Variação geográfica; delimitação de espécies; dimorfismo sexual; serpentes; Elapidae.

ABSTRACT

Snakes of the family Elapidae include globally renowned representatives such as the black mamba, green mamba, king cobra, and cobras of the genus *Naja*, known for their high toxicity and significant medical relevance. In the New World, this family is represented by the true coral snakes, notable for their striking coloration, reclusive behavior, and potent neurotoxic venom. Due to the extensive overlap of diagnostic characteristics, comprehensive taxonomic revisions often involving the redescription and description of new species are frequently carried out using both morphological and molecular traits, as these snakes also exhibit substantial cryptic diversity. Recent studies have revised the *Micrurus ibiboboca* complex, redescribing the taxon and describing three new species: *Micrurus anibal*, *Micrurus bonita*, and *Micrurus janisrozei*. However, these species exhibit considerable overlap in morphological characters, making the use of complementary tools, such as geometric morphometrics, particularly valuable for identifying new distinguishing features. As these recently described species were previously treated under the same name throughout their distribution, it is essential to investigate intraspecific morphological variation using multiple approaches, including geographic variation and/or sexual dimorphism, to enhance our understanding of their biology. In this context, the present study aimed to investigate inter- and intrapopulational differences in *M. bonita*, *M. ibiboboca*, and *M. janisrozei* specifically along a latitudinal gradient for *M. bonita* and *M. ibiboboca*, and across different Morphoclimatic Domains for *M. bonita* and *M. janisrozei*. Sexual dimorphism and species delimitation within the group were also tested using geometric morphometric techniques. Morphological variation was detected along the latitudinal gradient in *M. bonita* and *M. ibiboboca*, and morphological differences related to the number of body triads were observed in *M. bonita* and *M. janisrozei* across distinct Morphoclimatic Domains. This study also expands the known geographic distribution of *M. ibiboboca* and *M. janisrozei*. Additionally, it demonstrates that the four species exhibit significant differences in head shape, with sympatric species such as *M. ibiboboca* and *M. janisrozei* being more similar to each other. Only *M. bonita* showed sexual dimorphism in both head size and shape, while *M. janisrozei* exhibited dimorphism in head shape only. The results suggest that ecomorphological studies in *Micrurus* species should be encouraged, as this approach provides relevant insights into the biology of these organisms. Finally, this study highlights the utility of alternative tools such as geometric morphometrics in identifying traits that are undetectable through traditional methods, contributing not only to ecomorphological research but also to taxonomic studies.

Keywords: Geographic variation; species delimitation; sexual dimorphism; snakes; Elapidae.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. Mapa de distribuição geográfica das espécies do complexo *M. ibiboboca* elaborado por Nascimento et al. (2024) ----- 16

CAPÍTULO 1

Figura 1. Mapa com atualização da distribuição geográfica de *M. ibiboboca* e *M. janisrozei* para o Nordeste setentrional brasileiro ----- 26

Figura 2. Gráficos de dispersão com os resultados da regressão para machos (CRC, Ccau, Ccab, V, SC, TriB vs Latitude) de *M. bonita* ----- 27

Figura 3. Gráficos de dispersão com os resultados da regressão para fêmeas (CRC, Ccau, Ccab, V, SC, TriB vs Latitude) de *M. bonita* ----- 28

Figura 4. Gráficos de dispersão com os resultados da regressão para machos (CRC, Ccau, Ccab, V, SC, TriB vs Latitude) de *M. ibiboboca* ----- 29

Figura 5. Gráficos de dispersão com os resultados da regressão para fêmeas (CRC, Ccau, Ccab, V, SC, TriB vs Latitude) de *M. ibiboboca* ----- 30

Figura 6. Gráficos de *boxplot* com a variação de cada variável em relação à latitude para *M. bonita* ----- 31

Figura 7. Gráficos de *boxplot* com a variação de cada variável em relação à latitude para *M. ibiboboca* ----- 31

CAPÍTULO 2

Figura 1. Exemplo de digitalização dos *landmarks* (em amarelo) escolhidos para a realização das análises em um indivíduo fêmea de *Micrurus bonita* (UFRN-CH 6946). A = *landmarks* escolhidos para vista dorsal e; B = vista lateral ----- 46

Figura 2. Gráficos com os resultados da Análise de Variáveis Canônicas para as vistas dorsal e lateral da cabeça com as respectivas variações de forma de acordo com os eixos. A = vista dorsal; B = vista lateral. Legenda: traço azul = variação da forma; traço cinza = forma média; M = machos; F = fêmeas; Mbon = *Micrurus bonita*; Mibi = *Micrurus ibiboboca*; Mjan = *Micrurus janisrozei* ----- 49

Figura 3. Diagramas de transformação gerados pela CVA evidenciando as diferenças na forma da cabeça entre machos (preto) e fêmeas (vermelho) das espécies do complexo *M. ibiboboca*. A = vista dorsal em *M. bonita*; B = vista lateral em *M. bonita*; C = vista dorsal em *M. janisrozei* ----- 50

APÊNDICE SUPLEMENTAR 2

Figuras 1 a 6. Gráficos de *boxplot* para cada variável ----- 67

Figuras 7 a 42. Gráficos de *dotchart* para cada variável ----- 70

Figuras 43 a 48. Gráficos com os resultados da Correlação de Spearman para cada variável ----- 88

Figuras 49 a 84. Gráficos com os resíduos da regressão para cada variável ----- 91

APÊNDICE SUPLEMENTAR 3

Figura 1. Resultados da CVA para vista dorsal com machos evidenciando diferenças entre as espécies. Linhas azuis mostram a variação da forma em relação à forma média (linhas pretas). *M. anibal* = Mani; *M. bonita* = Mbon; *M. ibiboboca* = Mibi; *M. janisrozei* = Mjan ----- 104

Figura 2. Resultados da CVA para vista dorsal com fêmeas evidenciando diferenças entre as espécies. Linhas azuis mostram a variação da forma em relação à forma média (linhas pretas). *M. anibal* = Mani; *M. bonita* = Mbon; *M. ibiboboca* = Mibi; *M. janisrozei* = Mjan ----- 105

Figura 3. Resultados da CVA para vista lateral com machos evidenciando diferenças entre as espécies. Linhas azuis mostram a variação da forma em relação à forma média (linhas pretas). *M. anibal* = Mani; *M. bonita* = Mbon; *M. ibiboboca* = Mibi; *M. janisrozei* = Mjan ----- 106

Figura 4. Resultados da CVA para vista lateral com fêmeas evidenciando diferenças entre as espécies. Linhas azuis mostram a variação da forma em relação à forma média (linhas pretas). *M. anibal* = Mani; *M. bonita* = Mbon; *M. ibiboboca* = Mibi; *M. janisrozei* = Mjan ----- 107

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL

Tabela 1. Ocorrência das espécies de *Micrurus* por Unidade Federativa da região Nordeste do Brasil, segundo Nogueira et al. (2019) e Guedes et al. (2023)----- 15

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Resultados dos testes de Regressão Linear do tipo II (valor de p) e Correlação de Spearman (valores de Rho e p) para cada variável em relação à Latitude para as espécies *Micrurus bonita* e *Micrurus ibiboboca*. Valores com significância estatística estão destacados em negrito. O sinal negativo nos valores de Rho indicam correlação negativa ----- 26

Tabela 2. Resultados dos testes de significância para cada variável coletada para as duas espécies entre Caatinga e Mata Atlântica. Valores marcados em negrito e com * representam significância estatística----- 32

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Resultados matemáticos da Análise de Variáveis Canônicas para as vistas dorsal e lateral levando em consideração o F de Goodal e o traço de Pillai e seus respectivos valores de p . Valores em negrito e marcados com * representam significância estatística ----- 47

Tabela 2. Resultados matemáticos da Análise de Variáveis Canônicas evidenciando individualmente as diferenças entre as espécies. Valores em negrito e marcados com * representam significância estatística ----- 47

Tabela 3. Resultados da análise de Regressão relacionando as variáveis de forma (dependente) e tamanho (independente) para as vistas dorsal e lateral da cabeça. Valores destacados em negrito e com * representam significância estatística ----- 48

Tabela 4. Resultados matemáticos da ANOVA de Procrustes para as vistas dorsal e lateral. Valores em negrito e marcados com * representam significância estatística ----- 48

APÊNDICE SUPLEMENTAR 2

Tabelas de 1 a 4. Resultados dos testes de normalidade para cada sexo de cada espécie e teste estatístico selecionado ----- 66

Tabela 5. Resultados do VIF para cada variável para cada espécie----- 91

APÊNDICE SUPLEMENTAR 3

Tabela 1. Resultados matemáticos da CVA para a vista lateral ----- 103

Tabela 2. Resultados matemáticos da CVA para a vista dorsal ----- 103

Tabela 3. Valores de p entre espécies considerando a distância de Procrustes entre as espécies para ambas as vistas ----- 103

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
METODOLOGIA GERAL	18
Coleções visitadas e conjunto de dados disponibilizados	18
Coleta e análise de dados	18
<i>Dados merísticos e morfométricos lineares</i>	18
<i>Dados morfométricos geométricos</i>	19
<i>Dados geográficos</i>	19
CAPÍTULO 1 - AMPLIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E VARIAÇÃO GEOGRÁFICA DE ESPÉCIES DO COMPLEXO <i>MICRURUS IBIBOCCA</i> (MERREM, 1820)	20
Resumo	20
Abstract	20
Introdução	21
Material e Métodos	23
Espécimes amostrados e coleta de dados	23
Análise de dados	24
Mapa de distribuição e novos registros	24
Resultados	25
<i>Ampliação de distribuição geográfica</i>	25
<i>Variação latitudinal</i>	26
<i>Diferenças entre Domínios Morfoclimáticos</i>	32
Discussão	32
Referências	34
CAPÍTULO 2 - MORFOMETRIA GEOMÉTRICA NA DELIMITAÇÃO DE ESPÉCIES E AVALIAÇÃO DE DIMORFISMO SEXUAL NO GRUPO <i>MICRURUS IBIBOCCA</i> (MERREM, 1820)	41
Resumo	41
Abstract	42
Introdução	43
Material e métodos	44
<i>Amostragem e procedimentos metodológicos</i>	44
<i>Análises morfométricas geométricas</i>	45
Resultados	47
Discussão	50
Referências	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS DA PARTE INTRODUTÓRIA DA DISSERTAÇÃO	59
APÊNDICE SUPLEMENTAR 1	64
APÊNDICE SUPLEMENTAR 2	66
APÊNDICE SUPLEMENTAR 3	103

INTRODUÇÃO GERAL

As serpentes da família Elapidae são reconhecidas ao redor do globo como de grande interesse médico por abrigar representantes destacados por sua peçonha, como as mambas (*Dendroaspis* Schlegel, 1848), cobras (*Naja* Laurenti, 1768), cobras-reis (*Ophiophagus* Günther, 1864a), as cobras corais-verdadeiras do Velho Mundo (*Calliophis* Gray, 1835 em Gray & Hardwicke, 1830-1835, *Hemibungarus* Peters, 1862b e *Sinomicrurus* Slowinsky, Boundy & Lawson, 2001) e as serpentes marinhas (*Laticauda* Laurenti, 1768; Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004; Uetz et al., 2024). Todos os elapídeos possuem dentição proteróglifa com peçonha neurotóxica (Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004).

Os elapídeos no Novo Mundo são representados pelas cobras corais-verdadeiras, distribuídas em três gêneros, *Micruroides* Schmidt, 1928; *Leptomicrurus* Schmidt, 1937 e *Micrurus* Wagler, 1824, sendo este último o mais especioso (Silva Jr. et al., 2021), com pelo menos 38 espécies ao longo do território brasileiro (Silva Jr. et al., 2021; Guedes et al., 2023). Estas serpentes são caracterizadas por possuírem coloração aposemática, contendo geralmente vermelho, preto e branco, distribuídos em anéis ao longo do corpo e da cauda, comumente contemplando dorso e ventre (Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004; Silva Jr. et al., 2021). Constitui um grupo de serpentes de grande interesse médico, destacado em diversos estudos acerca do potencial de sua peçonha (Roze, 1996; Silva Jr. & Aird, 2001; Campbell & Lamar, 2004; Tanaka et al., 2010; Renjifo et al., 2012; Floriano et al., 2019). Em adição, diversas espécies estão potencialmente envolvidas como modelos tóxicos em pretensos complexos miméticos e, por isso, possuem também relevante interesse social; por exemplo, nos Estados Unidos, versos são criados pela população para ajudar a diferenciar as corais-verdadeiras de suas mímicas (Roze, 1996).

Micrurus é um gênero problemático taxonomicamente devido à variação intraespecífica no padrão de coloração e vasta sobreposição interespecífica de caracteres contínuos potencialmente diagnósticos, tais como, número de escamas ventrais e subcaudais. Por isso, trabalhos de revisão taxonômica e sistemática têm se somado ao longo dos anos agregando redescrições e descrições de novas espécies, além de sinonimizagens (Roze, 1966; Silva Jr. & Sites, 1999; Di-Bernardo et al., 2007; Feitosa et al., 2007; Pires et al., 2014; Feitosa et al., 2015; Nascimento et al., 2019; Pires et al., 2021). Dados moleculares e genéticos também vêm sendo combinados para esclarecer problemas taxonômicos complexos e para gerar hipóteses sobre as relações de parentesco entre as diferentes linhagens destas serpentes (Silva Jr. & Aird, 1999; Serafim et al., 2007; Jowers et al., 2019; Pessoa et al., 2020; Hurtado-Gomez, 2021). Associadas às proposições de novas espécies e/ou mudanças taxonômicas, atualizações sobre a distribuição geográfica dessas espécies também são comuns (Feitosa et al., 2013; Pires

et al., 2013; Nogueira et al., 2019; Araújo et al., 2022).

Para a região Nordeste do Brasil, documentava-se até recentemente 11 espécies de cobras corais-verdadeiras (ver Tabela 1; Araújo et al., 2022; Guedes et al., 2023) e, segundo Nogueira et al. (2019), apenas *Micrurus corallinus* (Merrem, 1820) e *Micrurus potyguara* Pires et al., 2014 ocorrem no Rio Grande do Norte (RN). No entanto, alguns autores registraram a ocorrência de *Micrurus ibiboboca* (Merrem, 1824) para o RN, a exemplo de Freire et al., (2009); Caldas et. al., (2016); Guedes et al., (2023). Essas incongruências envolvendo *M. ibiboboca* são frequentes, pois esta pode ser confundida com suas espécies congênicas e simpátricas, como *Micrurus carvalhoi* Roze, 1967 e *Micrurus brasiliensis* Roze, 1967 (Pires et al., 2014; Silva Jr. et al., 2021). Além disso, alguns autores vinham discutindo e avaliando a possibilidade de as populações de *M. ibiboboca*, ocorrentes em diferentes fitofisionomias e domínios morfoclimáticos serem diferentes da forma típica, constituindo possivelmente um complexo de espécies (Guedes et al., 2014; Marques et al., 2021).

Tabela 1. Ocorrência das espécies de *Micrurus* por Unidade Federativa da região Nordeste do Brasil, segundo Nogueira et al. (2019) e Guedes et al. (2023).

Espécie	Ocorrência (Unidades Federativas)
<i>Micrurus brasiliensis</i> Roze, 1967	Bahia, Maranhão
<i>Micrurus carvalhoi</i> Roze, 1967	Alagoas, Bahia, Paraíba, Pernambuco
<i>Micrurus corallinus</i> (Merrem, 1820)	Bahia, Rio Grande do Norte
<i>Micrurus filiformis</i> (Ghünther, 1859)	Maranhão
<i>Micrurus hemprichii</i> (Jan, 1858)	Maranhão
<i>Micrurus ibiboboca</i> (Merrem, 1820)	Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe
<i>Micrurus lemniscatus</i> (Linnaeus, 1758)	Maranhão, Piauí
<i>Micrurus paraensis</i> Cunha & Nascimento, 1973	Maranhão
<i>Micrurus potyguara</i> Pires et al., 2014	Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte
<i>Micrurus spixii</i> Wagler em Spix, 1824	Maranhão
<i>Micrurus surinamensis</i> (Cuvier, 1817)	Maranhão

Diante desse cenário, Nascimento et al. (2024) realizaram revisão do complexo de espécies *Micrurus ibiboboca*, utilizando taxonomia integrativa para propor um sistema taxonômico mais adequado à diversidade deste complexo. Este trabalho de revisão resultou na redescritção da forma nominal típica de *M. ibiboboca*, com populações ocorrentes entre os Estados da Bahia e da Paraíba, predominantemente restritas a regiões costeiras ou próximas à costa. Em adição, foram descritas como novas as espécies *Micrurus anibal*, conhecida apenas para o Estado do Rio de Janeiro; *Micrurus bonita*, restrita a localidades do Nordeste, exceto Maranhão; e *Micrurus janisrozei* conhecida para localidades no Estado da Bahia (Figura 1; Nascimento et al., 2024).

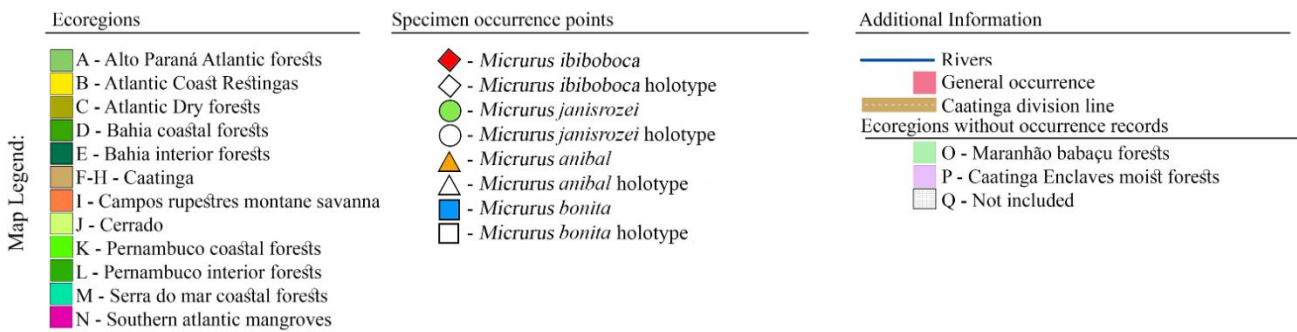
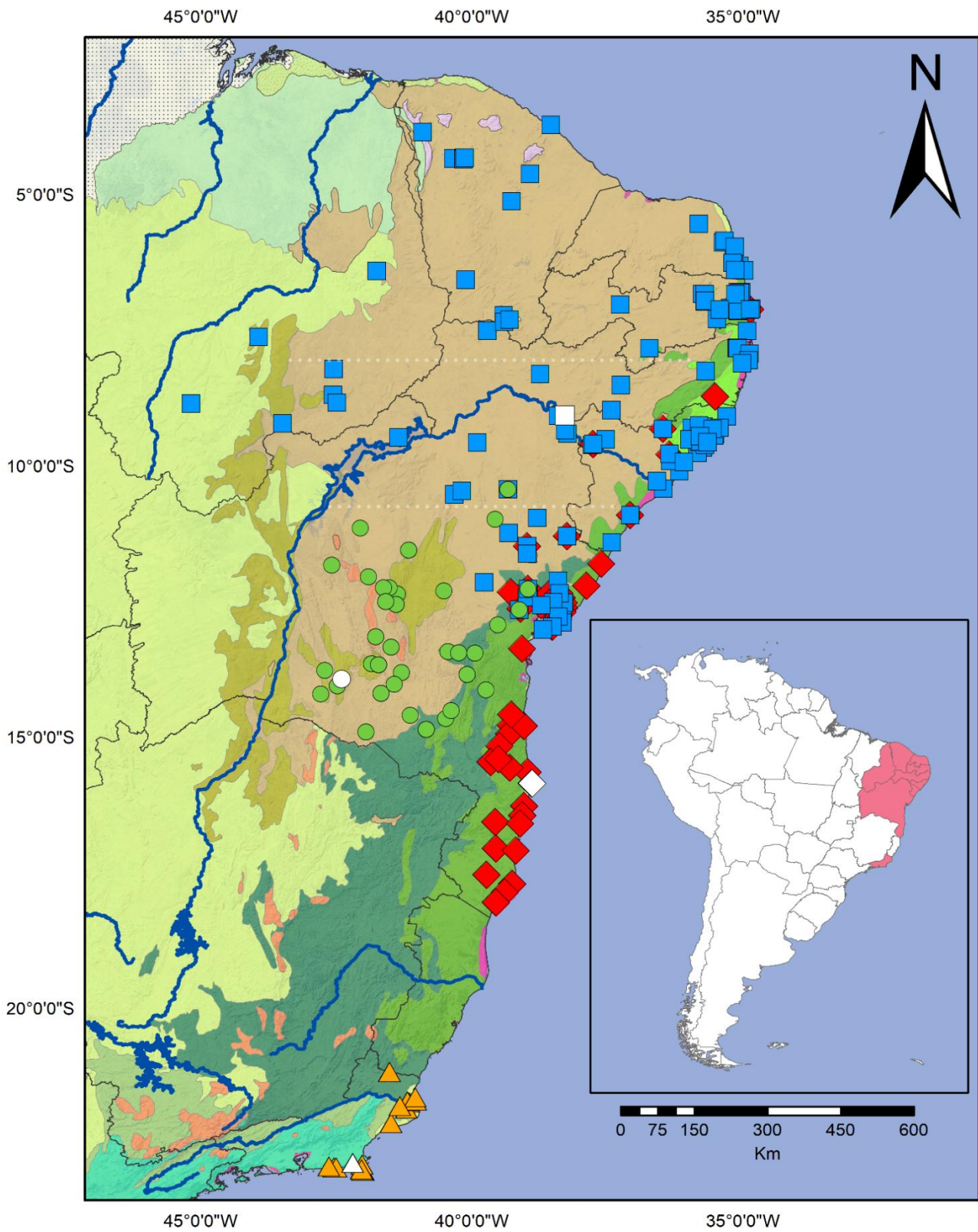


Figura 1. Mapa de distribuição geográfica das espécies do complexo *M. ibiboboca* elaborado por Nascimento et al. (2024).

As espécies recém descritas se diferenciam principalmente quanto à coloração da cabeça e número de tríades no corpo: *M. anibal* possui focinho preto, anéis brancos amarelados e de 8 a 16 tríades no corpo (em média 12); *M. bonita* possui focinho predominantemente branco, podendo ter pequenas manchas pretas, anéis brancos da primeira tríade imaculados e de 6 a 12 tríades no corpo; (em média 8); *M. ibiboboca* possui focinho preto, anéis brancos maculados com pontos pretos na ponta das escamas e 7-11 tríades no corpo (em média 9); *M. janisrozei* possui focinho predominantemente branco com escamas bordadas de machas pretas, parietais geralmente pontilhadas de preto e 8 a 12 tríades no corpo (em média 10). No entanto, percebe-se que ainda persiste grande sobreposição de caracteres diagnósticos entre as novas espécies (Nascimento et al., 2024). Mesmo após a abrangente revisão de Nascimento et al. (2024), persistem incongruências quanto à distribuição geográfica e sobreposição de caracteres entre as novas espécies, fatos que dificultam e/ou impedem superar dificuldades e problemas taxonômicos anteriores, particularmente das espécies do grupo *M. ibiboboca*.

Nesse contexto e em busca de alternativas metodológicas que possibilitassem superar esses impasses, optou-se pela morfometria geométrica que, desde sua instituição, vem sendo utilizada constantemente como uma valiosa ferramenta para o estudo da variação da forma dos organismos, incluindo serpentes (Souto et al., 2021). Também pode ser utilizada para testar delimitação de espécies, garantindo maior robustez a proposições taxonômicas (Barbo et al., 2016; Andjelkovic et al., 2017; Keates et al., 2019). Além disso, a morfometria geométrica é amplamente utilizada para outros estudos com serpentes, tais como, ontogenia, mimetismo, evolução da forma do corpo, relações entre morfologia e hábitat e/ou dieta e dimorfismo sexual, utilizando principalmente os encontros das escamas supra cefálicas como referência (Souto et al., 2021). Portanto, essa técnica deve ser útil, particularmente, para as espécies de cobras corais do complexo *M. ibiboboca* recentemente descritas, uma vez que pode evidenciar características morfológicas distintas entre as espécies, possibilitando assim a superação dos desafios taxonômicos e geográficos que ainda persistem.

Cabe destacar ainda, que espécies de répteis distribuídas em diferentes fitofisionomias, com repertório distinto de condições e recursos, a exemplo de *M. bonita*, podem sofrer variações morfológicas por estarem expostas a diferentes pressões seletivas associadas a cada ambiente (Jaffe et al., 2016; Servino et al., 2024). Este fato merece atenção, uma vez que estas espécies recentemente descritas habitam áreas com diferentes fitofisionomias e em distintos Domínios Morfoclimáticos (Nascimento et al., 2024)

Face ao exposto, esta dissertação tem como objetivo geral complementar lacunas de informações persistentes no complexo *Micrurus ibiboboca*, utilizando diferentes ferramentas e técnicas diferentes, a exemplo da morfometria geométrica; especificamente, (i) revisar a

distribuição geográfica das espécies de *Micrurus* propostas por Nascimento et al., (2024); (ii) investigar diferenças morfológicas intraespecíficas ao longo da distribuição geográfica das espécies do grupo *M. ibiboboca*, (iii) testar delimitação de espécies e buscar novas características morfológicas que auxiliem na identificação desse grupo de serpentes utilizando o método geométrico e (iv) investigar dimorfismo sexual nessas espécies sob a luz do método citado. Explorando estes objetivos e diante da problemática exposta, espera-se contribuir com o aprimoramento da complexa taxonomia deste grupo de serpentes, orientada por diferenças sutis e pela potencial ocorrência de espécies crípticas, além de obter novas informações sobre a biologia e biogeografia desses animais.

METODOLOGIA GERAL

Coleções visitadas e utilização conjunto de dados disponibilizados

Foram aferidos dados morfológicos (merísticos e morfométricos) de todos os exemplares de *M. bonita* (n = 63), *M. ibiboboca* (n = 6) e de *M. janisrozei* (n = 1) tombadas na UFRN-CH. Além disso, dados semelhantes foram obtidos por meio de vistas/consultas aos acervos de outras quatro coleções Herpetológicas de diferentes Instituições brasileiras, a saber, a do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), do Museu de História Natural da Universidade Federal da Bahia (UFBA), do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e do Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ). Em adição, o conjunto de dados utilizado por Nascimento et al. (2024) foi disponibilizado pelos autores para incrementar e subsidiar análises morfométricas e consequente elaboração desta dissertação (Vouchers no Apêndice Suplementar 1). Os livros de tombo das referidas coleções foram consultados a fim de obter as coordenadas geográficas dos espécimes.

Coleta e análise de dados

Dados geográficos

A distribuição geográfica das espécies foi aferida utilizando as coordenadas geográficas obtidas dos livros de tombo das coleções consultadas. O software Google Earth foi utilizado para georreferenciar os dados, as coordenadas de coleta de cada espécime foram inseridas no *software* para verificar se coincidiam com a localidade de coleta. Em caso de ausência de dados geográficos ou necessidade de correção, as coordenadas do centróide da localidade de coleta foram consideradas. As coordenadas foram padronizadas em graus decimais utilizando o *datum* SIRGAS 2000. O mapa de ocorrência das espécies foi elaborado utilizando o *software* QGis, usando *shapes* disponíveis na base de dados do programa, sem sofrer nenhuma transformação.

Dados merísticos e morfométricos lineares

As variáveis morfométricas coletadas foram: comprimento rostro-cloacal (CRC), comprimento da cabeça (CCab) e comprimento da cauda (CCau); já as variáveis merísticas, foram: número de escamas ventrais (V), número de escamas subcaudais (SC) e número de triádes no corpo (TriB), conforme Nascimento et al. (2024). Após planilhados, esses dados foram incorporados ao conjunto de dados disponibilizado por Nascimento et al. (2024) e submetidos a análise exploratória, segundo o protocolo de Zurr et al. (2010), com o intuito de determinar a análise estatística mais adequada para obtenção de resultados robustos. Ambas as etapas de análises estatísticas foram realizadas no software RStudio (R Core Team, 2023).

Após a análise exploratória de dados, foram realizados testes de Regressão Linear do Tipo II e Correlação de Spearman para averiguar diferenças morfológicas em um gradiente latitudinal para *M. bonita* e *M. ibiboboca*. Já para testar a existência de diferenças entre indivíduos de *M. bonita* e *M. janisrozei* que habitam áreas de Mata Atlântica e Caatinga, foram realizados testes *t* ou de Mann-Whitney.

Dados morfométricos geométricos

Em todas as coleções visitadas, listadas acima, foram fotografadas, em vista dorsal e lateral (lado direito), a cabeça de exemplares pertencentes às espécies *Micrurus anibal* Nascimento, Graboski, Silva Jr. & Prudente, 2024; *Micrurus bonita* Nascimento, Graboski, Silva Jr. & Prudente, 2024; *Micrurus ibiboboca* (Merrem, 1820); *Micrurus janisrozei* Nascimento, Graboski, Silva Jr. & Prudente, 2024.

A obtenção das fotografias para aplicação das técnicas morfométricas geométricas foi efetuada utilizando câmera fotográfica com lente 18-55mm, acoplada a um tripé. A distância da lente até o espécime fotografado foi padronizada (15cm) e utilizado um nível bolha para o alinhamento. As imagens obtidas foram transformadas para o formato TPS, utilizando o software tpsUtil v. 1.81 (série tps de softwares: Rohlf 2008, 2015). Após esse procedimento, os landmarks foram digitalizados utilizando o software tpsDig2 v. 2.32 (série tps de softwares: Rohlf 2008, 2015). A escolha e digitalização dos landmarks seguiram conforme adaptação de Santos et al. (2024) para vista dorsal da cabeça e Barbo et al. (2016) para vista lateral. Após digitalizados os landmarks, o conjunto de dados gerado foi trabalhado no software MorphoJ (Klingenberg, 2011).

CAPÍTULO 1 - AMPLIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E VARIAÇÃO GEOGRÁFICA DE ESPÉCIES DO COMPLEXO *MICRURUS IBIBOBOCA* (MERREM, 1820)

RESUMO

Lacunas Wallaceanas se referem a hiatos de conhecimento sobre a extensão geográfica de ocorrência dos organismos. Devido às proposições de distribuição geográfica das espécies muitas vezes refletirem apenas o esforço de coleta, carecendo de informações complementares, lacunas como esta são difíceis de sanar. Indivíduos de uma mesma espécie podem apresentar variações morfológicas conforme a fisionomia da paisagem em áreas de ocorrência, especialmente quando ocorrem em fitofisionomias ou latitudes distintas. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivos revisar a distribuição geográfica do complexo de espécies *Micrurus ibiboboca* e investigar possíveis diferenças intraespecíficas conforme a distribuição das espécies. Para isso, foram utilizadas variáveis morfométricas e merísticas coletadas nos exemplares depositados em coleções herpetológicas; as coordenadas geográficas das localidades de ocorrência das espécies foram obtidas a partir nos livros de tomo das respectivas coleções. Para avaliar as diferenças interpopulacionais de *Micrurus bonita* e *M. ibiboboca* em um gradiente latitudinal, foi efetuada uma análise de Regressão do tipo II utilizando o log (10) das variáveis morfológicas (dependentes) com o log (10) da latitude (independente). Para investigar a existência de diferenças morfológicas em populações de *M. bonita* e, de *Micrurus janisrozei* da Mata Atlântica e/ou Caatinga, foram realizados testes de significância estatística adequados à natureza dos dados. Os resultados mostram ocorrência de diminuição no número de escamas ventrais e subcaudais nas duas espécies, e aumento do comprimento da cabeça em *M. bonita*, ambas as mudanças ao longo do aumento da latitude. Em *M. bonita* e *M. janisrozei*, o número de tríades no corpo apresentou diferença entre as populações de Caatinga e Mata Atlântica; para a primeira, indivíduos da Caatinga possuem mais tríades, enquanto para a segunda acontece o inverso. A variação clinal em *M. bonita* e *M. ibiboboca* provavelmente ocorre devido a pressões ambientais, selecionando número menor de vértebras em serpentes que ocorrem em ambiente mais frio, pois tal característica pode estar associada a melhor capacidade de movimentação. A diferença de coloração nas populações de *M. bonita* e *M. janisrozei* podem estar associadas à diferentes pressões impostas pelas fitofisionomias distintas, uma vez que esta característica está associada defesa contra predadores. Dessa forma, verificamos que a latitude afeta a morfologia das espécies estudadas, enquanto a variação entre Domínios Morfoclimáticos se deu principalmente para o número de tríades nas duas espécies estudadas.

Palavras-chave: Cobras-corais verdadeiras; regra de Jordan; variação morfológica; distribuição geográfica.

ABSTRACT

Wallacean Shortfalls refer to knowledge gaps regarding the geographical distribution of organisms. Species distribution proposals often reflect only sampling effort and lack complementary information, making these gaps difficult to address. Individuals of the same species may exhibit morphological variations according to landscape physiognomy in their areas of occurrence, especially when they inhabit distinct phytophysiognomies or latitudes. In this context, this study aimed to review the geographic distribution of the *Micrurus ibiboboca* species complex and investigate possible intraspecific differences based on species distribution. Morphometric and meristic variables were collected from specimens deposited in herpetological collections, and the geographic coordinates of the species' occurrence localities were obtained from the respective collections' records. To evaluate interpopulation differences in *Micrurus bonita* and *M. ibiboboca* along a latitudinal gradient, a Type II Regression analysis was performed using log (10) of morphological variables (dependent) against log (10) of latitude (independent). To investigate morphological differences in populations of *M. bonita* and *Micrurus janisrozei* from the Atlantic Forest and/or Caatinga, appropriate statistical significance tests were applied based on data characteristics. The results indicate a decrease in the number of ventral and subcaudal scales in both species and an increase in head length in *M. bonita*, both associated with increasing latitude. In *M. bonita* and *M. janisrozei*, the number of body triads differed between Caatinga and Atlantic Forest populations; in *M. bonita*, Caatinga individuals had more triads, whereas in *M. janisrozei*, the opposite was observed. The clinal variation in *M. bonita* and *M. ibiboboca* is likely due to environmental pressures selecting for a lower number of vertebrae in snakes from colder environments, as this trait may be associated with enhanced locomotor performance. Color variation in *M. bonita* and *M. janisrozei* populations may be linked to different selective pressures imposed by distinct phytophysiognomies, as coloration is related to predator defense. Thus, we conclude that latitude influences the morphology of the studied species, while variation between Morphoclimatic Domains primarily affects the number of triads in both species.

Keywords: Venomous coralsnakes; Jordan's rule; morphological variation; geographic distribution.

INTRODUÇÃO

Lacunas Wallaceanas são relacionadas a espaços vazios no conhecimento acerca da extensão da distribuição geográfica dos organismos (Lomolino, 2004). Elas existem porque muitas vezes as áreas de ocorrência propostas para as espécies são baseadas no esforço de coleta e informações de onde foram registradas, não refletindo a extensão real de sua

distribuição espacial (Hortal et al., 2015). Além disso, a existência de outras lacunas de informação como a Linneana, que está relacionada ao que não conhecemos sobre a taxonomia dos organismos, contribui para a persistência dessas lacunas (Diniz-Filho et al., 2023). A constante revisão e atualização da distribuição geográfica das espécies a partir de registros de ocorrência na literatura e em coleções biológicas, além da utilização de modelos de distribuição potencial, constituem importantes ações para a redução das Lacunas Wallaceanas, pois essas lacunas contribuem negativamente para o conhecimento científico e conservação das espécies (Hortal et al., 2015; Terribile et al., 2018; Nogueira et al., 2019).

Como exemplo entre os répteis, *Coleodactylus natalensis* Freire, 1999, uma espécie de lagarto ameaçada de extinção e originalmente conhecida apenas para o Parque das Dunas, Natal/RN, vem sendo registrada em outros fragmentos de Mata Atlântica do Rio Grande do Norte desde sua descrição, reduzindo as lacunas ao mesmo tempo que favorece a incerteza de sua real área de distribuição (Freire, 1999; Sales et al., 2009; Lisbora & Freire, 2012; Ramos-Silva et al., 2024). Espécies ameaçadas e com distribuição geográfica restrita, geralmente são utilizadas como justificativa para preservação de áreas naturais onde ocorrem, como é o caso de *C. natalensis* e de *Bothrops muriciensis* Ferrarezzi & Freire, 2001, uma espécie de jararaca conhecida apenas para a Estação Ecológica de Murici, Alagoas (Ferrarezzi & Freire, 2001; Dubeux et al., 2022).

A Mata Atlântica e a Caatinga são Domínios distintos, com diferenças marcantes quanto ao clima, solo e biodiversidade (Ab'Saber, 1974; Morellato & Haddad, 2000; Lisboa & Freire, 2012; Correia-Filho et al., 2019; Sales & Freire, 2019; Moro et al., 2024). Seus habitantes possuem adaptações às suas condições físicas e ecológicas, muito embora várias espécies ocorram em ambas as áreas fitogeográficas (Freire, 1996; Guedes et al., 2014; Marques et al., 2021; Uchôa et al., 2022). Domínios morfoclimáticos diferentes dispõem de distintos microhabitats que são utilizados pelas espécies, impondo diferentes pressões e selecionando características específicas para melhorar o desempenho dos organismos (Furtado, 2023).

Nesse contexto, a regra de Bergmann (Bergmann, 1847) prevê que o tamanho corporal de animais endotérmicos, mamíferos e aves, aumenta em ambientes mais frios, ou seja, em latitudes elevadas, como estratégia para evitar a perda de calor. Por outro lado, o estudo de Jordan (1891) com peixes, sugere que em águas mais frias os animais possuiriam mais vértebras, relacionando um menor número de vértebras a pressões maiores de seleção, que geralmente ocorrem em ambientes mais quentes. Porém, Ashton & Feldman (2003) obtiveram resultados com répteis escamados (Eureptilia: Squamata) que contrariam a regra de Bergmann, pois mostraram que 61 de 83 espécies diminuem de tamanho com o aumento da latitude. Esses autores discutem que animais ectotérmicos de tamanhos menores conseguem controlar sua temperatura mais facilmente em climas mais frios devido ao aumento da área de

contato do corpo com o meio, levando menos tempo para aquecer ou resfriar o corpo. Entretanto, Servino et al. (2024) mostraram que para a robustez do corpo de *Bothrops jararaca* (Wied-Neuwied, 1824) existe clina bergmanniana e reversão da regra de Jordan, pois esses animais quando ocorrentes em ambientes mais frios possuem corpos mais robustos e apresentam número menor de vértebras.

Recentemente, foram descritas três novas espécies de cobras-corais verdadeiras: *Micrurus anibal* Nascimento, Graboski, Silva Jr. & Prudente; *Micrurus bonita* Nascimento, Graboski, Silva Jr. & Prudente; e *Micrurus janisrozei* Nascimento, Graboski, Silva Jr. & Prudente. Todas estas recebiam anteriormente o nome de *Micrurus ibiboboca* (Merrem, 1820), que foi redescrita no mesmo trabalho (Nascimento et al., 2024). Segundo os autores deste trabalho de revisão, *M. bonita* e *M. ibiboboca* se distribuem ao longo da região Nordeste do território nacional: a primeira ocorrendo desde o Ceará até o norte da Bahia e a segunda ocorre da Paraíba até o sul da Bahia; *M. janisrozei* é restrita à Bahia. *Micrurus bonita*, *M. ibiboboca* e *M. janisrozei* ocorrem tanto em áreas de Mata Atlântica quanto de Caatinga (*M. ibiboboca* mais raramente); *M. bonita* também alcança áreas de cerrado (Nascimento et al., 2024).

Nesse contexto e perspectiva, este estudo visa investigar a existência de variações morfológicas ao longo da distribuição latitudinal de *M. bonita* e *M. ibiboboca*, uma vez que esta variável geográfica pode influenciar a morfologia dos organismos. Se propõe ainda a verificar se os indivíduos de *M. bonita* e *M. janisrozei* ocorrentes na Mata Atlântica e Caatinga apresentam diferenças morfológicas. Finalmente, propomos ampliação da área de ocorrência de *M. ibiboboca* e *M. janisrozei* para mais ao norte.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécimes amostrados e coleta de dados

Foram analisados 316 indivíduos de *M. bonita* (189 machos e 127 fêmeas), 120 de *M. ibiboboca* (85 machos e 35 fêmeas) e 107 de *M. janisrozei* (61 machos e 46 fêmeas) depositados em Coleções Herpetológicas brasileiras, conforme Apêndice Suplementar 1. Os livros de tombo das referidas coleções foram consultados para obtenção dos dados geográficos de ocorrência dos espécimes (latitude e longitude), quando disponíveis; quando indisponíveis, foram georreferenciados por meio do Google Earth, utilizando as coordenadas do centroide da localidade informada nos referidos livros.

Para cada exemplar, foram aferidas variáveis morfométricas e merísticas conforme Feitosa et al. (2007), quais sejam: comprimento rostro-cloacal (CRC), comprimento da cabeça, medida da ponta do focinho até a articulação quadrato-mandibular (Ccab), comprimento da cauda (Ccau), número de escamas ventrais (V), número de escamas subcaudais (SC) e número de tríades no corpo (TriB). As variáveis morfométricas foram medidas utilizando paquímetro digital com precisão de 1 mm (Ccab e Ccau) e régua graduada,

de forma indireta (CRC). Para retirar o efeito do CRC, as variáveis Ccab e CCau foram consideradas como a proporção dessas medidas: Ccab/CRC e Ccau/CRC.

Análise de dados

Para cada espécie e sexo, o conjunto de dados foi testado quanto à normalidade conforme o protocolo proposto por Zuur et al. (2010), utilizando os testes de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) e homoscedasticidade pelo teste de Levene (Levene, 1960) para que o melhor tratamento estatístico fosse selecionado. Posteriormente, esses dados foram investigados quanto à presença de outliers por meio de gráficos do tipo boxplot (Zar, 2010) e dispersão de Cleveland (Cleveland, 1993) gerados para cada variável.

Também foi verificada a existência de colinearidade entre as variáveis por meio do Fator de Inflação da Variância (VIF) e inspeção da matriz de correlação de Spearman (Zar, 2010). As variáveis com $VIF > 7$ e correlação de Spearman $> |8|$ foram removidas manualmente seguindo passo-a-passo. Esta etapa facilita a interpretação dos resultados, minimizando equívocos quanto à significância estatística deles. Os resultados de toda a etapa exploratória de dados se encontram no Apêndice Suplementar 2.

Para verificar a existência de diferenças morfológicas ao longo da distribuição de *M. bonita* e *M. ibiboboca* em um gradiente latitudinal, foi realizada Regressão Linear do tipo II, devido a natureza não-paramétrica dos dados, utilizando o método de Eixo Maior Reduzido (RMA) para cada variável: $\text{Log}_{10}(\text{Latitude})$ vs. $\text{Log}_{10}(\text{Variável})$; Sokal & Rohlf, 1985). Os resíduos de cada regressão foram analisados para detectar se os modelos estavam ajustados adequadamente (ver Apêndice Suplementar 3). Também foi realizado o teste de Correlação de Spearman (Zar, 2010) entre a latitude e as variáveis. Para testar a existência de diferenças entre indivíduos de *M. bonita* e *M. janisrozei* que ocorrem em diferentes Domínios Morfoclimáticos, Mata Atlântica e Caatinga, foram realizados testes *t* para as variáveis paramétricas e testes de Mann-Whitney-Wilcoxon para variáveis não-paramétricas (ver Apêndice Suplementar 2). Todo o tratamento estatístico foi realizado no ambiente do RStudio (R Core Team, 2023).

Mapa de distribuição e novos registros

As coordenadas geográficas contidas nos livros de tombo de cada coleção consultada foram verificadas utilizando o *software* Google Earth Pro. Em caso de incongruência com o local de coleta informado pelo livro de tombo, as coordenadas consideradas foram o do centróide da localidade do espécime. O mapa de distribuição das espécies atualizado com os novos registros foi elaborado a partir do mapa publicado por Nascimento et al. (2024) como referência, utilizando sistema de coordenadas decimais utilizando o *datum* SIRGAS 2000 e plotado com o *software* QGis v. 3.30.2; os *shapes* foram obtidos do banco de dados do

programa e não sofreram transformações. As distâncias de ampliação da área de ocorrência foram calculadas com o aplicativo Alpine Quest.

RESULTADOS

Ampliação de distribuição geográfica

Os registros de *M. janisrozei* nos municípios de Bom Jesus (MZUSP 12636 e 13012) e Piripiri (UFRN-CH 6982) no Estado do Piauí ampliam sua área de distribuição em aproximadamente 700 km ao norte e 60 km a oeste. *Micrurus ibiboboca* foi registrada durante este estudo para os municípios de Touros (UFRN-CH 5645), Natal e região metropolitana (UFRN-CH 5538, 5994, 6188, 6899 e 6900) no estado do Rio Grande do Norte, constituindo o limite Norte de sua distribuição e ampliando sua área de ocorrência em cerca de 212 km ao Norte (Figura 7).

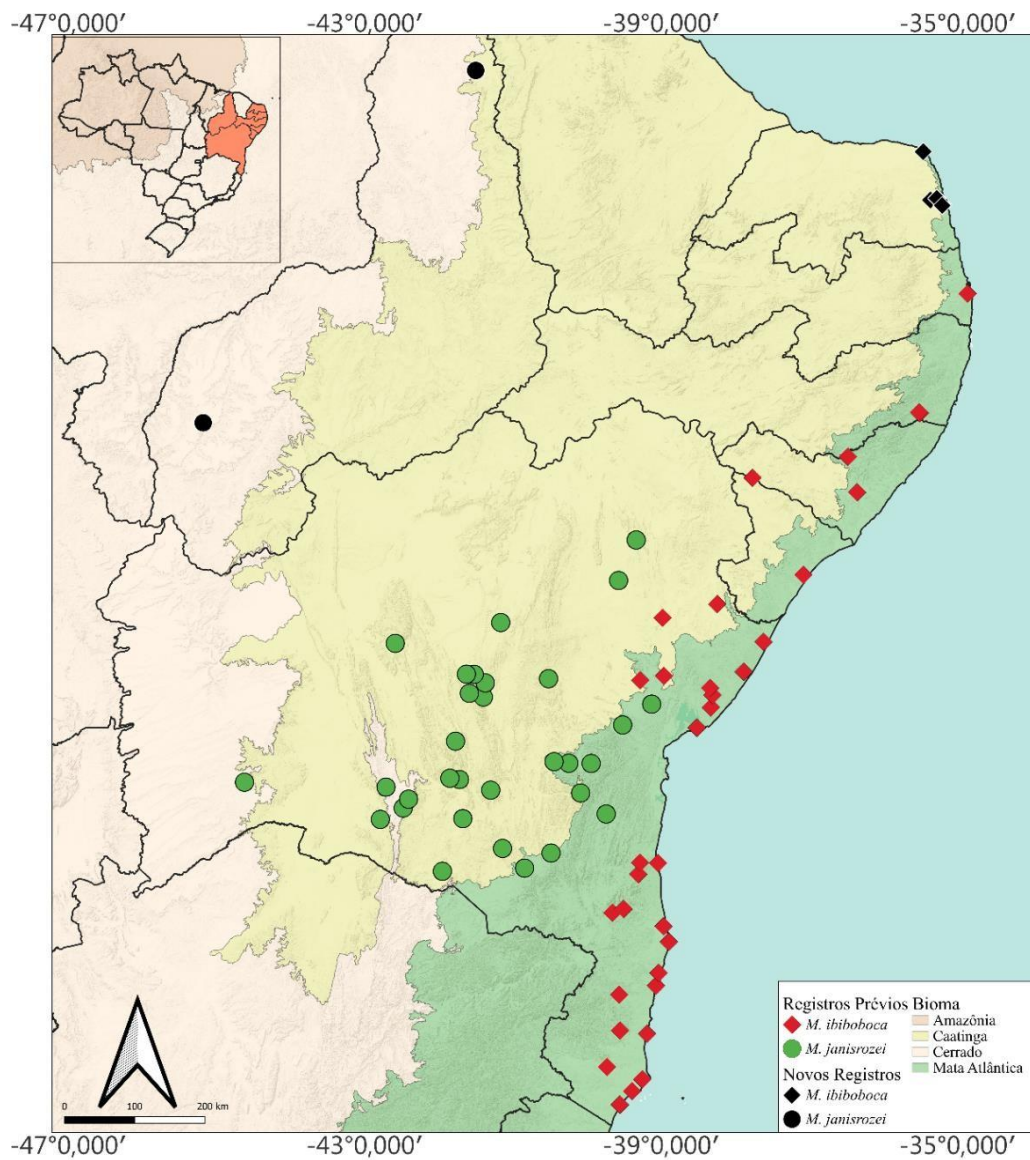


Figura 1. Mapa com atualização da distribuição geográfica de *M. ibiboboca* e *M. janisrozei* para o Nordeste setentrional brasileiro.

Os resultados da Regressão Linear do tipo II retornaram significância estatística (valores de $p < 0,05$) para número de escamas ventrais e subcaudais em machos e fêmeas de *M. bonita* (Figuras 1 e 2) e *M. ibiboboca* (Figuras 3 e 4), demonstrando que ao longo do aumento da latitude ocorre diminuição no número destas escamas. Entretanto, para as demais variáveis só houve significância para comprimento rostro-cloacal e comprimento da cabeça em machos de *M. bonita* (valores de $p = 0,03902$ e $p = 9,9e-6$) e número de tríades no corpo em machos de *M. ibiboboca* (valor de $p = 0,0116$). Machos de *M. bonita* apresentam diminuição do CRC e aumento do Ccab enquanto a latitude aumenta, e machos de *M. ibiboboca* possuem número menor de tríades em latitudes mais altas (Tabela 1; Figuras 5 e 6).

Os testes de Correlação de Spearman também retornaram significância estatística e correlação negativa para número de escamas ventrais e subcaudais em machos e fêmeas de *M. bonita* e *M. ibiboboca* (valores de $p < 0,05$ e valores de $Rho < 0$). Em machos e fêmeas de *M. bonita* houve correlação positiva entre latitude e comprimento da cabeça (valores de $p = 0,00014$ e $Rho = 0,27567$ para machos e valores de $p = 0,04877$ e $Rho = 0,17584$ para fêmeas). Já em machos de *M. ibiboboca*, não só o número de tríades no corpo apresentou correlação negativa (valores de $p = 0,01269$ e $Rho = -0,26929$), mas também o comprimento da cauda (valores de $p = 0,03577$ e $Rho = -0,22809$) e correlação positiva para o CRC (valores de $p = 0,00451$ e $Rho = 0,30521$; Tabela 1).

Tabela 1. Resultados dos testes de Regressão Linear do tipo II (valor de p) e Correlação de Spearman (valores de Rho e p) para cada variável em relação a Latitude para as espécies *Micrurus bonita* e *Micrurus ibiboboca*. Valores com significância estatística estão destacados em negrito. O sinal negativo nos valores de Rho indicam correlação negativa.

		<i>Micrurus bonita</i>			<i>Micrurus ibiboboca</i>		
		Regressão	Correlação de Spearman		Regressão	Correlação de Spearman	
		Valor de p	Valor de Rho	Valor de p	Valor de p	Valor de Rho	Valor de p
CRC	M	0,039	-0,049	0,508	0,200	0,305	0,005
	F	0,887	-0,014	0,874	0,179	-0,219	0,206
Ccab	M	0,000	0,276	0,000	0,094	0,080	0,468
	F	0,101	0,175	0,049	0,221	0,253	0,142
Ccau	M	0,625	-0,030	0,680	0,555	-0,228	0,036
	F	0,708	-0,055	0,538	0,400	-0,013	0,943
V	M	0,000	-0,295	0,000	0,000	-0,594	0,000
	F	0,001	-0,299	0,001	0,000	-0,469	0,005
SC	M	0,026	-0,184	0,011	0,000	-0,653	0,000
	F	0,018	-0,261	0,003	0,002	-0,568	0,000
TriB	M	0,094	-0,160	0,028	0,012	-0,269	0,013
	F	0,1792	-0,105	0,240	0,226	-0,153	0,380

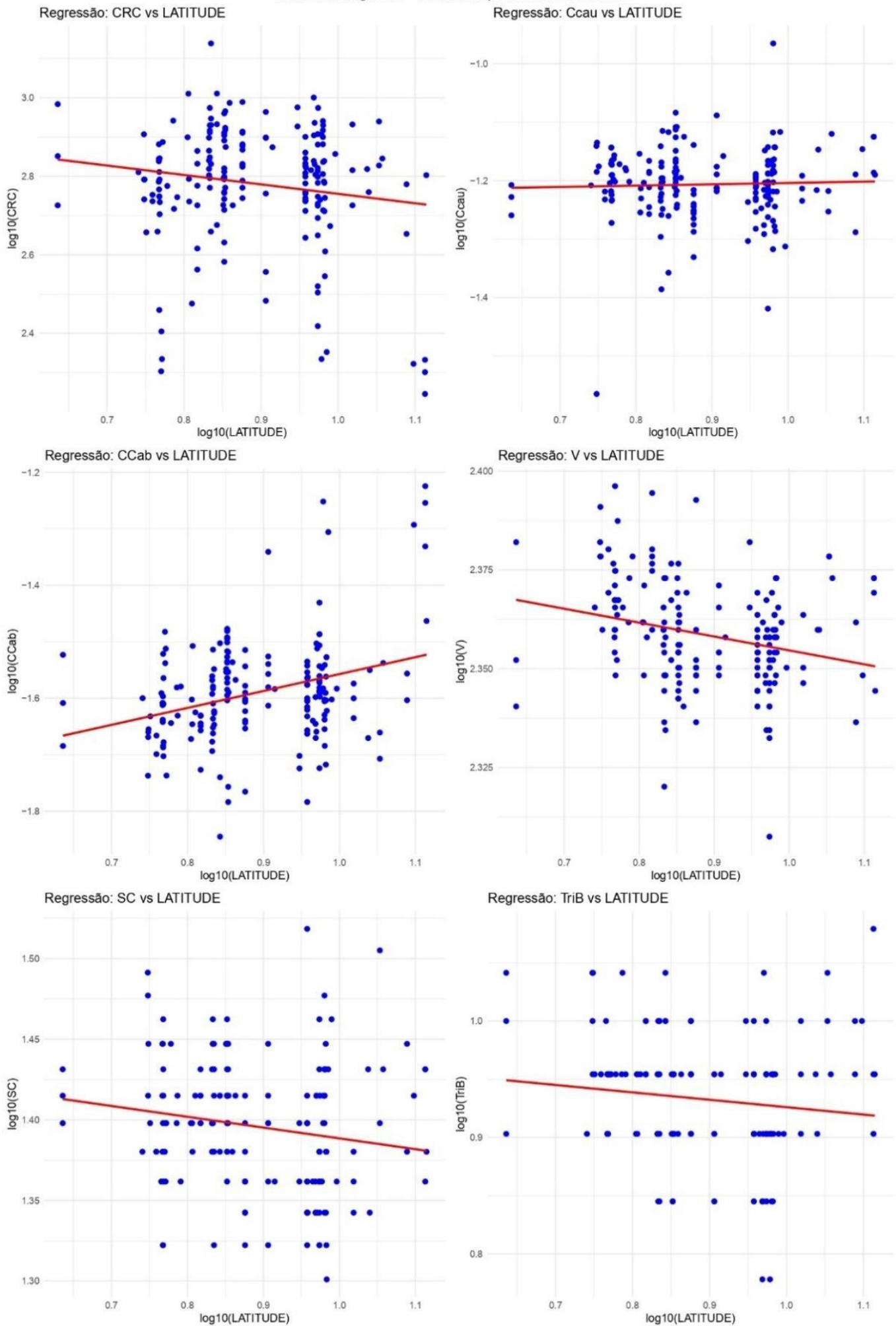


Figura 2. Gráficos de dispersão com os resultados da regressão para machos (CRC, Ccau, Ccab, V, SC, TriB vs Latitude) de

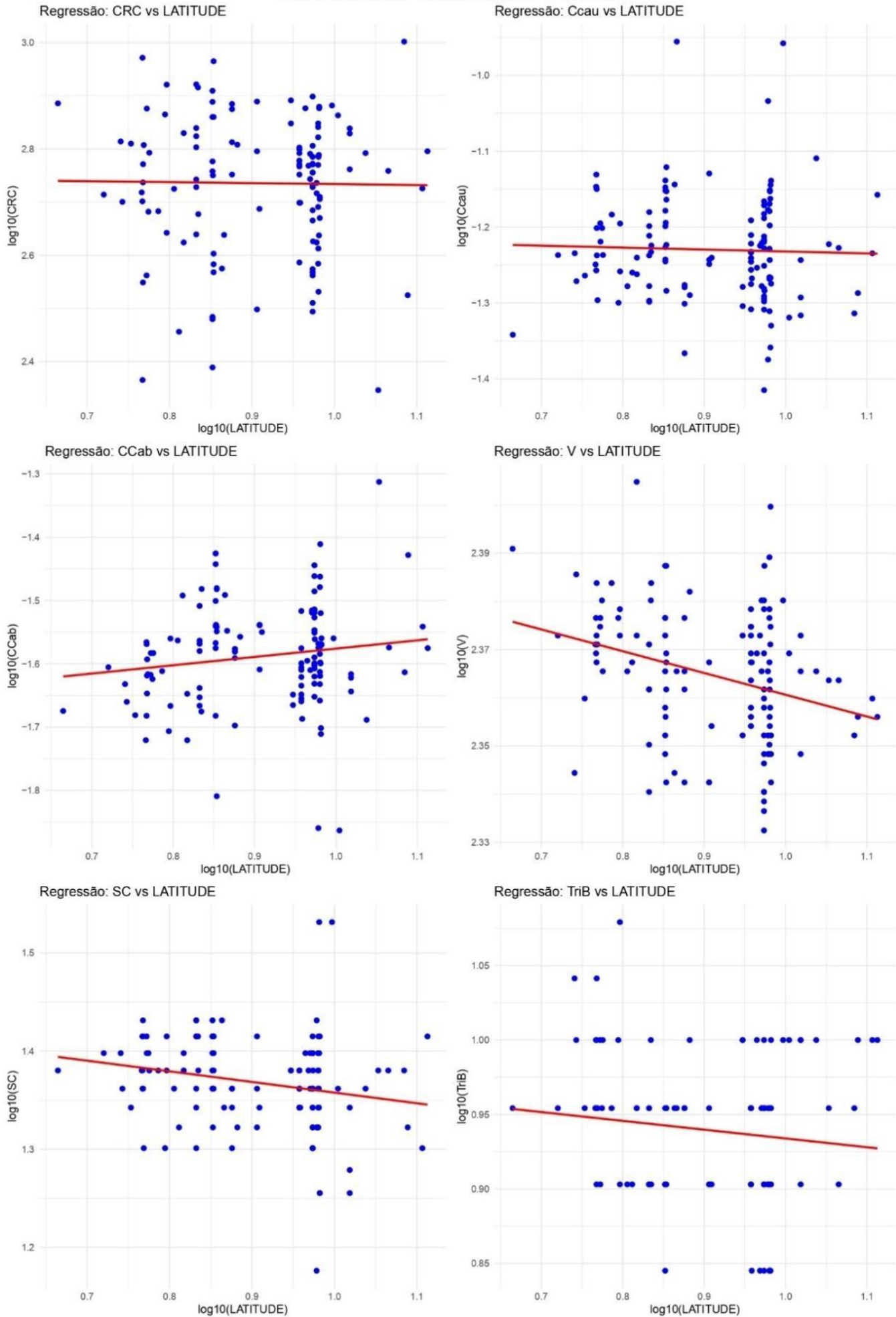


Figura 3. Gráficos de dispersão com os resultados da regressão para fêmeas (CRC, Ccau, Ccab, V, SC, TriB vs Latitude) de *M.*

Gráficos de Regressão – Variáveis Dependentes vs LATITUDE

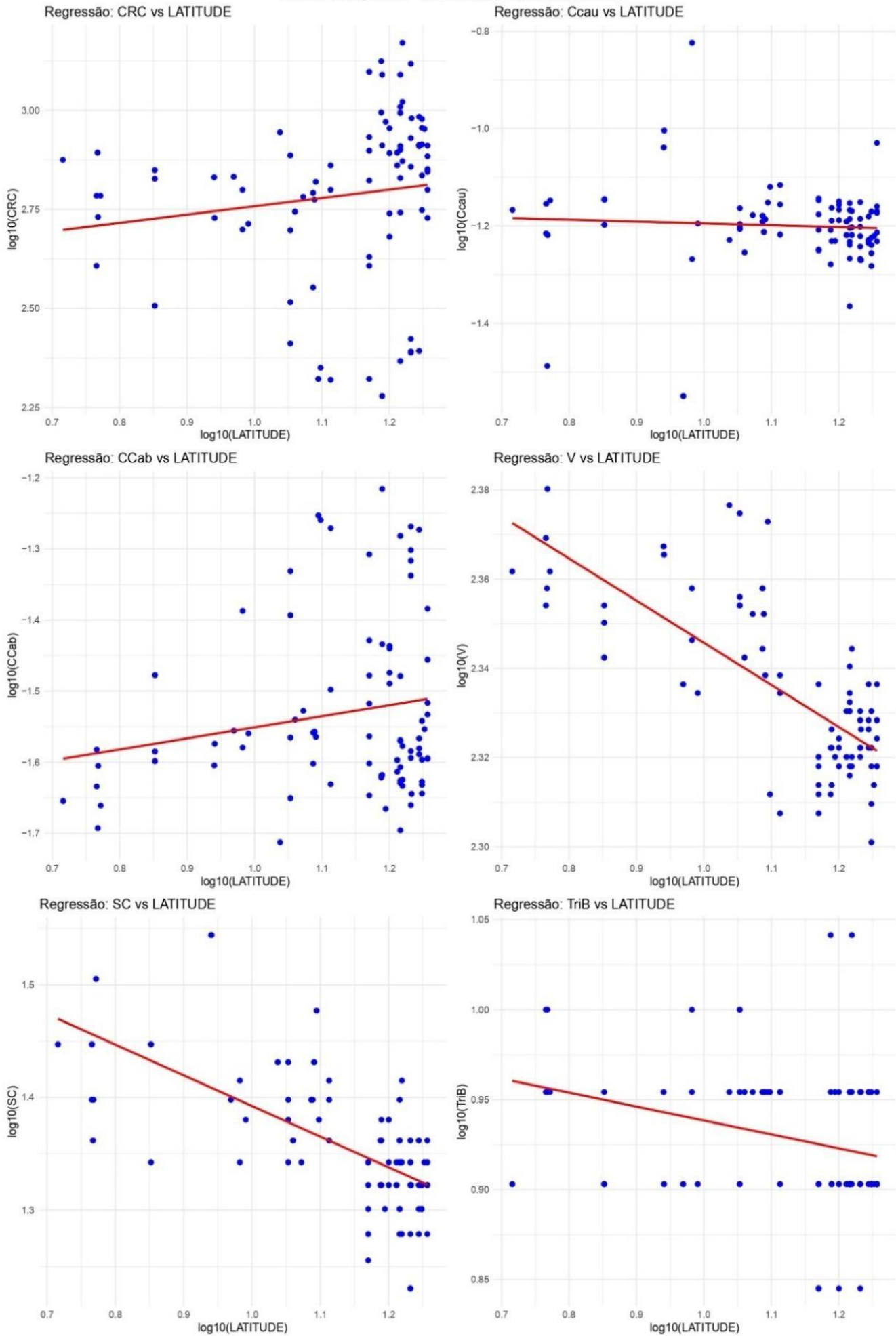


Figura 4. Gráficos de dispersão com os resultados da regressão para machos (CRC, Ccau, CCab, V, SC, TriB vs Latitude) de *M. ibiboboca*.

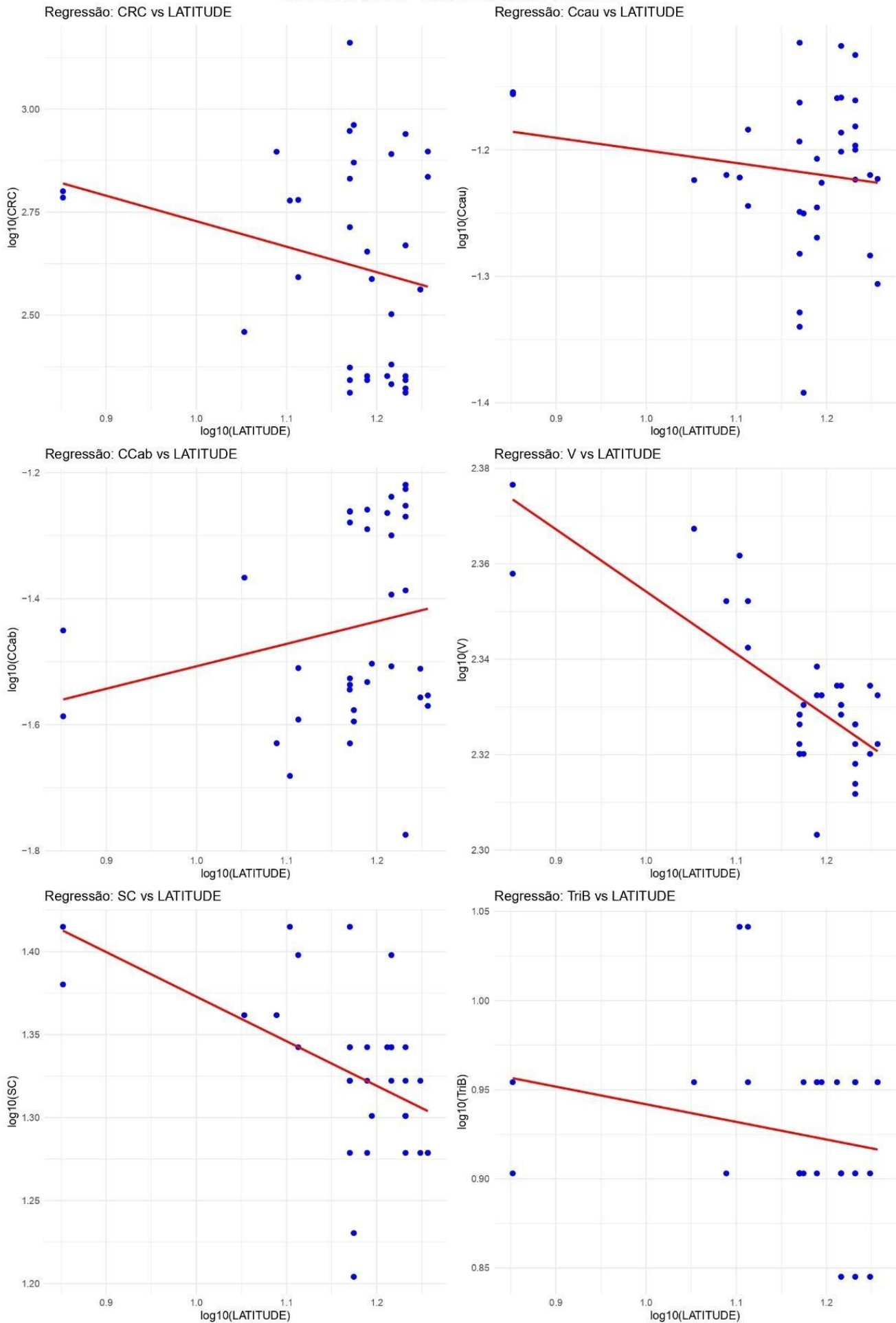


Figura 5. Gráficos de dispersão com os resultados da regressão para fêmeas (CRC, Ccau, CCab, V, SC, TriB vs Latitude) de *M. ibiboca*.

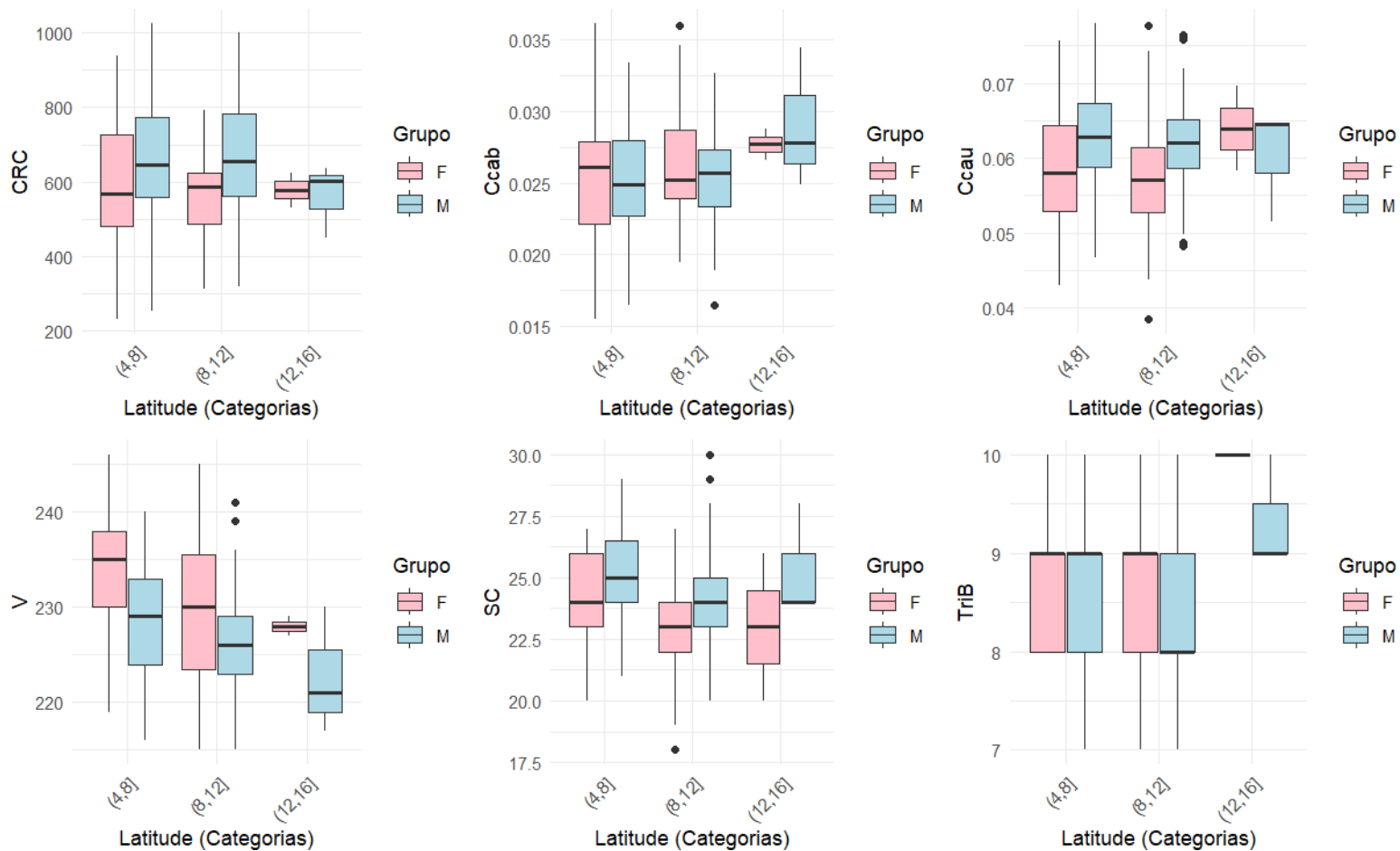


Figura 6. Gráficos de *boxplot* com a variação de cada variável com relação a latitude para *M. bonita*.

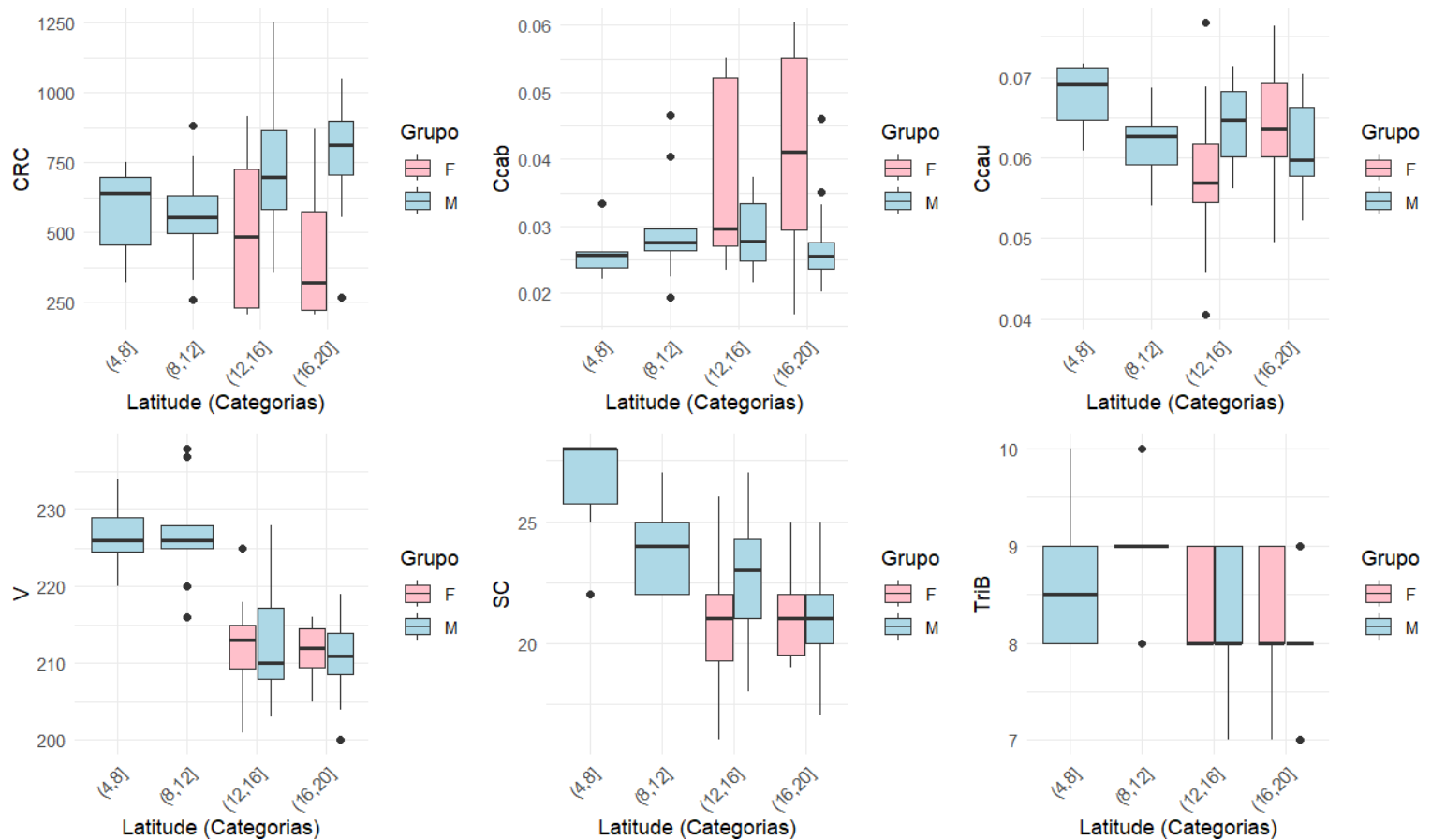


Figura 7. Gráficos de *boxplot* com a variação de cada variável com relação a latitude para *M. ibiboca*.

Diferenças entre Domínios Morfoclimáticos

Os testes *t* (V em fêmeas de *M. bonita* e ambos os sexos em *M. janisrozei*; SC em fêmeas de *M. bonita* e machos de *M. janisrozei*) e de Mann-Whitney-Wilcoxon (demais variáveis) demonstraram a existência de diferença entre o número de tríades nas populações de *M. bonita* e *M. janisrozei* (valores de $p < 0,05$); em *M. bonita* os indivíduos da Caatinga possuem mais tríades, enquanto em *M. janisrozei* indivíduos da Mata Atlântica possuem mais tríades (Tabela 2). Para *M. bonita* houve diferença também no número de escamas subcaudais, com os indivíduos da Mata Atlântica possuindo mais escamas, enquanto em *M. janisrozei* houve diferença no CRC, com machos da Mata Atlântica sendo maiores que os da Caatinga; já para fêmeas, ocorreu o inverso (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados dos testes de significância para cada variável coletada para as duas espécies entre Caatinga e Mata Atlântica. Valores em negrito e marcados com * representam significância estatística.

		<i>Micrurus bonita</i>				<i>Micrurus janisrozei</i>					
		Caatinga		Mata Atlântica		Caatinga		Mata Atlântica			
		Intervalo	Média	Intervalo	Média	Valor de <i>p</i>	Intervalo	Média	Intervalo	Média	Valor de <i>p</i>
V	M	203-249	228,4149 ± 7,8964	209-244	228,247 ± 6,0496	0,6627	215-244	227,6842 ± 7,1961	209-233	222,34 ± 15 ± 5,7298	0,003*
	F	215-254	230,5088 ± 7,9734	219-251	233,015 ± 4 ± 6,8659	0,0645	218-230	224,7778 ± 4,1466	212-240	226,44 ± 44 ± 5,7393	0,4188
SC	M	20-33	24,3542 ± 2,4104	21-30	25,730 ± 3 ± 1,9872	1,42e-6*	18-27	23,7368 ± 2,0505	19-27	23 ± 1,9621	0,1609
	F	18-27	22,8136 ± 2,2320	15-34	24,061 ± 5 ± 2,8056	0,0069*	17-26	22 ± 3,3166	16-26	22 ± 1,7728	0,6636
TriB	M	7-11	8,8958 ± 0,8883	6-12	8,3371 ± 1,0107	4,8e-5*	8-12	9,6842 ± 1,2043	9-12	10,487 ± 8 ± 1,0517	0,0246*
	F	7-10	8,8475 ± 0,6647	7-12	8,5846 ± 1,0442	0,0297*	8-11	9,3333 ± 1,2247	8-12	10,412 ± 2 ± 1,0552	0,0177*
CRC	M	201-1024	619,2105 ± 164,2115	176-1375	656,1798 ± 212,8725	0,0647	210-965	565,7895 ± 228,007	231-991	684,7 ± 561 ± 200,3804	0,0451*
	F	222-1005	553,7966 ± 146,1729	232-937	570,5231 ± 166,0623	0,5544	272-962	622,666 ± 7 ± 217,4161	200-726	464,6 ± 944 ± 179,9644	0,0454*

Discussão

Os novos registros de ocorrência que ampliam a área de distribuição geográfica de *M. ibiboboca* e *M. janisrozei* nos permitem compreender melhor a distribuição destas espécies, corroborando o que foi proposto por Hortal et al. (2015), que afirma que muitas vezes a distribuição geográfica proposta para os organismos refletem mais o seu esforço de coleta do que sua distribuição real. Além disso, reforça a necessidade de investigar o vazio

distribucional identificado para *M. janisrozei*, seja ampliando o esforço de amostragem ou utilizando modelos de distribuição, como realizado por Terribile et al. (2018) para *Micrurus lemniscatus* (Linnaeus, 1758).

Diminuição significativa no número de escamas ventrais e subcaudais com o aumento da latitude, constatadas neste estudo para *M. bonita* e *M. ibiboboca* nos dois sexos é relevante, pois o número de escamas ventrais corresponde ao número de vértebras das serpentes Colubroidea (Alexander & Gans, 1966), e essa diminuição de ventrais em maiores latitudes contraria a regra de Jordan (Jordan, 1891). Resultado semelhante foi encontrado por Servino et al. (2024) para *Bothrops jararaca*. Jordan (1891) propôs que uma quantidade menor de vértebras reflete pressões de seleção mais fortes, enquanto Arnold & Bennet (1988) e Van Damme & Vanhooydonck (2002) defendem que um menor número de vértebras está associado com melhor desempenho e maior velocidade de movimento. Portanto, em ambientes mais frios a menor quantidade de vértebras pode facilitar a busca por abrigos e aumentar a velocidade de forrageamento e de fuga de predadores em movimentos explosivos (Servino et al., 2024). Entretanto, para afirmar com precisão que a temperatura pode causar esse tipo de pressão é necessário avaliar outros parâmetros ecofisiológicos, que requerem experimentos bem trabalhados envolvendo controle experimental de variáveis ambientais bem detalhadas e com grandes amostras.

Ambientes localizados em latitudes menores (mais quentes) são associados a maiores pressões de seleção, uma vez que nesses ambientes a biodiversidade é maior, caracterizando habitats predominantemente mais complexos quanto às relações interespecíficas, sendo assim mais competitivos e com maiores riscos de predação (Wright, 2002; Pigot et al., 2016). Contudo, ambientes mais frios podem acabar sendo mais estressantes para animais ectotérmicos como as serpentes, impactando negativamente o seu metabolismo, o que faz com que adaptações que aprimorem seu desempenho no forrageio e na fuga de predadores sejam extremamente vantajosas, o que corrobora os resultados obtidos por Autumn et al. (1994), Whitford et al. (2020), Paternina-Cruz & Calderón-Espinosa (2022).

Apesar de tamanhos de cabeça maiores em serpentes possibilitarem maior variedade de itens alimentares, intensificando a capacidade de ingestão de presas, condição de suma importância em ambientes com poucos recursos e maiores taxas de competição (Shine, 1991; Forsman & Lindell, 1993), esse fato não parece explicar o aumento de tamanho da cabeça em *M. ibiboboca*, pois espécies de cobras-corais verdadeiras, geralmente, consomem presas serpentiformes (Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004), a exceção de *Micrurus surinamensis* (Cuvier, 1817) que se alimenta de peixes. Portanto, apesar de demonstrar clina Bergmanniana, este aumento de tamanho deve estar mais relacionado a um crescimento alométrico e/ou a outros aspectos ecológicos e comportamentais, do que a termorregulação e dietas distintas

(Servino et al., 2024).

As diferentes populações de *Micrurus bonita* e de *M. janisrozei* procedentes de diferentes Domínios e analisadas neste estudo, apresentaram diferenças morfológicas significativas quanto ao número de tríades no corpo. Embora a Caatinga e a Mata Atlântica possuam vegetações distintas em latitudes semelhantes, as médias de temperatura e a estruturação do microhabitat que os animais utilizam são similares (Pounds, 2013; Sales & Freire, 2019). Em adição, répteis em geral possuem adaptações morfofisiológicas e comportamentais para enfrentarem ambientes com restrição hídrica (Joel et al., 2018; Rozen-Rechels et al., 2020; Chabaud et al., 2022), uma das principais diferenças entre os dois biomas; portanto, as características físicas do ambiente como temperatura, umidade ou precipitação não devem influenciar diretamente na coloração dessas serpentes. Contudo, uma vez que as tríades de cobras-corais verdadeiras estão relacionadas à coloração de advertência como um mecanismo de defesa anti-predadores, essa diferença pode estar relacionada a diferentes pressões de predação entre os dois Domínios. Levando em consideração tanto a coloração aposemática quanto o mimetismo intra e interespecífico existente nesse grupo de serpentes, a diferença de coloração possivelmente deve-se às interações ecológicas que esses animais realizam no ambiente. (Marques, 2002; Buasso et al., 2006; Banci et al., 2020).

REFERÊNCIAS

- Ab'Saber, A. N. (1974). O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. *Geomorfologia*, (43), 1-39.
- Alexander, A. A., & Gans, C. (1966). The pattern of dermal-vertebral correlation in snakes and amphisbaenians. *Zoologische Mededelingen*, 41, 171–190.
- Arnold, S. J., & Bennett, A. F. (1988). Behavioural variation in natural populations. V. Morphological correlates of locomotion in the garter snake (*Thamnophis radix*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 34(2), 175–190.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1988.tb01955.x>
- Ashton, K. G., & Feldman, C. R. (2003). Bergmann's rule in nonavian reptiles: turtles follow it, lizards and snakes reverse it. *Evolution*, 57(5), 1151–1163.
<https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2003.tb00324.x>
- Autumn, K., Weinstein, R. B., & Full, R. J. (1994). Low Cost of Locomotion Increases Performance at Low Temperature in a Nocturnal Lizard. *Physiological Zoology*, 67(1), 238–262.
<https://doi.org/10.1086/physzool.67.1.30163845>

- Banci, K.R.S., Eterovic, A., Marinho, P.S. & Marques, O.A.V. (2020) Being a bright snake: Testing aposematism and mimicry in a neotropical forest. *Biotropica*, 52 (6), 1229–1241.
<https://doi.org/10.1111/btp.12831>
- Bergmann, C. (1847). Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. *Göttinger Studien*, 3, 595–708
- Buasso, C.M., Leynaud, G.C. & Cruz, F.B. (2006) Predation on snakes of Argentina: Effects of coloration and ring pattern on coral and false coral snakes. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 41 (3), 183–188.
<https://doi.org/10.1080/01650520600630725>
- Campbell, J. A., & Lamar, W. W. (2004). *The venomous reptiles of the Western hemisphere*. Comstock.
- Cleveland, W. S. (1993). *Visualizing data*. AT & T Bell Laboratories.
- Chabaud, C., Berroneau, M., Berroneau, M., Dupoué, A., Guillon, M., Viton, R., Gavira, R. S. B., Clobert, J., Lourdais, O., & Le Galliard, J.-F. (2022). Climate aridity and habitat drive geographical variation in morphology and thermo-hydroregulation strategies of a widespread lizard species. *Biological Journal of the Linnean Society*, 137(4), 667–685.
<https://doi.org/10.1093/biolinnean/blac114>
- Correia-Filho, W. L. F., Oliveira-Júnior, J. F., De Barros Santiago, D., De Bodas Terassi, P. M., Teodoro, P. E., De Gois, G., Blanco, C. J. C., De Almeida Souza, P. H., Da Silva Costa, M., Gomes, H. B., & Dos Santos, P. J. (2019). Rainfall variability in the Brazilian northeast biomes and their interactions with meteorological systems and ENSO via CHELSA product. *Big Earth Data*, 3(4), 315–337.
<https://doi.org/10.1080/20964471.2019.1692298>
- Diniz-Filho, J.A.F., Jardim, L., Guedes, J.J.M., Meyer, L., Stropp, J., Frateles, L.E.F., Pinto, R.B., Lohmann, L.G., Tessarolo, G., De Carvalho, C.J.B., Ladle, R.J. & Hortal, J. (2023) Macroecological links between the Linnean, Wallacean, and Darwinian shortfalls. *Frontiers of Biogeography*, 15 (2).
<https://doi.org/10.21425/F5FBG59566>
- Dubeux, M. J. M., Araújo Neto, J. V. D., Triburcio, I. C. S., Lisboa, B. S., Torquato, S., Freitas, M. A. D., Freire, E. M. X., Guarnieri, M. C., & Mott, T. (2022). A “hotspot” within a hotspot: The reptiles of the Estação Ecológica and Área de Proteção Ambiental de Murici, Atlantic Forest of northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 22(2), e20221337.
<https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2022-1337>
- Feitosa, D. T., Da Costa Prudente, A. L., & De Lima, A. C. (2007). Redescription and variation of

- Micrurus paraensis* Cunha & Nascimento 1973 (Serpentes: Elapidae). *Zootaxa*, 1470(1).
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.1470.1.2>
- Ferrarezzi, H. & Freire, E.M.X. (2001). New species of *Bothrops* Wagler, 1824 from the Atlantic Forest of northeastern Brazil (Serpentes, Viperidae, Crotalinae). *Boletim do Museu Nacional, Nova Serie, Zoologia*, 440, 1-10.
- Forsman, A., & Lindell, L. E. (1993). The Advantage of a Big Head: Swallowing Performance in Adders, *Vipera berus*. *Functional Ecology*, 7(2), 183.
<https://doi.org/10.2307/2389885>
- Freire, E. M. X. (1996). Estudo ecológico e zoogeográfico sobre a fauna de Lagartos (Sauria) das dunas de Natal, Rio Grande do Norte, e da restinga de Ponta de Campina, Cabedelo, Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 13, 903-921.
- Freire, E. M. X. (1999). Espécie nova de *Coleodactylus* Parker, 1926 das Dunas de Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, com notas sobre suas relações e dicromatismo sexual no gênero (Squamata, Gekkonidae). *Boletim do Museu Nacional. nov. Ser. Rio de Janeiro*, 399, 1-14.
- Freire, E. M. X., Lisboa, C. M. C. A. & Silva, U. G. (2010). Diagnóstico sobre a fauna de répteis Squamata da Zona de Proteção Ambiental 1 (ZPA 1), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Nordestina de Zoologia*, 4(2), 39-45.
- Freire, E. M. X., Kolodiuk, M. F., Gogliath, M., Kokubum, M. N. D. C., Rêgo, B. D. P., Ribeiro, M. M., Andrade, M. J. M. D., Silva, V. T. C., & Sales, R. F. D. (2023). The herpetofauna of priority highland areas for conservation of the Caatinga in the state of Rio Grande do Norte, northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 23(1), e20221395.
<https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2022-1395>
- Furtado, O. S. (2023). Ecologia comparativa e ecomorfologia de espécies de *Gymnodactylus* (Squamata: Phyllodactylidae) em áreas de Mata Atlântica e Caatinga de região setentrional do nordeste brasileiro. Orientadora: Dra. Eliza Maria Xavier Freire. 2023. 94f. Dissertação (Mestrado em Sistemática e Evolução) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.
- Guedes, T. B., Nogueira, C., & Marques, O. A. V. (2014). Diversity, natural history, and geographic distribution of snakes in the Caatinga, Northeastern Brazil. *Zootaxa*, 3863(1).
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3863.1.1>

- Hortal, J., De Bello, F., Diniz-Filho, J. A. F., Lewinsohn, T. M., Lobo, J. M., & Ladle, R. J. (2015). Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46(1), 523–549.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400>
- Joel, A.-C., Buchberger, G., & Comanns, P. (2017). Moisture-Harvesting Reptiles: A Review. In S. N. Gorb & E. V. Gorb (Eds.), *Functional Surfaces in Biology III* (Vol. 10, pp. 93–106). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-74144-4_4
- Jordan, D. S. (1891). Relations of temperature to vertebrae among fishes. *Proceedings of the United States National Museum*, 14(845), 107–120.
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. In: Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling, I. Olkin, éds. Palo Alto, CA: Stanford University Press.
- Lisboa, C. M. C. A. & Freire, E. M. X. (2012). Population Density, Habitat Selection and Conservation of *Coleodactylus natalensis* (Squamata: Sphaerodactylidae) in an Urban Fragment of Atlantic Forest in Northeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 7(2), 181-190.
- Lomolino, M.V. (2004). Conservation biogeography. Em *Frontiers of Biogeography: New Directions in the Geography of Nature*, ed. MV Lomolino, LR Heaney: 293–96. Sunderland, MA: Sinauer.
- Marques, O.A.V. (2002). Natural history of the coral snake *Micrurus decoratus* (Elapidae) from the Atlantic Forest in southeast Brazil, with comments on possible mimicry. *Amphibia-Reptilia*, 23, 228-232.
- Marques, R., Guedes, T. B., Lanna, F. M., Passos, D. C., Silva, W. P. D., & Garda, A. A. (2021). Species richness and distribution patterns of the snake fauna of Rio Grande do Norte state, northeastern Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 93(suppl 3), e20191265.
<https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191265>
- Morellato, L. P. C., & Haddad, C. F. B. (2000). Introduction: The Brazilian Atlantic Forest¹. *Biotropica*, 32(4b), 786–792.
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00618.x>
- Moro, M. F., Amorim, V. O., De Queiroz, L. P., Da Costa, L. R. F., Maia, R. P., Taylor, N. P., &

- Zappi, D. C. (2024). Biogeographical Districts of the Caatinga Dominion: A Proposal Based on Geomorphology and Endemism. *The Botanical Review*.
<https://doi.org/10.1007/s12229-024-09304-5>
- Nascimento, L. R. S., Graboski, R., Silva Jr, N. J., & Prudente, A. L. C. (2024). Integrative taxonomy of *Micrurus ibiboboca* (Merrem, 1820) (Serpentes, Elapidae) reveals three new species of coral snake. *Systematics and Biodiversity*, 22(1).
<https://doi.org/10.1080/14772000.2024.2315958>
- Nogueira, C. C., Argôlo, A. J. S., Arzamendia, V., Azevedo, J. A., Barbo, F. E., Bérnils, R. S., Bolochio, B. E., Borges-Martins, M., Brasil-Godinho, M., Braz, H., Buononato, M. A., Cisneros-Heredia, D. F., Colli, G. R., Costa, H. C., Franco, F. L., Giraudo, A., Gonzalez, R. C., Guedes, T., Hoogmoed, M. S., Martins, M. (2019). Atlas of Brazilian Snakes: Verified Point-Locality Maps to Mitigate the Wallacean Shortfall in a Megadiverse Snake Fauna. *South American Journal of Herpetology*, 14(sp1), 1.
<https://doi.org/10.2994/SAJH-D-19-00120.1>
- Paternina-Cruz, R. F., & Calderón-Espinosa, M. L. (2022). Withstanding cold nights at high elevation: Thermal strategy of *Atractus crassicaudatus*, a nocturnal tropical snake endemic to the eastern Andes of Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93.
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3705>
- Pigot, A. L., Tobias, J. A., & Jetz, W. (2016). Energetic Constraints on Species Coexistence in Birds. *PLOS Biology*, 14(3), e1002407.
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002407>
- Pounds, J.A. (2013). Ecomorphology, Locomotion, and Microhabitat Structure: Patterns in a Tropical Mainland Anolis Community. *Ecological Modelling*, 58, 299–320.
- Ramos-Silva, H., Sales, R.F.D. & Freire, E.M.X. (2024) Local ecological knowledge about reptiles and cryptic lizard in urban park in the Atlantic Forest. *Ambiente & Sociedade*, 27.
<https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc00572vu2713oa>
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. *Vienna: R Foundation for Statistical Computing*. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. [acessado em 4 de dezembro de 2024].
- Roze, J. A. (1996). *Coral snakes of the Americas: Biology, identification, and venoms*. Krieger.
- Rozen-Rechels, D., Farigoule, P., Agostini, S., Badiane, A., Meylan, S., & Le Galliard, J. (2020). Short-term change in water availability influences thermoregulation behaviours in a dry-skinned ectotherm. *Journal of Animal Ecology*, 89(9), 2099–2110.
<https://doi.org/10.1111/1365-2656.13279>

- Sales, R. F. D., Lisboa, C. M. C. A. & Freire, E. M. X. (2009). Répteis squamata de remanescentes florestais do Campus da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil. *Cuadernos de Herpetologia*, 23(2), 77-88.
- Sales, R. F. D. & Freire, E. M. X. (2019). Behavioral adaptations in *Ameivula ocellifera* (Squamata: Teiidae) in response to thermal environmental changes. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 18(2), 225–240.
<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v18i2p225-240>
- Servino, L. M., Ferrarini, J. M. G., Nogueira, C. D. C., Barbo, F. E., & Sawaya, R. J. (2024). Are Bergmann's and Jordan's rules valid for a neotropical pitviper? *Journal of Zoology*, 323(4), 346–355.
<https://doi.org/10.1111/jzo.13193>
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591.
<https://doi.org/10.2307/2333709>
- Shine, R. (1991). Why do Larger Snakes Eat Larger Prey Items? *Functional Ecology*, 5(4), 493.
<https://doi.org/10.2307/2389631>
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1985). *Biometry*. W.H. Freeman and Company.
- Terribile, L. C., Feitosa, D. T., Pires, M. G., De Almeida, P. C. R., De Oliveira, G., Diniz-Filho, J. A. F., & Silva, N. J. D. (2018). Reducing Wallacean shortfalls for the coralsnakes of the *Micrurus lemniscatus* species complex: Present and future distributions under a changing climate. *PLOS ONE*, 13(11), e0205164.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205164>
- Uchôa, L. R., Delfim, F. R., Mesquita, D. O., Colli, G. R., Garda, A. A., & Guedes, T. B. (2022). Lizards (Reptilia: Squamata) from the Caatinga, northeastern Brazil: Detailed and updated overview. *Vertebrate Zoology*, 72, 599–659.
<https://doi.org/10.3897/vz.72.e78828>
- Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R., Reyes, F., Kudera, J. & Hošek, J. (eds.). (2024). *The Reptile Database*, <http://www.reptile-database.org>. [acessado em 4 de dezembro de 2024].
- Van Damme, R., & Vanhooydonck, B. (2002). Speed versus manoeuvrability: Association between vertebral number and habitat structure in lacertid lizards. *Journal of Zoology*, 258(3), 327–334.

<https://doi.org/10.1017/S0952836902001462>

Venables, W. N., & Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Springer New York.

<https://doi.org/10.1007/978-0-387-21706-2>

Whitford, M. D., Freymiller, G. A., Higham, T. E., & Clark, R. W. (2020). The effects of temperature on the defensive strikes of rattlesnakes. *Journal of Experimental Biology*, jeb.223859.

<https://doi.org/10.1242/jeb.223859>

Wright, J. S. (2002). Plant diversity in tropical forests: A review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia*, 130(1), 1–14.

<https://doi.org/10.1007/s004420100809>

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis: Books a la carte edition*. Prentice Hall.

Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems: *Data exploration. Methods in Ecology and Evolution*, 1(1), 3–14.

<https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x>

CAPÍTULO 2 - MORFOMETRIA GEOMÉTRICA NA DELIMITAÇÃO DE ESPÉCIES E AVALIAÇÃO DE DIMORFISMO SEXUAL NO GRUPO *MICRURUS IBIBOCA* (MERREM, 1820)

RESUMO

A morfometria geométrica tem se destacado uma ferramenta bastante importante no estudo da morfologia dos organismos, pois combina método de amostragem e análises estatísticas que possibilitam estudar e comparar o formato corporal das espécies. Em serpentes, vem sendo amplamente utilizada nas áreas de delimitação de espécies, ontogenia e dimorfismo sexual, bem como na investigação das relações entre morfologia e uso de hábitat ou dieta. Apesar de submetidas a análises moleculares robustas, as espécies de cobras-corais verdadeiras pertencentes ao complexo de espécies *Micrurus ibiboca* ainda apresentam bastante sobreposição de caracteres, resultando na busca por novas características morfológicas relevantes para superar esses desafios e auxiliar a taxonomia deste grupo, marcada por diferenças sutis. Constitui também ferramenta complementar para o conhecimento acerca do dimorfismo sexual destes animais. Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho foi testar delimitação de espécies e dimorfismo sexual no complexo *Micrurus ibiboca*, à luz da morfometria geométrica. Foram efetuadas fotografias da vista dorsal e lateral da cabeça de espécimes de *Micrurus anibal*, *Micrurus bonita*, *Micrurus ibiboca* e *Micrurus janisrozei* depositadas em quatro principais Coleções Herpetológicas brasileiras. As fotografias foram transformadas para o formato tps e os *landmarks* foram digitalizados conforme literatura especializada. Realizaram-se Análise de Variáveis Canônicas (CVA) para testar delimitação de espécies em cada sexo separadamente; análises de Regressão para verificar efeito alométrico; e ANOVA de Procrustes para testar dimorfismo sexual. Para visualizar a variação da forma da cabeça entre machos e fêmeas, foi realizada a CVA, utilizando os resíduos da regressão em caso positivo de efeito alométrico. Constataram-se diferenças no formato da cabeça entre as espécies, com *M. ibiboca* e *M. janisrozei* que possuem focinho mais arredondado e cabeça mais larga, enquanto *M. bonita* possui focinho levemente deprimido e cabeça mais delgada na região das parietais. *Micrurus bonita* mostrou dimorfismo sexual para tamanho e formato da cabeça, enquanto *M. janisrozei* apenas para formato. Machos de *M. bonita* e *M. janisrozei* possuem a região do focinho mais larga, enquanto as fêmeas possuem alargamento na região parietal. É provável que essas diferenças se deem por seleção sexual, haja vista que tais características correspondem às encontradas em outras espécies de serpentes que combatem ou possuem ritual de cortejo. Conclui-se, portanto, que o método de morfometria geométrica, combinado com a morfometria linear, nos retornam excelentes resultado, sendo relevante aplicar essa mesma metodologia para outras espécies de serpentes, especialmente *Micrurus*.

PALAVRAS-CHAVE: Variações morfológicas; diferenças interespecíficas; cobras-corais

verdadeiras; serpentes; Elapidae.

ABSTRACT

Geometric morphometrics has emerged as an informative tool in studying organism morphology, as it combines sampling methods and statistical analyses that enable the study and comparison of species' body shapes. In snakes, this approach has been widely applied in species delimitation, ontogeny, and sexual dimorphism studies, as well as in investigations of relationships between morphology, habitat use, and diet. Despite undergoing robust molecular analyses, venomous coral snake species within the *Micrurus ibiboboca* species complex still exhibit significant overlaps in characters, stimulating the search for new relevant morphological traits to overcome these challenges and refine the taxonomy of this group, which is characterized by subtle differences. Geometric morphometrics also serves as a complementary tool for understanding sexual dimorphism in these animals. In this context, this study aims to test species delimitation and sexual dimorphism in the *Micrurus ibiboboca* complex using geometric morphometrics. Dorsal and lateral head-view photographs were taken from specimens of *Micrurus anibal*, *Micrurus bonita*, *Micrurus ibiboboca*, and *Micrurus janisrozei* deposited in four major Brazilian herpetological collections. The images were converted to TPS format, and landmarks were digitized according to specialized literature. I'm perform a Canonical Variate Analysis (CVA) to test species delimitation for each sex separately; Regression Analyses were performed to assess allometric effects; and Procrustes ANOVA was applied to test for sexual dimorphism. To visualize head shape variation between males and females, CVA was conducted using regression residuals when allometric effects were detected. Differences in head shape were observed among species, with *M. ibiboboca* and *M. janisrozei* exhibiting a more rounded snout and broader head, whereas *M. bonita* displayed a slightly depressed snout and a narrower head in the parietal region. *Micrurus bonita* exhibited sexual dimorphism in both head size and shape, whereas *M. janisrozei* showed dimorphism only in shape. Males of *M. bonita* and *M. janisrozei* had a wider snout region, while females exhibited widening in the parietal region. These differences are likely due to sexual selection, as such traits correspond to those found in other snake species that engage in male combat or courtship rituals. Thus, geometric morphometrics, combined with linear morphometrics, yields excellent results, highlighting the relevance of applying this methodology to other snake species, particularly *Micrurus*.

KEYWORDS: Morphological variation; interspecific differences; venomous coral-snakes; snakes; Elapidae.

INTRODUÇÃO

A morfometria geométrica surgiu como uma ferramenta que combina métodos de amostragem inovadores, utilizando fotografias, *landmarks*, e arcabouço estatístico associado ao método geométrico, possibilitando comparar formas corporais e avançar nos estudos sobre a morfologia dos organismos (Bookstein, 1982, 1984, 1986, 1989; Kendall, 1984). Antes desta técnica, apenas parâmetros morfométricos lineares, como tamanhos corporais, eram utilizados pelos trabalhos acerca deste tema (Adams et al., 2004). Informações como o formato do corpo de outras estruturas corporais eram limitadas devido à ausência de técnicas que possibilitassem adquirir e utilizar variáveis geométricas; somente com o advento da morfometria geométrica, comparar o formato corporal e de outras partes do corpo dos organismos se tornou possível e atualmente este tipo de análise é comumente utilizada no meio científico (Rohlf & Marcus 1993; Adams et al., 2004; Adams et al., 2013; Galán, 2015).

Em serpentes, a morfometria geométrica se mostra um importante instrumento, podendo ser utilizada para explorar diversas questões (Souto et al., 2021), podendo ser usada para testar se a ecologia do organismo, como dieta (Meik et al., 2012; Fabre et al., 2016; Silva et al., 2018) e uso de hábitat (Manier, 2004; Yi & Norell, 2015; Silva et al., 2017) influenciam no formato corporal, além de testar delimitação de espécies (Barbo et al., 2016; Davis et al., 2016; Keates et al., 2019) ou dimorfismo sexual (Silva et al., 2017; Murta-Fonseca et al., 2019; Abegg et al., 2020; Santos et al., 2024). Geralmente, os trabalhos utilizam como fonte de informação as vistas dorsal e lateral da cabeça, tanto utilizando os encontros das escamas supracefálicas ou laterais, quanto estruturas osteológicas (Souto et al., 2021). Por outro lado, outros trabalhos aplicam a técnica em outras estruturas, como o de Cleuren et al. (2021) que utilizaram presas para investigar a evolução dessa estrutura em serpentes peçonhentas. Já em *Micrurus surinamensis* (Cuvier, 1816), espécie conhecida por habitar corpos d'água e possuir dieta distinta de suas congêneres (Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004), Silva et al. (2018) utilizaram o crânio como referência e as técnicas morfométricas geométricas para investigar suas adaptações ao meio aquático.

Entretanto, apesar da relevância do método geométrico, estudos deste tipo envolvendo outras espécies do gênero são escassos. Essas serpentes têm taxonomia complexa, com características sutis utilizadas para identificação, e por isso muitas vezes são alvo de determinações equivocadas (Bernarde et al., 2018; Nascimento et al., 2024). Em face disso, estudos como os de Silva Jr. & Sites Jr. (1999) com *Micrurus frontalis*, Nascimento et al. (2019) com *Micrurus spixii*, Pires et al. (2021) com *Micrurus lemniscatus* e Nascimento et al. (2024) com *Micrurus ibiboboca*, envolvendo descrições e redescrições dessas serpentes que formam complexos de espécies com diversidade críptica, são comuns. Frente ao que foi exposto, *Micrurus* é um gênero no qual a utilização do método geométrico pode contribuir consideravelmente para sua taxonomia e agregar novas informações sobre sua biologia.

Até recentemente, outras três espécies eram identificadas com o mesmo nome de *Micrurus ibiboboca* (Merrem, 1824), quais sejam: *Micrurus anibal* Nascimento, Graboski, Silva Jr. & Prudente, 2024; *Micrurus bonita* Nascimento, Graboski, Silva Jr. & Prudente, 2024 e *Micrurus janisrozei* Nascimento, Graboski, Silva Jr. & Prudente, 2024. A filogenia proposta pelos autores para esse grupo, além das análises morfológicas, embasa muito bem a divisão entre as diferentes linhagens, inclusive, demonstra o parentesco mais próximo de *M. janisrozei* com espécies do grupo *Micrurus frontalis* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854). Contudo, as características morfológicas que as separam são principalmente de coloração, tornando relevante a busca por novas características morfológicas que reforcem a hipótese das novas espécies, algo que pode ser alcançado utilizando as técnicas geométricas.

Cabe destacar que essas espécies também apresentam dimorfismo sexual com relação a tamanhos corporais. *Micrurus bonita* e *M. ibiboboca* apresentam dimorfismo para o comprimento rostro-cloacal, da cauda e da cabeça, porém, *M. janisrozei* não apresenta dimorfismo para o comprimento da cabeça (Nascimento et al., 2024). Este fato é surpreendente, uma vez que espécies do complexo *M. frontalis* apresentam o comportamento de ritual de combate, como *Micrurus altirostris* (Cope, 1860; Almeida-Santos, 1998), *Micrurus hemprichii* (Jan, 1858; Mendes et al., 2021) e *Micrurus mipartitus* (Duméril, Bibron & Duméril; Valencia et al., 2020). O ritual de combate também foi registrado para o complexo *M. ibiboboca* (Missassi et al., 2022). Entretanto, os estudos acerca do dimorfismo sexual em *Micrurus* exploram variáveis morfométricas lineares, geralmente o comprimento rostro-cloacal e da cauda (Marques et al., 2002; Ávila et al., 2010; Marques et al., 2013). Machos de serpentes que possuem comportamento de combate geralmente possuem cabeças diferenciadas das fêmeas (Santos et al., 2024), geralmente maiores. Portanto, a região da cabeça deve ser explorada para compreender os efeitos da seleção sexual na morfologia de cobras-corais verdadeiras. Diante do exposto, os objetivos deste trabalho são, levantar novas informações morfológicas e avaliar dimorfismo sexual nas espécies de cobras-corais verdadeiras do complexo *Micrurus ibiboboca*, sob a luz das técnicas e análises geomorfométricas.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem e procedimentos metodológicos

Os espécimes foram triados cuidadosamente, sendo selecionados apenas aqueles sem nenhuma deformação na cabeça ou nas escamas, a fim de evitar enviesamento nos resultados. Foram analisados oito espécimes de *M. anibal* (seis machos e duas fêmeas), 119 espécimes de *M. bonita* (73 machos e 46 fêmeas), 61 de *M. ibiboboca* (42 machos e 19 fêmeas) e 61 de *M. janisrozei* (41 machos e 20 fêmeas), depositados nas coleções herpetológicas do Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ), Museu de História Natural da Universidade Federal da

Bahia (UFBA), Museu de Zoologia da Universidade Federal de Santa Cruz (MZUESC) e na Coleção Herpetológica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN-CH). Dados de exemplares das mesmas espécies depositados nas coleções do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas (MHN/UFAL), Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) e na Coleção Herpetológica da Universidade Federal da Paraíba (CHUFPB), foram disponibilizados pelo Dr. Lywouty R. S. Nascimento (ver Apêndice Suplementar 1).

De cada exemplar, foram obtidas fotografias das vistas dorsal e lateral (lado direito) da cabeça. Para obtenção das fotografias, foi utilizada câmera fotográfica Cannon com lente 18-55mm, acoplada a tripé profissional. A distância da lente até o anteparo utilizado para posicionar o espécime foi padronizada (15cm) e a câmera e o anteparo foram alinhados com auxílio de nível bolha. As fotografias foram transformadas para o formato TPS utilizando o *software* tpsUtil v. 1.81 (série tps de softwares: Rohlf 2008, 2015). O arquivo proveniente deste passo metodológico foi carregado para o *software* tpsDig2 v. 2.32 (série tps de softwares: Rohlf 2008, 2015) para digitalização dos *landmarks*. A escolha dos *landmarks* para as vistas dorsal e lateral seguiram conforme adaptações de Santos et al. (2024) e Barbo et al. (2016) respectivamente (Figura 1). Após a digitalização dos *landmarks*, os dados foram incorporados ao *software* MorphoJ (Klingenberg, 2011), o qual foi utilizado para realizar a Sobreposição de Procrustes e as análises morfométricas geométricas posteriores. Todos os exemplares mencionados foram incluídos nas análises em vista dorsal da cabeça, enquanto para vista lateral o número foi reduzido para 68 espécimes de *M. bonita* (44 machos e 24 fêmeas), 37 de *M. ibiboboca* (28 machos e 9 fêmeas) e 35 de *M. janisrozei* (26 machos e 9 fêmeas).

Análises morfométricas geométricas

Para testar delimitação de espécies, a Análise de Variáveis Canônicas (CVA) foi o tratamento estatístico escolhido e feito separadamente para machos e fêmeas. Para verificar efeito alométrico na forma da cabeça, foi realizado o teste de Regressão relacionando as variáveis de forma (dependente) e tamanho (independente), tanto para machos quanto para fêmeas. As variáveis de forma foram os eixos simétricos para a vista dorsal e as coordenadas de Procrustes para vista lateral, e de tamanho foi considerado o tamanho do centroide para ambas as vistas. Já o dimorfismo sexual foi testado utilizando a ANOVA de Procrustes, e para visualizar a variação da forma entre machos e fêmeas dentre as espécies dimórficas foi realizada a CVA, e em casos positivos para efeito alométrico a CVA foi efetuada utilizando os resíduos da análise de Regressão. Todos os testes foram efetuados, tanto para a vista dorsal quanto para lateral da cabeça, no *software* MorphoJ (Klingenberg, 2011). As análises envolvendo *M. anibal* não foram consideradas devido ao número insuficiente da amostra, mas

podem ser consultadas no Apêndice Suplementar 3.

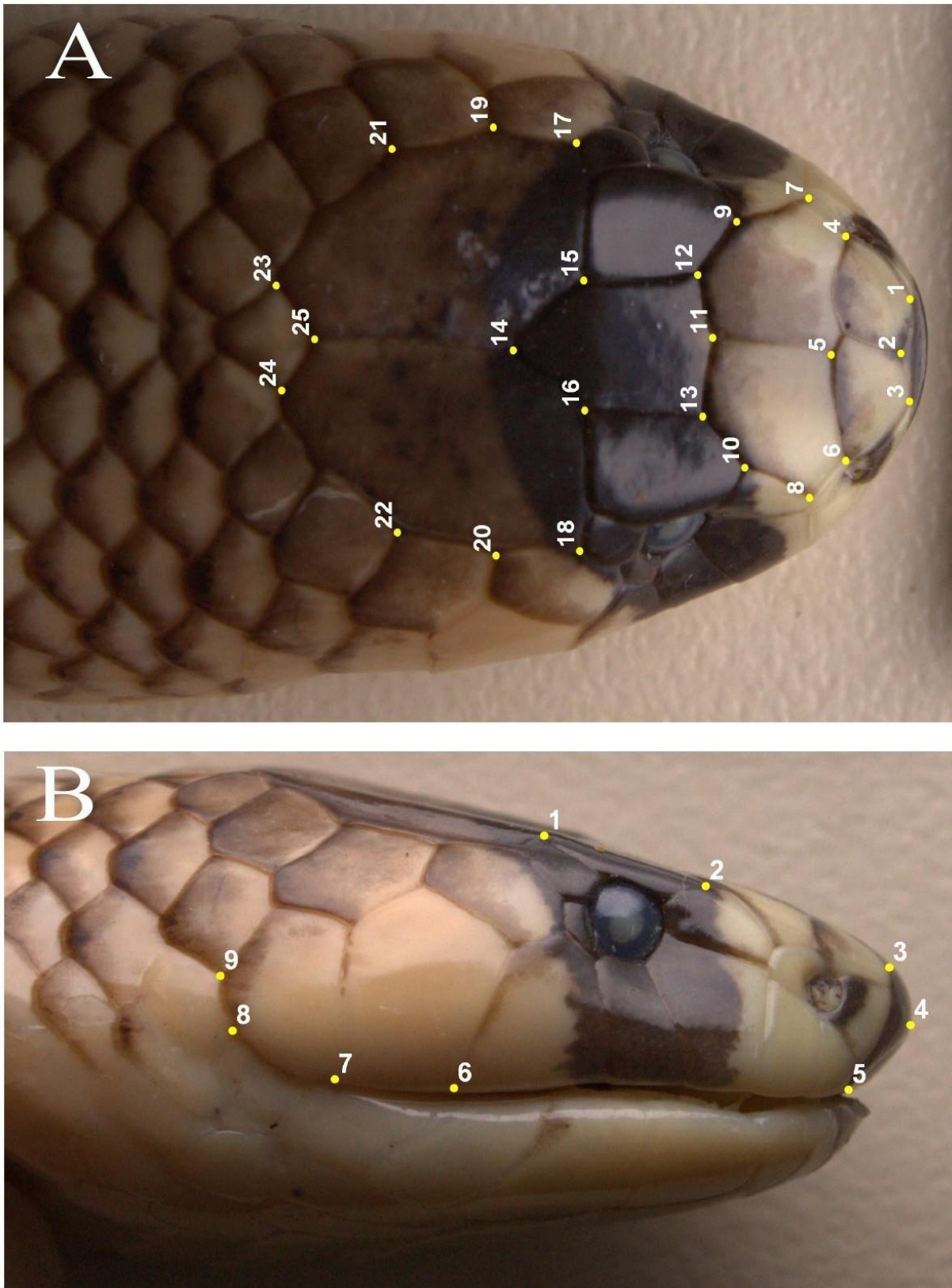


Figura 2. Exemplo de digitalização dos *landmarks* (em amarelo) escolhidos para a realização das análises em um indivíduo fêmea de *Micrurus bonita* (UFRN-CH 6946). A = *landmarks* escolhidos para vista dorsal e; B = vista lateral.

RESULTADOS

A Análise de Variáveis Canônicas mostrou resultados com significância estatística para o formato da cabeça entre *M. bonita*, *M. ibiboboca* e *M. janisrozei* utilizando a vista dorsal,

tanto para machos quanto para fêmeas (valores de $p < 0,05$; Tabela 1). Entretanto, os resultados para a vista lateral não foram significativos para fêmeas (valores de $p > 0,05$), enquanto para machos se mostram significantes (valores de $p < 0,05$; Tabela 1).

Para a vista dorsal, *M. bonita* demonstrou possuir cabeça mais estreita e alongada, enquanto *M. ibiboboca* e *M. janisrozei* possuem cabeça mais curta e mais larga. (Figura 1). Os machos de *M. bonita* apresentam, em vista lateral, cabeça mais deprimida e em formato de “pá”, enquanto machos de *M. ibiboboca* e *M. janisrozei* apresentam cabeça mais robusta e em formato oval (Figura 2). As análises incluindo *M. anibal* também mostram resultados similares (Apêndice Suplementar 3).

Tabela 1. Resultados matemáticos da Análise de Variáveis Canônicas para as vistas dorsal e lateral levando em consideração o F de Goodall e o traço de Pillai e seus respectivos valores de p . Valores em negrito e marcados com * representam significância estatística.

		F de Goodall	Valor de p	Traço de Pillai	Valor de p
Vista dorsal	Machos	8,9271	< 0,0001*	0,7981	< 0,0001*
	Fêmeas	4,1501	< 0,0001*	0,9906	< 0,0001*
Vista lateral	Machos	3,1422	0,0001*	0,7436	<0,0001*
	Fêmeas	1,4129	0,1278	0,7826	0,2393

Tabela 2. Resultados matemáticos da Análise de Variáveis Canônicas evidenciando individualmente as diferenças entre as espécies. Valores em negrito e marcados com * representam significância estatística, enquanto apenas em negrito representam marginalidade à significância.

		Valores de p (traço de Pillai)		Valores de p (distância de Procrustes)		
		<i>M. bonita</i>	<i>M. ibiboboca</i>	<i>M. bonita</i>	<i>M. ibiboboca</i>	
Machos	Dorsal	<i>M. ibiboboca</i>	< 0,0001*	-	<i>M. ibiboboca</i>	< 0,0001*
		<i>M. janisrozei</i>	< 0,0001*	0,0007*	<i>M. janisrozei</i>	< 0,0001*
Lateral	Lateral	<i>M. ibiboboca</i>	< 0,0001*	-	<i>M. ibiboboca</i>	< 0,0001*
		<i>M. janisrozei</i>	0,0001*	0,0079*	<i>M. janisrozei</i>	0,0001*
Fêmeas	Dorsal	<i>M. ibiboboca</i>	0,0001*	-	<i>M. ibiboboca</i>	< 0,0001*
		<i>M. janisrozei</i>	0,0128*	0,1877	<i>M. janisrozei</i>	0,0076*
Lateral	Lateral	<i>M. ibiboboca</i>	0,0599	-	<i>M. ibiboboca</i>	0,2157
		<i>M. janisrozei</i>	0,2195	0,8942	<i>M. janisrozei</i>	0,2035

Os testes de Regressão retornaram valores significativos para efeito alométrico em machos

de *M. bonita* (valor de $p = 0,0104$), *M. ibiboboca* (valor de $p = 0,0067$) e *M. janisrozei* (valor de $p = 0,0004$) utilizando a vista dorsal da cabeça. Para a vista lateral, os valores significativos foram para fêmeas de *M. bonita* (valor de $p = 0,0321$) e machos de *M. janisrozei* (valor de $p = 0,0058$; Tabela 1).

Tabela 3. Resultados da análise de Regressão relacionando as variáveis de forma (dependente) e tamanho (independente) para as vistas dorsal e lateral da cabeça. Valores destacados em negrito e com * representam significância estatística.

		Dorsal			Lateral		
		Predição (%)	Valor de p		Predição (%)	Valor de p	
<i>M. bonita</i>	Machos (N = 73)	3,444	0,0104*	M (N = 44)	4,2331	0,0699	
	Fêmeas (N = 46)	4,118	0,055	F (N = 24)	9,1212	0,0321*	
<i>M. ibiboboca</i>	Machos (N = 42)	7,269	0,0067*	M (N = 28)	6,0185	0,1052	
	Fêmeas (N = 19)	7,116	0,2264	F (N = 9)	15,578	0,2604	
<i>M. janisrozei</i>	Machos (N = 41)	10,453	0,0004*	M (N = 26)	21,3648	0,0058*	
	Fêmeas (N = 20)	4,42	0,5234	F (N = 9)	10,3855	0,5978	

Os resultados da ANOVA de Procrustes demonstraram dimorfismo sexual para as vistas dorsal e lateral, tanto para tamanho quanto para forma da cabeça em *M. bonita*, enquanto para *M. janisrozei* apenas para forma em vista dorsal. Em *M. ibiboboca* não foi detectado dimorfismo sexual para forma e nem para tamanho para ambas as vistas (Tabela 3). Em vista dorsal, tanto machos de *M. bonita* quanto de *M. janisrozei* possuem a região do focinho mais alargada, enquanto fêmeas possuem a região das escamas parietais levemente mais alargadas. Já em vista lateral, os machos de *M. bonita* apresentam cabeça mais comprida e focinho mais robusto que as fêmeas (Figura 3).

Tabela 4. Resultados matemáticos da ANOVA de Procrustes para as vistas dorsal e lateral. Valores em negrito e marcados com * representam significância estatística.

		Tamanho					Forma				
		SS	MS	dF	F	p	SS	MS	dF	F	p
Dorsal	<i>M. bonita</i>	101,4291	101,4291	1	5,88	< 0,0001*	0,0041	0,0002	23	11,36	< 0,0001*
	<i>M. ibiboboca</i>	90,5594	90,5594	1	1,4	0,2420	0,001	0,0000	23	1,32	0,2567
	<i>M. janisrozei</i>	85,4551	85,4551	1	3,45	0,0684	0,0016	0,0001	23	4,52	0,0003*
Lateral	<i>M. bonita</i>	416,1986	416,1986	1	14,66	0,0003*	0,0049	0,0004	14	2,61	0,0320*
	<i>M. ibiboboca</i>	49,5766	49,5766	1	1,94	0,1726	0,001	0,0001	14	0,44	0,9607
	<i>M. janisrozei</i>	18,2584	18,2584	1	0,8	0,3788	0,0058	0,0004	14	0,63	0,8417

CVA

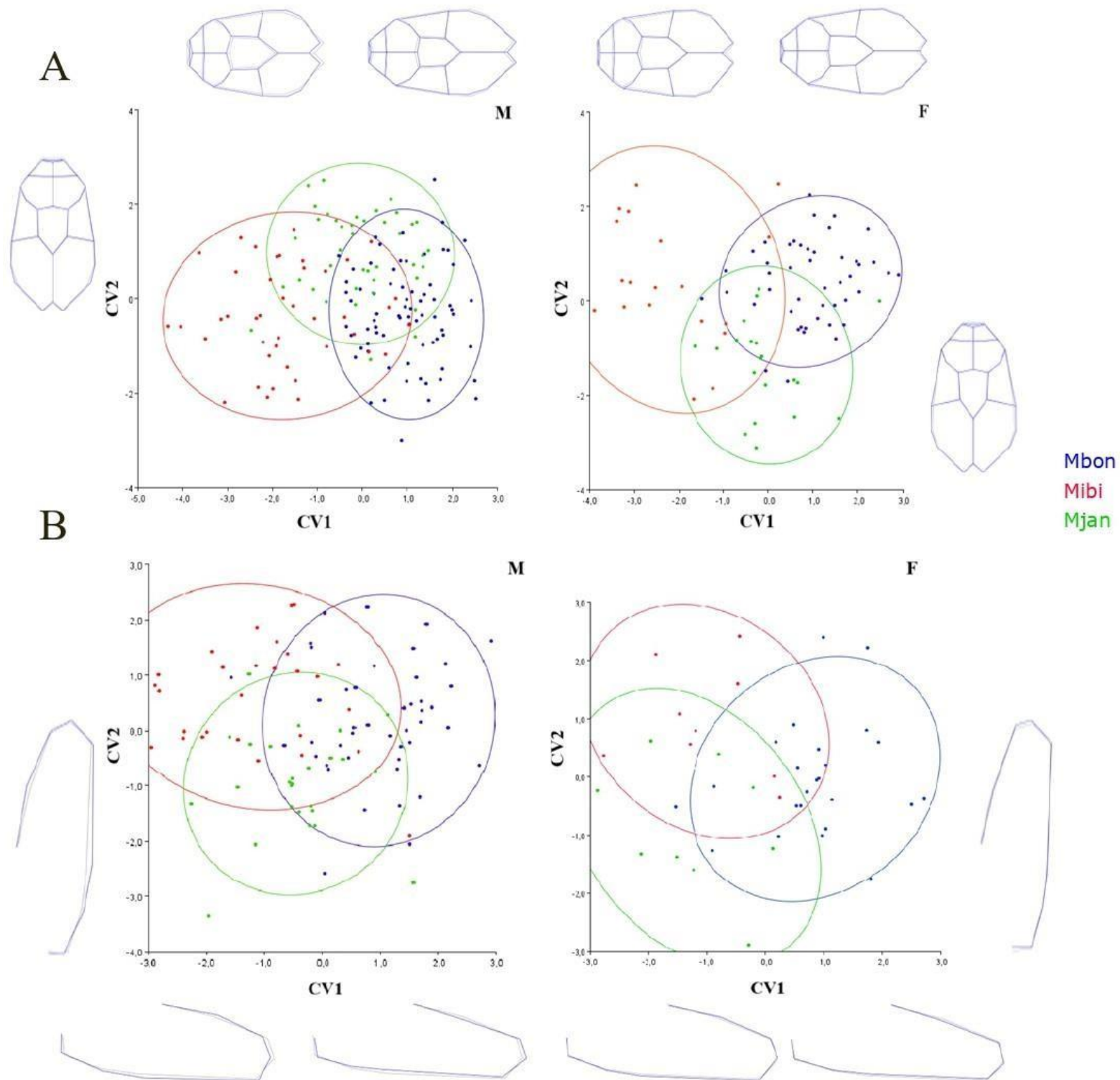


Figura 2. Gráficos com os resultados da Análise de Variáveis Canônicas para as vistas dorsal e lateral da cabeça com as respectivas variações de forma de acordo com os eixos. A = vista dorsal; B = vista lateral. Legenda: traço azul = variação da forma; traço cinza = forma média; M = machos; F = fêmeas; Mbon = *Micrurus bonita*; Mibi = *Micrurus ibiboboca*; Mjan = *Micrurus janisrozei*.

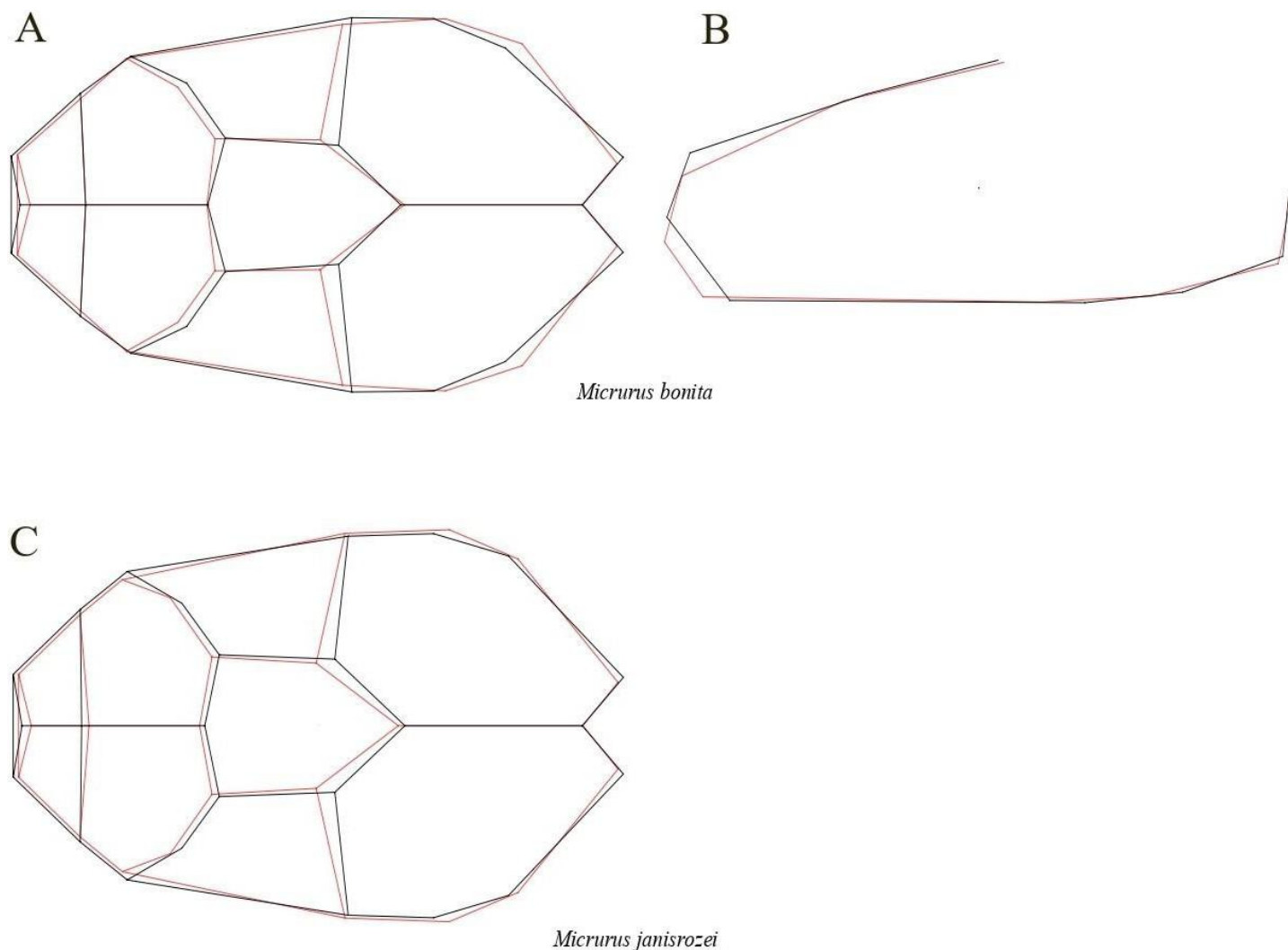


Figura 3. Diagramas de transformação gerados pela CVA evidenciando as diferenças na forma da cabeça entre machos (preto) e fêmeas (vermelho) das espécies do complexo *M. ibiboboca*. A = vista dorsal em *M. bonita*; B = vista lateral em *M. bonita*; C = vista dorsal em *M. janisrozei*.

DISCUSSÃO

Répteis fossoriais geralmente possuem morfologia mais conservativa, principalmente quando se destacam características cefálicas que são bastante adaptadas para este modo de vida (Cyriac & Kodandaramaiah, 2018). Esse fato também pode explicar a ausência de diferenças entre as fêmeas quando considerando-se as análises em vista lateral. Machos são mais ativos na superfície durante o ano inteiro, expondo-se mais e por conseguinte submetidos a mais pressões do ambiente, além de apresentarem ritual de combate (Marques, 2002; Marques et al., 2013; Missassi et al., 2022). Portanto, apesar das diferenças morfológicas serem sutis, nossos resultados corroboram os resultados obtidos por Nascimento et al. (2024), destacando outras diferenças morfológicas entre as espécies.

Cabe destacar que apesar de serem mais próximas filogeneticamente, *M. bonita* e *M. ibiboboca* são mais diferentes entre si do que são de *M. janisrozei*, que pertence ao grupo *M. frontalis* (Nascimento et al., 2024). A forma da cabeça de *M. janisrozei* é bem similar a de *M.*

ibiboboca, o que pode ser resultado da simpatria entre essas espécies, uma vez que a maior parte da amostra de *M. ibiboboca* coincide com a de ocorrência *M. janisrozei*, enquanto *M. bonita* apresenta distribuição geográfica mais ampla quando comparada às outras duas (Figura 2). Além disso, *M. anibal*, agrupada junto com *M. bonita* e *M. ibiboboca* apresentou forma da cabeça mais distinta, possuindo cabeça fusiforme. Esse fato também pode ser explicado pelo uso de hábitat desta espécie, encontrada majoritariamente em restingas com substrato arenoso (Apêndice Suplementar 3; Nascimento et al., 2024).

O dimorfismo sexual em *Micrurus bonita*, com machos possuindo cabeças maiores e mais robustas e com a região do focinho levemente mais alargada, enquanto fêmeas demonstram a região parietal mais alargada (Figura 3) complementa os resultados obtidos por Nascimento et al. (2024), o qual propõe que *M. bonita* é dimórfica quanto ao tamanho da cabeça (machos possuem cabeças maiores). No entanto, estes mesmos autores não encontraram dimorfismo para o comprimento da cabeça em *M. janisrozei*, fato corroborado pelos resultados do presente estudo. Todavia, demonstramos que *M. janisrozei* apresenta dimorfismo para o formato da cabeça em um padrão semelhante para o que foi obtido para *M. bonita* (Figura 3). De acordo com os resultados deste estudo, não há dimorfismo em *M. ibiboboca*, nem para forma nem para tamanho, contrariando o que foi proposto por Nascimento et al. (2024), que identificaram a presença de cabeça mais comprida em machos desta espécie.

Diferenças de tamanho tendendo para o macho ser maior, podem estar relacionadas a seleção sexual (Shine, 1990), provavelmente ao ritual de combate. O comportamento de ritual de combate entre machos do complexo *M. ibiboboca* foi documentado e descrito por Missassi et al. (2022). O combate entre machos das outras espécies de *Micrurus* que também foram relatados, a exemplo de *M. altirostris* (Almeida-Santos et al., 1998; Marques et al., 2013), *M. mipartitus decussatus* (Valencia et al., 2020) e *M. hemprichii* (Mendes et al., 2021), se assemelha ao descrito por Missasi et al. (2022), qual seja, os machos se entrelaçam e tentam subjugar um ao outro utilizando a região anterior do corpo e a cabeça, e ao final o derrotado deixa o local.

Espécies de serpentes cujos machos exibem ritual de combate geralmente apresentam diferença no tamanho do corpo entre os sexos, sendo os machos geralmente maiores que as fêmeas (Shine, 1994). Em *M. altirostris* e *Micrurus pyrrhocryptus* (Cope, 1862) estas diferenças estão presentes, como também em outras espécies do complexo *M. frontalis* (Silva Jr. & Sites Jr., 1999; Ávila et al., 2010; Rodríguez et al., 2018, Nascimento et al., 2024). Entretanto, diferenças na forma da cabeça entre os dois sexos destas espécies não foram testadas nos trabalhos citados, não sendo possível compará-las com as espécies do grupo *M. ibiboboca* presentes neste estudo, o que é de fundamental importância, uma vez que são clados

irmãos como apontado pela filogenia proposta por Nascimento et al. (2024).

O padrão de diferenças na forma da cabeça entre machos e fêmeas em *M. bonita* e *M. janisrozei* é similar ao que foi encontrado por Santos et al. (2024) para algumas serpentes do gênero *Chironius* Fitzinger, 1841. Machos de *C. bicarinatus* (Wied-Newied, 1820), que combatem (Almeida-Santos & Marques, 2002), e *C. flavolineatus* (Boettger, 1885), que realizam ritual de corte (Feio et al., 1999), também apresentam incremento no tamanho da região do focinho.

O aumento de tamanho do focinho também está relacionado ao comportamento de escavação (Haines, 1967), entretanto, ambos os sexos de cobras-corais verdadeiras, no geral, apresentam modo de vida semi-fossorial (Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004; Silva Jr. et al., 2016), não justificando as diferenças na forma da cabeça em machos e fêmeas. Os dois sexos destas serpentes também não apresentam diferenças significativas em suas dietas, sendo estas constituídas principalmente por cobras-de-duas-cabeças (Squamata: Amphisbaenidae), cobras-cegas (Lissamphibia: Gymnophiona) e outras serpentes (Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004; Silva Jr. et al., 2016). Por isso, as diferenças encontradas entre os sexos de *M. bonita* e *M. janisrozei* provavelmente estão relacionadas ao comportamento de combate entre machos e demais aspectos reprodutivos (Marques et al., 2013). A morfometria geométrica, empregada durante este trabalho, se mostrou uma importante ferramenta para estudos em serpentes, assim como Souto et al. (2021) apontaram, em especial, para cobras-corais verdadeiras. Nossos resultados trazem novas informações, embora sutis e pouco perceptíveis à morfometria tradicional, complementando a taxonomia desse grupo de serpentes, cujas espécies são diferenciadas a partir de caracteres tênues. Entretanto, apesar da relevância da morfometria geométrica, ressalto que para resultados mais robustos é recomendado combinar diferentes métodos e análises. Morfometria linear e geométrica juntas nos mostram respostas mais amplas, a exemplo dos resultados do presente estudo e os encontrados por Nascimento et al. (2024).

REFERÊNCIAS

Abegg, A.D., Passos, P., Mario-da-Rosa, C., Azevedo, W.D.S., Malta-Borges, L. & De Moura Bubadué, J. (2020) Sexual dimorphism, ontogeny and static allometry of a semi-fossorial snake (genus *Atractus*). *Zoologischer Anzeiger*, 287, 95–104.

<https://doi.org/10.1016/j.jcz.2020.05.008>

Adams, D.C., Rohlf, F.J. & Slice, D.E. (2004) Geometric morphometrics: Ten years of progress following the ‘revolution’. *Italian Journal of Zoology*, 71 (1), 5–16.

<https://doi.org/10.1080/11250000409356545>

- Adams, D.C., Rohlf, F.J. & Slice, D.E. (2013) A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 24 (1).
<https://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6283>
- Almeida-Santos, S.M. (1998). *Micrurus frontalis*. Male combat. *Herpetological Review*, 29(4), 242.
- Ávila, R.W., Kawashita-Ribeiro, R.A., Ferreira, V.L. & Strüssmann, C. (2010) Natural History of The Coral Snake *Micrurus pyrrhocryptus* Cope 1862 (Elapidae) from Semideciduous Forests of Western Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 5 (2), 97–101.
<https://doi.org/10.2994/057.005.0204>
- Barbo, F.E., Gasparini, J.L., Almeida, A.P., Zaher, H., Graziotin, F.G., Gusmão, R.B., Ferrarini, J.M.G. & Sawaya, R.J. (2016) Another new and threatened species of lancehead genus *Bothrops* (Serpentes, Viperidae) from Ilha dos Franceses, Southeastern Brazil. *Zootaxa*, 4097 (4).
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4097.4.4>
- Bernarde, P.S., Turci, L.C.B., Abegg, A.D. & Franco, F.L. (2018) A remarkable new species of coralsnake of the *Micrurus hemprichii* species group from the Brazilian Amazon.
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.2586853>
- Bookstein, F.L. (1982) Foundations of Morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13 (1), 451–470.
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.002315>
- Bookstein, F.L. (1984) A statistical method for biological shape comparisons. *Journal of Theoretical Biology*, 107 (3), 475–520.
[https://doi.org/10.1016/S0022-5193\(84\)80104-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5193(84)80104-6)
- Bookstein, F.L. (1986) Size and Shape Spaces for Landmark Data in Two Dimensions. *Statistical Science*, 1 (2).
<https://doi.org/10.1214/ss/1177013696>
- Bookstein, F.L. (1989) ‘Size and Shape’: A Comment on Semantics. *Systematic Zoology*, 38 (2), 173.
<https://doi.org/10.2307/2992387>
- Campbell, J.A. & Lamar, W.W. (2004) *The venomous reptiles of the Western hemisphere*. Comstock, Ithaca, NY.

- Cleuren, S.G.C., Hocking, D.P. & Evans, A.R. (2021) Fang evolution in venomous snakes: Adaptation of 3D tooth shape to the biomechanical properties of their prey. *Evolution*, 75 (6), 1377–1394.
<https://doi.org/10.1111/evo.14239>
- Davis, M.A., Douglas, M.R., Collyer, M.L. & Douglas, M.E. (2016) Deconstructing a Species-Complex: Geometric Morphometric and Molecular Analyses Define Species in the Western Rattlesnake (*Crotalus viridis*) Castoe, T. A. (Ed). *PLOS ONE*, 11 (1), e0146166.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146166>
- Fabre, A.-C., Bickford, D., Segall, M. & Herrel, A. (2016) The impact of diet, habitat use, and behaviour on head shape evolution in homalopsid snakes. *Biological Journal of the Linnean Society*, 118 (3), 634–647.
<https://doi.org/10.1111/bij.12753>
- Feio, R., Santos, P. S., Fernandes, R., Freitas T. S. (1999). *Chironius flavolineatus*. Courtship. *Herpetological Review*, 30:99.
- Galán, A.L. (2015). Morfometría geométrica: el estudio de la forma y su aplicación en biología. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 19, 53–59.
- Haines, T. P. (1967). Variations of colubrid skulls, their correlations and their value in taxonomy. *Herpetologica*, 23, 142–5.
- Keates, C., Conradie, W., Greenbaum, E. & Edwards, S. (2019) A snake in the grass: Genetic structuring of the widespread African grass snake (*Psammophylax* Fitzinger 1843), with the description of a new genus and a new species. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 57 (4), 1039–1066.
<https://doi.org/10.1111/jzs.12337>
- Kendall, D.G. (1984) Shape Manifolds, Procrustean Metrics, and Complex Projective Spaces. *Bulletin of the London Mathematical Society*, 16 (2), 81–121.
<https://doi.org/10.1112/blms/16.2.81>
- Klingenberg, C.P. (2011) MORPHO J: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, 11 (2), 353–357.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x>

- Manier, M.K. (2004) Geographic variation in the long-nosed snake, *Rhinocheilus lecontei* (Colubridae): beyond the subspecies debate: GEOGRAPHIC VARIATION IN *R. LECONTEI*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 83 (1), 65–85.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2004.00373.x>
- Marques, O.A.V. (2002). Natural history of the coral snake *Micrurus decoratus* (Elapidae) from the Atlantic Forest in southeast Brazil, with comments on possible mimicry. *Amphibia-Reptilia*, 23, 228-232.
- Marques, O.A.V., Pizzatto, L. & Santos, S.M.A. (2013) Reproductive Strategies of New World Coral Snakes, Genus *Micrurus*. *Herpetologica*, 69 (1), 58–66.
<https://doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-12-00091>
- Meik, J.M., Setser, K., Mociño-Deloya, E. & Lawing, A.M. (2012) Sexual differences in head form and diet in a population of Mexican lance-headed rattlesnakes, *Crotalus polystictus*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 106 (3), 633–640.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2012.01881.x>
- Mendes, V., Lock, D.C., Loebmann, D. & Entiauspe-Neto, O.M. (2021). First record of male combat for *Micrurus hemprichii* (Serpentes: Elapidae). *Herpetology Notes*, 14, 181-183.
- Missassi, A.F.R., Coeti, R.Z., Almeida-Santos, S.M., Prudente, A.L.C. (2022). Intense Male-Male Ritual Combat in the *Micrurus ibiboboca* Complex (Elapidae) from Northeastern South America. *Herpetological Conservation and Biology*, 17(1), 204-216.
- Murta-Fonseca, R.A., Machado, A., Lopes, R.T. & Fernandes, D.S. (2019) Sexual dimorphism in *Xenodon neuwiedii* skull revealed by geometric morphometrics (Serpentes; Dipsadidae). *Amphibia-Reptilia*, 40 (4), 461–474.
<https://doi.org/10.1163/15685381-20191147>
- Nascimento, L.R.S., Silva, N.J.Jr., Feitosa, D.T. & Prudente, A.L.C. (2019) Taxonomy of the *Micrurus spixii* species complex (Serpentes, Elapidae). *Zootaxa*, 4668 (3).
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4668.3.4>
- Nascimento, L.R.S., Graboski, R., Silva Jr, N.J. & Prudente, A.L.C. (2024) Integrative taxonomy of *Micrurus ibiboboca* (Merrem, 1820) (Serpentes, Elapidae) reveals three new species of coral snake. *Systematics and Biodiversity*, 22 (1), 2315958.

<https://doi.org/10.1080/14772000.2024.2315958>

Rodríguez, M.E., Arzamendia, V., Bellini, G.P. & Giraudó, A.R. (2018) Natural history of the threatened coral snake *Micrurus altirostris* (Serpentes: Elapidae) in Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89 (4).

<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2605>

Rohlf, F. J. (2008). tpsUtil, version 1.81. Stony Brook, NY: Department of Ecology and Evolution, State University of New York.

Rohlf, F. J. (2015). TpsDig2, version 2.32. Stony Brook, NY: Department of Ecology and Evolution, State University of New York.

Rohlf, F. J. & Marcus, L.F. (1993) A revolution morphometrics. *Trends in Ecology & Evolution*, 8 (4), 129–132.

[https://doi.org/10.1016/0169-5347\(93\)90024-J](https://doi.org/10.1016/0169-5347(93)90024-J)

Roze, J.A. (1996) Coral snakes of the Americas: biology, identification, and venoms. Krieger, Malabar, Fla, 328 pp.

Santos, M.M., Klaczko, J. & Prudente, A.L.D.C. (2024) Sexual dimorphism in the Neotropical snakes genus *Chironius* (Serpentes: Colubridae). *Biological Journal of the Linnean Society*, blae020.

<https://doi.org/10.1093/biolinnean/blae020>

Shine, R. (1990) Ecological Causes for the Evolution of Sexual Dimorphism: A Review of the Evidence. *The Quarterly Review of Biology*, 64 (4), 419–461.

<https://doi.org/10.1086/416458>

Shine, R. (1994) Sexual Size Dimorphism in Snakes Revisited. *Copeia*, 1994 (2), 326.

<https://doi.org/10.2307/1446982>

Silva, F.M.D., Oliveira, L.S.D., Nascimento, L.R.D.S., Machado, F.A. & Prudente, A.L.D.C. (2017) Sexual dimorphism and ontogenetic changes of Amazonian pit vipers (*Bothrops atrox*). *Zoologischer Anzeiger*, 271, 15–24.

<https://doi.org/10.1016/j.jcz.2017.11.001>

- Silva, F.M., Prudente, A.L.D.C., Machado, F.A., Santos, M.M., Zaher, H. & Hingst-Zaher, E. (2018) Aquatic adaptations in a Neotropical coral snake: A study of morphological convergence. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 56 (3), 382–394. <https://doi.org/10.1111/jzs.12202>
- Silva Jr, N.J. & Sites, J.W. (1999) Revision of the *Micrurus frontalis* Complex (Serpentes: Elapidae). *Herpetological Monographs*, 13, 142. <https://doi.org/10.2307/1467062>
- Souto, N.M., Murta-Fonseca, R.A. & Fernandes, D.S. (2021) A Morfometria Geométrica e suas aplicações nos estudos de Serpentes. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5211377>
- Valencia, J.H., Garzón-Tello, K. & Cogălniceanu, D. (2020). Male-male combat in the coralsnake *Micrurus mipartitus decussatus* (Duméril et al., 1854) (Squamata: Elapidae). *Herpetology Notes*, 13, 329-332.
- Yi, H. & Norell, M.A. (2015) The burrowing origin of modern snakes. *Science Advances*, 1 (10), e1500743. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500743>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de ferramentas morfométricas geométricas na investigação de novos caracteres que auxiliem na taxonomia, bem como identificar dimorfismo sexual com relação ao formato da cabeça nesse grupo complexo de corais verdadeiras, complementam o conhecimento atual acerca dessas espécies. As análises morfológicas geométricas foram úteis na identificação de diferenças ao longo da distribuição destas espécies de cobras-corais verdadeiras do complexo *M. ibiboboca*.

Ampliar para as demais espécies de *Micrurus* a abordagem aplicada durante este trabalho é de fundamental importância. Além da compreensão sobre suas relações ecológicas, possibilita buscar sinal filogenético nas variações encontradas e subsidiam uma visão mais completa sobre os processos evolutivos a que essas serpentes estiveram submetidas. Combinar as variáveis morfológicas dos indivíduos, com dados moleculares, filogenéticos, ecológicos e ambientais é de grande relevância.

Adicionalmente, destaca-se a importância da busca pela redução de lacunas de conhecimento acerca dessas serpentes. Assim como foi possível demonstrar Lacuna Wallaceana persistente em *M. janisrozei*, outras lacunas também permanecem, contribuindo negativamente para o avanço do conhecimento sobre as cobras-corais verdadeiras.

Finalmente, os resultados obtidos neste trabalho também impulsionam novas perguntas a serem respondidas. Verificar se os padrões detectados para as espécies estudadas se estendem para as demais espécies de *Micrurus*, além de testar outras regras e padrões geográficos e ecomorfológicos no gênero, constituem o caminho futuro a ser trilhado no estudo de cobras-corais verdadeiras.

REFERÊNCIAS DA PARTE INTRODUTÓRIA DA DISSERTAÇÃO

Andjelković, M., Tomović, L., & Ivanović, A. (2017). Morphological integration of the kinetic skull in *Natrix* snakes. *Journal of Zoology*, 303(3), 188–198.

<https://doi.org/10.1111/jzo.12477>

Araújo, S. C., Uchôa, L. R., Costa, C., Sena, F., & Andrade, E. (2022). First record of *Micrurus lemniscatus* (Elapidae) in the state of Piauí, northeastern Brazil. *Caldasia*, 45(1), 191–194.

<https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n1.101553>

Barbo, F. E., Gasparini, J. L., Almeida, A. P., Zaher, H., Graziotin, F. G., Gusmão, R. B., Ferrarini, J. M. G., & Sawaya, R. J. (2016). Another new and threatened species of lancehead genus *Bothrops* (Serpentes, Viperidae) from Ilha dos Franceses, Southeastern Brazil. *Zootaxa*,

4097(4).

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4097.4.4>

Caldas, F. L. S., Costa, T. B., Laranjeiras, D. O., Mesquita, D. O., & Garda, A. A. (2016). Herpetofauna of protected areas in the Caatinga V: Seridó Ecological Station (Rio Grande do Norte, Brazil). *Check List*, 12(4), 1929.

<https://doi.org/10.15560/12.4.1929>

Campbell, J. A., & Lamar, W. W. (2004). *The venomous reptiles of the Western hemisphere*. Comstock.

Di-Bernardo, M., Borges-Martins, M., & Silva (Jr.), N. J. (2007). A new species of coralsnake (*Micrurus*: Elapidae) from southern Brazil. *Zootaxa*, 1447(1).

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.1447.1.1>

Feitosa, D. T., Da Costa Prudente, A. L., & De Lima, A. C. (2007). Redescription and variation of *Micrurus paraensis* Cunha & Nascimento 1973 (Serpentes: Elapidae). *Zootaxa*, 1470(1).

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.1470.1.2>

Feitosa, D. T., Pires, M. G., Prudente, A. L. D. C., & Silva Jr., N. J. D. (2013). Distribution extension in Colombia and new records for Brazil of *Micrurus isozonus* (Cope, 1860) (Squamata, Serpentes, Elapidae). *Check List*, 9(5), 1108.

<https://doi.org/10.15560/9.5.1108>

Feitosa, D. T., Silva Jr., N. J. Jr., Pires, M. G., Zaher, H., & Prudente, A. L. D. C. (2015). A new species of monadal coral snake of the genus *Micrurus* (Serpentes, Elapidae) from western Amazon. *Zootaxa*, 3974(4).

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3974.4.5>

Floriano, R. S., Schezaro-Ramos, R., Silva, N. J., Bucarechi, F., Rowan, E. G., & Hyslop, S. (2019). Neurotoxicity of *Micrurus lemniscatus lemniscatus* (South American coralsnake) venom in vertebrate neuromuscular preparations in vitro and neutralization by antivenom. *Archives of Toxicology*, 93(7), 2065–2086.

<https://doi.org/10.1007/s00204-019-02476-9>

Freire, E. M. X. (2009). *Recursos Naturais Da Caatingas: Uma Visão Multidisciplinar*. Edufrn.

Guedes, T. B., Nogueira, C., & Marques, O. A. V. (2014). Diversity, natural history, and

- geographic distribution of snakes in the Caatinga, Northeastern Brazil. *Zootaxa*, 3863(1).
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3863.1.1>
- Guedes, T. B., Entiauspe-Neto, O. M. & Costa, H. C. (2023). *Lista de répteis do Brasil: Atualização de 2022*.
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.7829013>
- Hurtado-Gómez, J.P., Ramírez, M.V., Gómez, J.R., Fouquet, A. & Fritz, U. (2021) Multilocus phylogeny clarifies relationships and diversity within the *Micrurus lemniscatus* complex (Serpentes: Elapidae). *Salamandra* 57, 229–239.
- Jaffe, A. L., Campbell-Staton, S. C., & Losos, J. B. (2016). Geographical variation in morphology and its environmental correlates in a widespread North American lizard, *Anolis carolinensis* (Squamata: Dactyloidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 117(4), 760–774.
<https://doi.org/10.1111/bij.12711>
- Jowers, M. J., Garcia Mudarra, J. L., Charles, S. P., & Murphy, J. C. (2019). Phylogeography of West Indies Coral snakes (*Micrurus*): Island colonisation and banding patterns. *Zoologica Scripta*, 48(3), 263–276.
<https://doi.org/10.1111/zsc.12346>
- Keates, C., Conradie, W., Greenbaum, E., & Edwards, S. (2019). A snake in the grass: Genetic structuring of the widespread African grass snake (*Psammophylax* Fitzinger 1843), with the description of a new genus and a new species. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 57(4), 1039–1066.
<https://doi.org/10.1111/jzs.12337>
- Marques, R., Guedes, T. B., Lanna, F. M., Passos, D. C., Silva, W. P. D., & Garda, A. A. (2021). Species richness and distribution patterns of the snake fauna of Rio Grande do Norte state, northeastern Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 93(suppl 3), e20191265.
<https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191265>
- Nascimento, L. R. S., Silva, N. J. Jr., Feitosa, D. T., & Prudente, A. L. C. (2019). Taxonomy of the *Micrurus spixii* species complex (Serpentes, Elapidae). *Zootaxa*, 4668(3).
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4668.3.4>
- Nascimento, L. R. S., Graboski, R., Silva Jr, N. J., & Prudente, A. L. C. (2024). Integrative

taxonomy of *Micrurus ibiboboca* (Merrem, 1820) (Serpentes, Elapidae) reveals three new species of coral snake. *Systematics and Biodiversity*, 22(1), 2315958.

<https://doi.org/10.1080/14772000.2024.2315958>

Nogueira, C. C., Argôlo, A. J. S., Arzamendia, V., Azevedo, J. A., Barbo, F. E., Bérnils, R. S., Bolochio, B. E., Borges-Martins, M., Brasil-Godinho, M., Braz, H., Buononato, M. A., Cisneros-Heredia, D. F., Colli, G. R., Costa, H. C., Franco, F. L., Giraudo, A., Gonzalez, R. C., Guedes, T., Hoogmoed, M. S., ... Martins, M. (2019). Atlas of Brazilian Snakes: Verified Point-Locality Maps to Mitigate the Wallacean Shortfall in a Megadiverse Snake Fauna. *South American Journal of Herpetology*, 14(sp1), 1.

<https://doi.org/10.2994/SAJH-D-19-00120.1>

Pessoa, A. D. M., Nunes, R., Campos Telles, M. P. D., Nishitsuji, K., Hisata, K., Aird, S. D., Mikheyev, A. S., & Silva, N. J. D. (2020). The complete mitochondrial genome of the aquatic coralsnake *Micrurus surinamensis* (Reptilia, Serpentes, Elapidae). *Mitochondrial DNA Part B*, 5(1), 233–235.

<https://doi.org/10.1080/23802359.2019.1699460>

Pires, M. G., Feitosa, D. T., Prudente, A. L. D. C., & Da Silva Jr., N. J. (2013). First record of *Micrurus diana* Roze, 1983 (Serpentes: Elapidae) for Brazil and extension of its distribution in Bolivia, with notes on morphological variation. *Check List*, 9(6), 1556.

<https://doi.org/10.15560/9.6.1556>

Pires, M. G., Da Silva Jr., N. J., Feitosa, D. T., Prudente, A. L. D. C., Filho, G. A. P., & Zaher, H. (2014). A new species of triadal coral snake of the genus *Micrurus* Wagler, 1824 (Serpentes: Elapidae) from northeastern Brazil. *Zootaxa*, 3811(4).

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3811.4.8>

Pires, M. G.; Feitosa, D. T.; Grazziotin, F. G.; Prudente, A. L. C.; Silva J., N. J.; Zaher, H. (2021). Historical and taxonomic relevance of *Coluber lemniscatus* Linnaeus, 1758. In: Silva Jr., N. J.; Porras, L. W.; Aird, S. D.; Prudente, A. L. C. (2021) *Advances in Coralsnake Biology: with an Emphasis on South America*. Eagle Mountain Publishing.

Renjifo, C., Smith, E. N., Hodgson, W. C., Renjifo, J. M., Sanchez, A., Acosta, R., Maldonado, J. H., & Riveros, A. (2012). Neuromuscular activity of the venoms of the Colombian coral snakes *Micrurus dissoleucus* and *Micrurus mipartitus*: An evolutionary perspective. *Toxicon*, 59(1), 132–142.

<https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2011.10.017>

Roze, J.A. (1966) On the Synonymy and Type Specimens of the Coral Snakes *Micrurus corallinus* and *M. ibiboboca* (Marcgravii). *Copeia*, 1966 (2), 369.

<https://doi.org/10.2307/1441161>

Roze, J. A. (1996). *Coral snakes of the Americas: Biology, identification, and venoms*. Krieger.

Serafim, H., Peccinini-Seale, D. M., & Batistic, R. F. (2007). Estudo cariotípico de duas espécies brasileiras do gênero *Micrurus* (Ophidia: Elapidae). *Biota Neotropica*, 7(1), 75–80.

<https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000100010>

Servino, L. M., Ferrarini, J. M. G., Nogueira, C. D. C., Barbo, F. E., & Sawaya, R. J. (2024). Are Bergmann's and Jordan's rules valid for a neotropical pitviper? *Journal of Zoology*, 323(4), 346–355.

<https://doi.org/10.1111/jzo.13193>

Silva Jr., N. J., & Aird, S. D. (1999). Phylogeny of South American Triad Coral Snakes (Elapidae: *Micrurus*) Based on Molecular Characters. *Herpetological Monographs*, 13, 142–194.

Silva Jr, N. J., & Sites, J. W. (1999). Revision of the *Micrurus frontalis* Complex (Serpentes: Elapidae). *Herpetological Monographs*, 13, 142.

<https://doi.org/10.2307/1467062>

Silva Jr, N. J., & D. Aird, S. (2001). Prey specificity, comparative lethality and compositional differences of coral snake venoms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 128(3), 425–456.

[https://doi.org/10.1016/S1532-0456\(00\)00215-5](https://doi.org/10.1016/S1532-0456(00)00215-5)

Silva Jr., N. J., Feitosa, D. T., Pires, M. G., Prudente, A. L. C. (2021). Coralsnake diversity in Brazil. In: Silva Jr., N. J., Porras, L.W., Aird, S. D., Prudente, A. L. C. *Advances in Coralsnake Biology: with an Emphasis on South America*. Eagle Mountain Publishing, 2021

Souto, N. M., Murta-Fonseca, R. A., & Fernandes, D. S. (2021). *A Morfometria Geométrica e suas aplicações nos estudos de Serpentes*.

<https://doi.org/10.5281/ZENODO.5211377>

Tanaka, G. D., Furtado, M. D. F. D., Portaro, F. C. V., Sant'Anna, O. A., & Tambourgi, D. V. (2010). Diversity of *Micrurus* Snake Species Related to Their Venom Toxic Effects and the Prospective of Antivenom Neutralization. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4(3), e622.

<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000622>

Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R., Reyes, F., Kudera, J. & Hošek, J. (eds.). (2024). *The Reptile Database*, <http://www.reptile-database.org>, accessed [acessado em 4 de dezembro de 2024].

Lista com voucher dos espécimes utilizados.

Micrurus bonita (machos): **AMNH:**119212; **CHUFPB:** 00039, 00040, 00045, 00046,00268, 00356, 00409, 01090, 01248, 02558, 02795, 02796, 03042, 03112, 04226, 04353, 09193, 09214, 09325, 11851, 11852, 12192, 12197, 12201, 12203, 13209, 13217, 13219, 13223,13225,13225, 13226, 21380, 27980, 27996; **CHUNB** 28981, 29286; **CZGB:** 00484, 00485, 2546, 3824; **IBSP:** 46801, 51155, 51156, 52137, 52229, 52230, 52360, 52380, 52970, 53076 ,53221, 53245, 53300, 53305, 53415, 53583; **IVB:** 784 **MCZ:** 176955; **MNRJ:** R1931, R1932, 7557, 8279, 13116; **MUFAL:** LAB1 06, 02268, 04104, 05986, 06101, 06112, 06707, 07198, 09481, 09700, 10750, 10791, 11643, 13747, 15407, 15409, 15411, 15414, 15415; **MZUEFS:** 1475, 1516 **MZUESC:** 5254, 5256, 5258; **MZUSP:** 00612, 05853,06502, 06561, 06562, 06563, 06902, 06903, 06905, 06906, 06907, 07190, 07193, 08895, 08909, 09005, 10463, 10962, 17353, 17728, 18270, 18277, 18762, 20287, 20288, 20289, 20428, 20429, 20436, 20438, 20789; **UFBA:** 0143, 0145, 0150, 0157, 0158, 0159, 0160, 0161, 0163, 0173, 0174, 0175, 0178, 0337, 0338, 0409, 0861, 0862, 0863, 0879, 0999, 1325; **UFRN-CH:** 0635, 0678, 0828, 0852, 1029, 1130, 1182, 1185, 1255, 1794, 1910, 2034, 2531, 2618, 2619, 2641, 3012, 3614, 3615, 3826, 4462, 4480, 4483, 4785, 4805, 4815, 4828, 5163, 5165, 5215, 5216, 5783, 5794, 6187, 6189, 6273, 6675, 6947, 7279, 7280, 7281, 7283. **ZSM:** 43/1989; **ZUEC:** 603.

Micrurus bonita (fêmeas): **CHUFPB:** 00048, 00075, 03043, 03045, 03662, 04225, 04318, 04360, 12189, 12190, 12200, 13210, 13211, 13218, 13228, 27172, 27776, 27777, 27977, 27998. **CZGB:** 2369, 3877, 5020; **IBSP:** 46452, 48958, 50843, 52138, 52153, 52158, 52231, 52425, 52730, 53161, 53246, 53261, 53279 **MNRJ:** 19774; **MUFAL:** 00326, 00356, 02154, 04097, 06490, 10425, 10598, 11582, 13929, 13971, 14344, 14414, 15413, 15416, LAB 1 221, LAB 1 226. **MZUEFS:** 0845, 1233, 5259, 5808; **MZUSP:** 00076, 00077, 02944, 03546, 03628, 06503, 06564, 06933, 07189, 07252, 07255, 08099, 08934, 08952, 09006, 10963, 12637, 13372, 17727, 18269, 20431, 20435, 20437, 20439, 20440; **UFBA:** 099, 142, 146, 147, 148, 149, 151, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 176, 177, 813, 858, 859, 860, 978; **UFRN-CH:** 0972, 1030, 1109, 1118, 1310, 1438, 2244, 2451, 2530, 2598, 5537, 5615, 5924, 5985, 6056, 6057, 6190, 6281, 6483, 6890, 6946; **ZUEC:** 602, 608.

Micrurus ibiboboca (machos): **AMNH:** 3937, 3938; **CEPB:** 2312; **CHUFPB:** 4356, 4357, 4392; **CZGB:** 0068, 0406, 0901, 1012, 1573, 1604, 1678, 1679, 1769, 1771, 1773, 1851, 2135, 2194, 2411, 2452, 2517, 2952, 3199, 3422, 3682, 3836, 3931, 3932, 3948, 4411, 5259, 5339, 5465, 5640, 6175, 6750, 6956, 6957, 6958, 6985, 7203, 7849, 8174, 8315, 8771, 9311; **IBSP:** 43914, 46668; **MNRJ:** 08277, 20051, **MUFAL:** 6099, 6100, 7222; **MZUEFS:** 0001,

1498, 1515; **MZUESC:** 0817, 0818, 0839, 0895, 1699, 2892, 3048, 3072, 5136, 5175, 5204, 5442; **MZUSP:** 08908, 10967 **UFBA:** 0979, 0980, 1160, 1162, 1279. **UFRN-CH:** 5538, 5645, 5994, 6188, 6899, 6900 **ZUEC:** 1436.

Micrurus ibiboboca (fêmeas): **CHUFP:** 0044, 4364; **CZGB:** 0417, 0790, 0884, 1036, 1141, 1246, 1293, 1294, 1755, 2175, 2412, 2719, 3690, 4410, 4612, 4667, 5047, 5155, 5356, 7202, 8149, 8191, 8192, 9134; **MZUEFS:** 863; **MZUECS:** 0792, 0816, 0896, 2891, 4762, 5459; **MZUSP:** 12376, 12377.

Micrurus janisrozei (machos): **CZGB:** 3125, 3486, 3487, 4284, 4285, 4560, 4727, 5019, 5512, 6414, 6415, 7116, 7117, 7941; **IBSP:** 33686, 42254, 43942, 48148, 51026; **MCZ:** 17851; **MNRJ:** 7535; **MUFAL:** 11876; **MZUEFS:** 627 **MZUECS:** 00028, 00180, 00181, 00528, 02462, 02569, 02824, 03161, 03162, 03555, 03803, 03804, 03984, 03985, 04103, 05257, 05580, 05648, 05670, 05683, 05727, 05917, 06402, 06423, 12591, 15159, 20835, 20836, 20837, 20838, 20839, 20867, 20868, 20869; **MZUSP:** 12636 **UFBA:** 431, 739; **UFRN-CH** 6982.

Micrurus janisrozei (fêmeas): **CHUFPB:** 21394, 27991; **CZGB:** 4726, 4994, 5513, 5864, 6210, 6211, 6682, 6708, 7939, 7964, 7965, 8255, 8953; **IBSP:** 45513; **MNRJ:** 26698; **MZUEFS:** 952; **MZUECS:** MV 01, 00022, 00372, 00956, 01069, 01070, 01206, 02748, 02822, 02841, 03160, 03986, 04102, 04105, 05067, 05590, 05654, 12328, 12590, 18013, 20825, 20866, 20871; **MZUSP:** 07801, 13012, 20617; **UFBA:** 0792, 1480.

Testes de normalidade

Tabela 1. Resultados dos testes de normalidade para machos de *M. bonita*.

Variável	Shapiro-Wilk (CA)	Shapiro-Wilk (MA)	Levene	Teste escolhido
V	0,0083	0,5854	0,05	Mann-Whitney
SC	9,6e-6	0,0121	0,2667	Mann-Whitney
TriB	7,4e-8	3,2e-6	0,2796	Mann-Whitney
CRC	0,0994	0,0123	0,0329	Mann-Whitney

Tabela 2. Resultados dos testes de normalidade para fêmeas de *M. bonita*.

Variável	Shapiro-Wilk (CA)	Shapiro-Wilk (MA)	Levene	Teste escolhido
V	0,5951	0,713	0,2706	Teste <i>t</i>
SC	0,1154	2,3e-5	0,5413	Mann-Whitney
TriB	2,6e-7	1,1e-5	0,0055	Mann-Whitney
CRC	0,3887	0,7471	0,1275	Teste <i>t</i>

Tabela 3. Resultados dos testes de normalidade para machos de *M. janisrozei*.

Variável	Shapiro-Wilk	Shapiro-Wilk (MA)	Levene	Teste escolhido
V	0,3022	0,2481	0,5097	Teste <i>t</i>
SC	0,0477	0,1415	0,4999	Mann-Whitney
TriB	0,0919	7,6e-5	0,595	Mann-Whitney
CRC	0,2812	0,1309	0,4719	Teste <i>t</i>

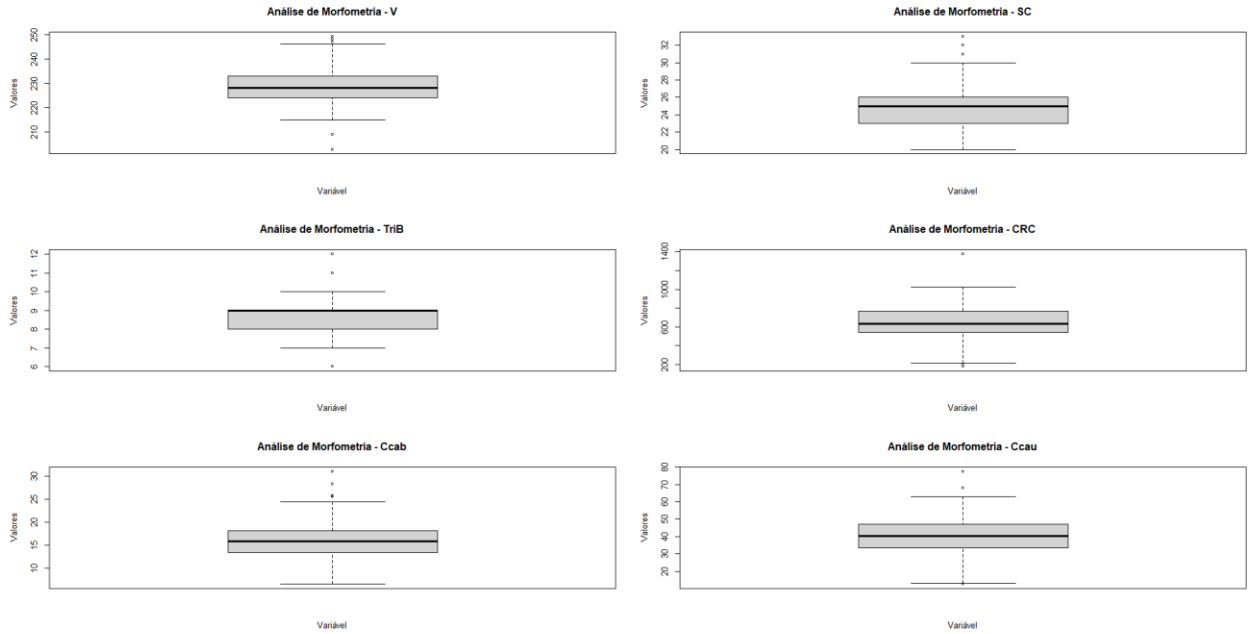
Tabela 4. Resultados dos testes de normalidade para fêmeas de *M. janisrozei*.

Variável	Shapiro-Wilk	Shapiro-Wilk (MA)	Levene	Teste escolhido
V	0,7364	0,1285	0,5737	Teste <i>t</i>
SC	0,3136	0,0022	0,0065	Mann-Whitney
TriB	0,1216	0,0027	0,5482	Mann-Whitney
CRC	0,919	0,006	0,8991	Mann-Whitney

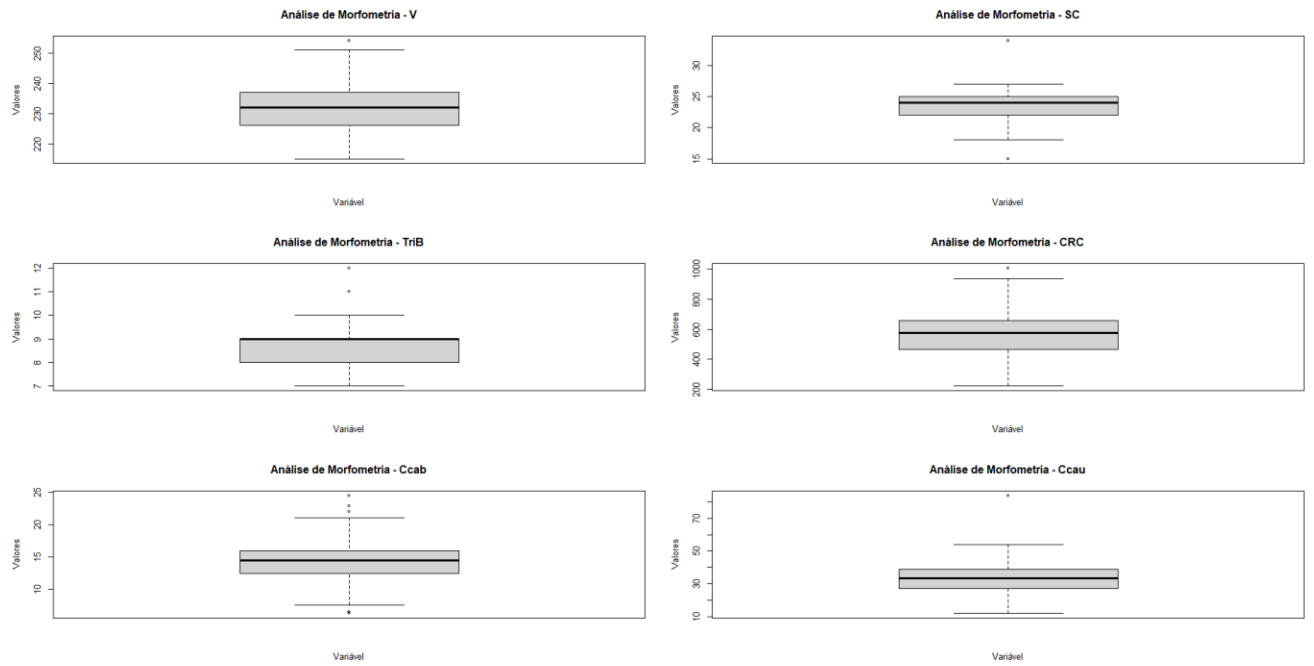
Busca de outliers

Boxplot – Figuras 1 a 6

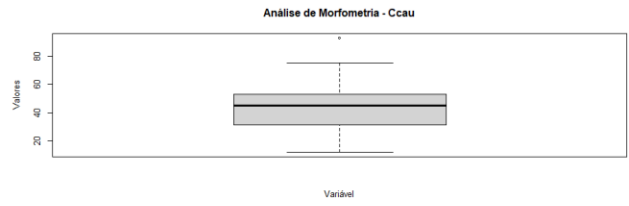
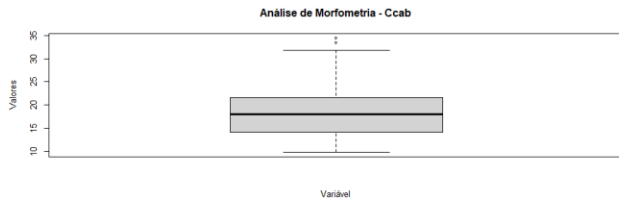
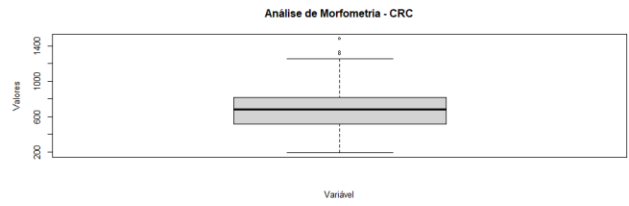
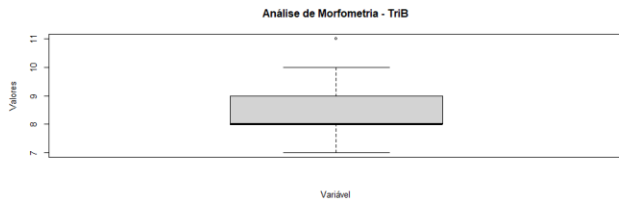
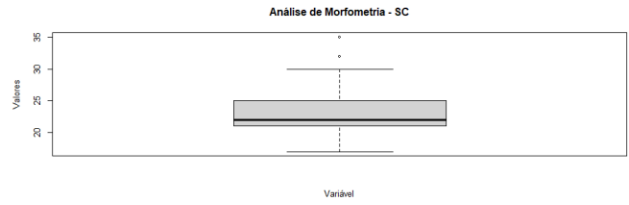
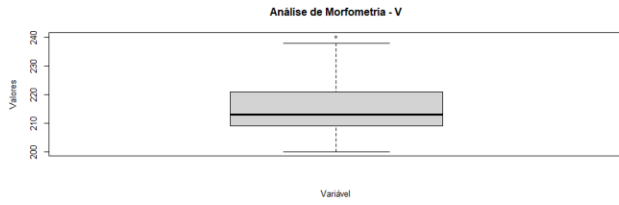
Micrurus bonita (machos)



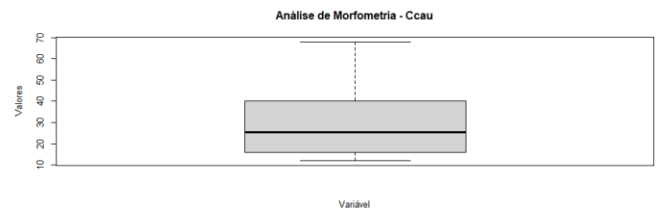
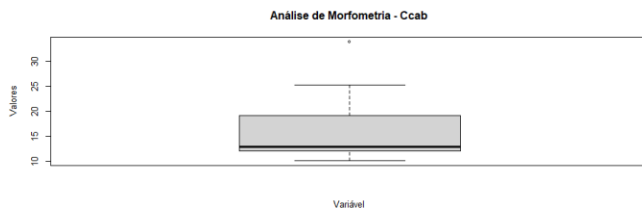
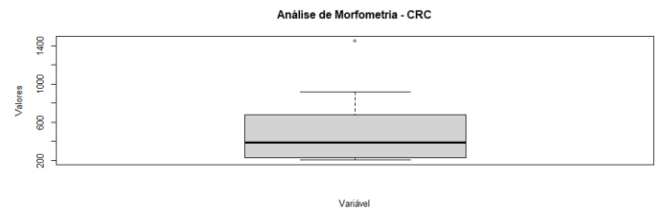
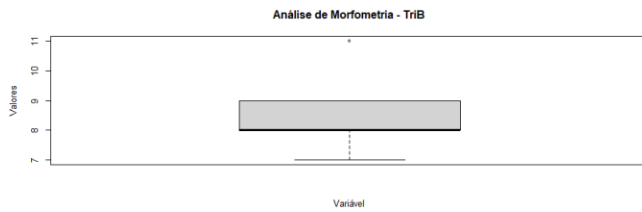
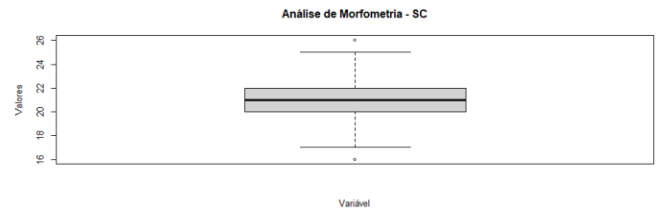
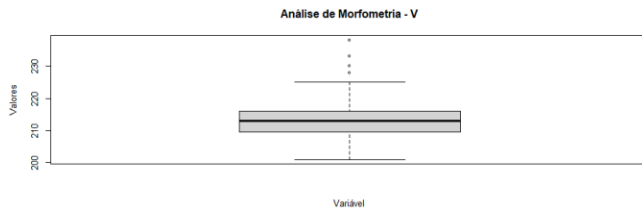
Micrurus bonita (fêmeas)



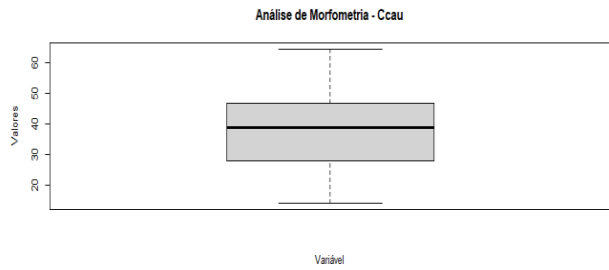
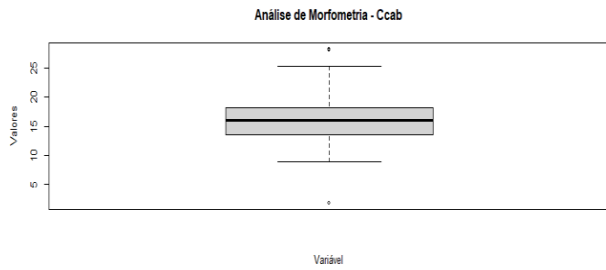
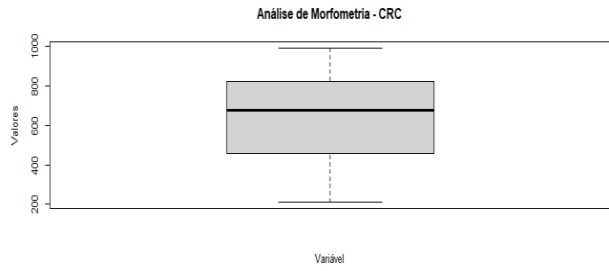
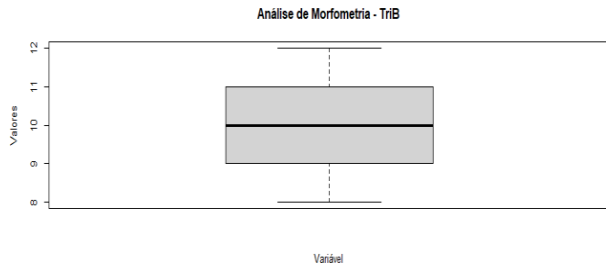
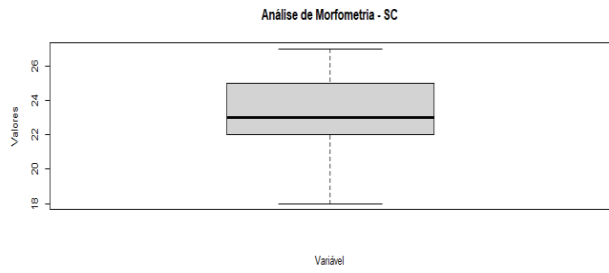
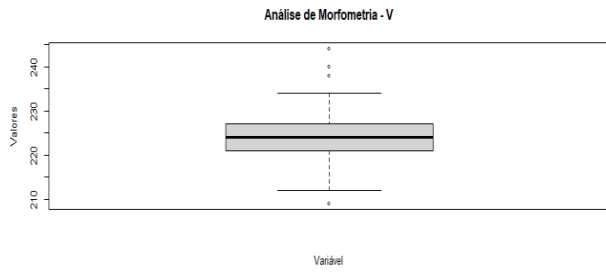
Micrurus ibiboboca (machos)



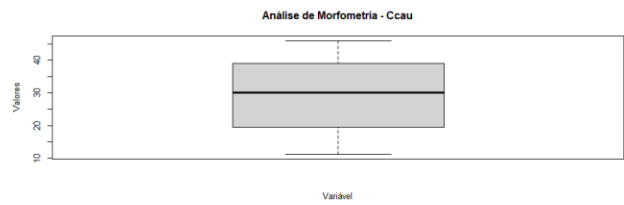
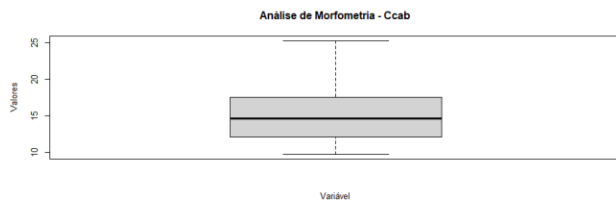
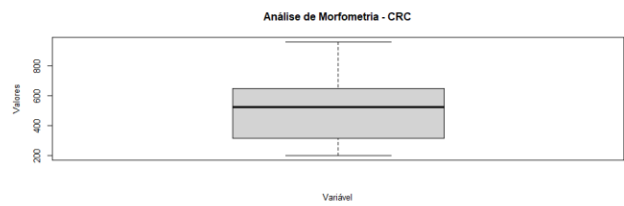
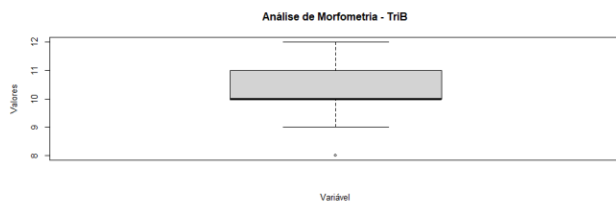
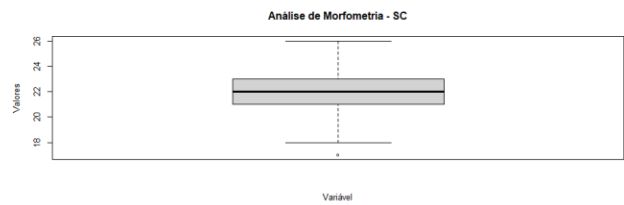
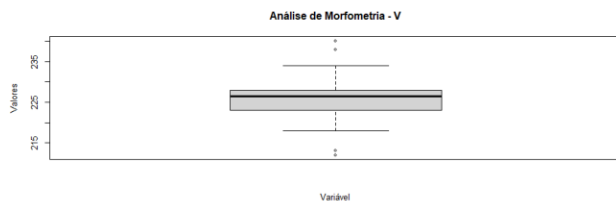
Micrurus ibiboboca (fêmeas)



Micrurus janisrozei (machos)



Micrurus janisrozei (fêmeas)



Dotchart – Figuras 7 a 42

Micrurus bonita (machos)

Gráfico de Pontos - V

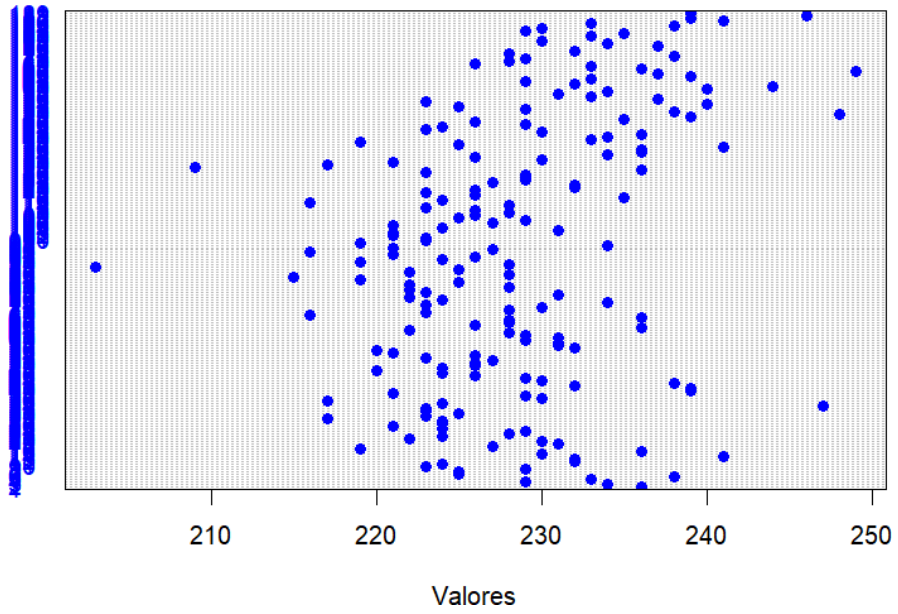


Gráfico de Pontos - CRC

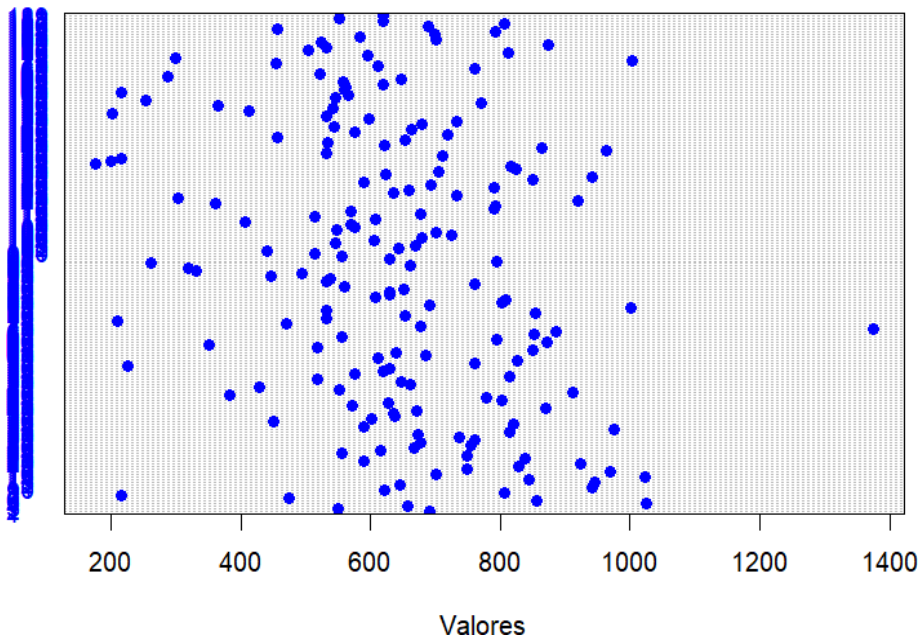


Gráfico de Pontos - TriB

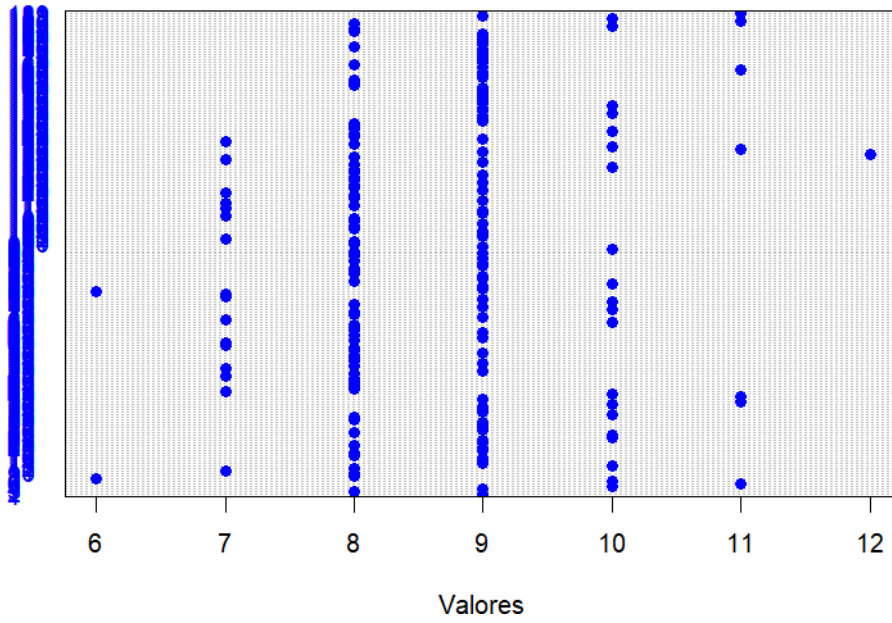


Gráfico de Pontos - Ccab

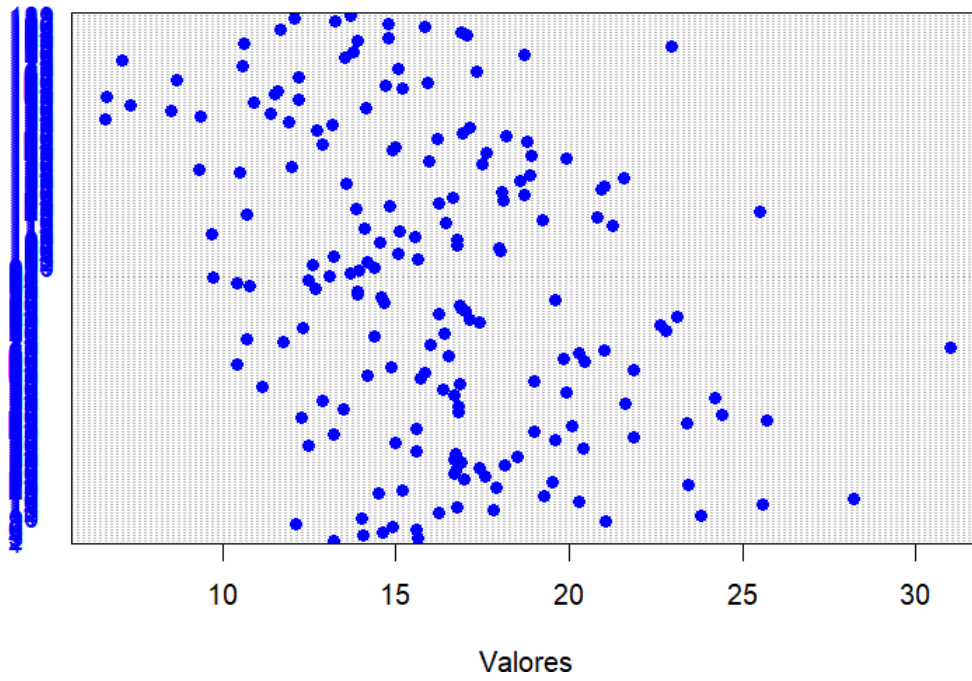
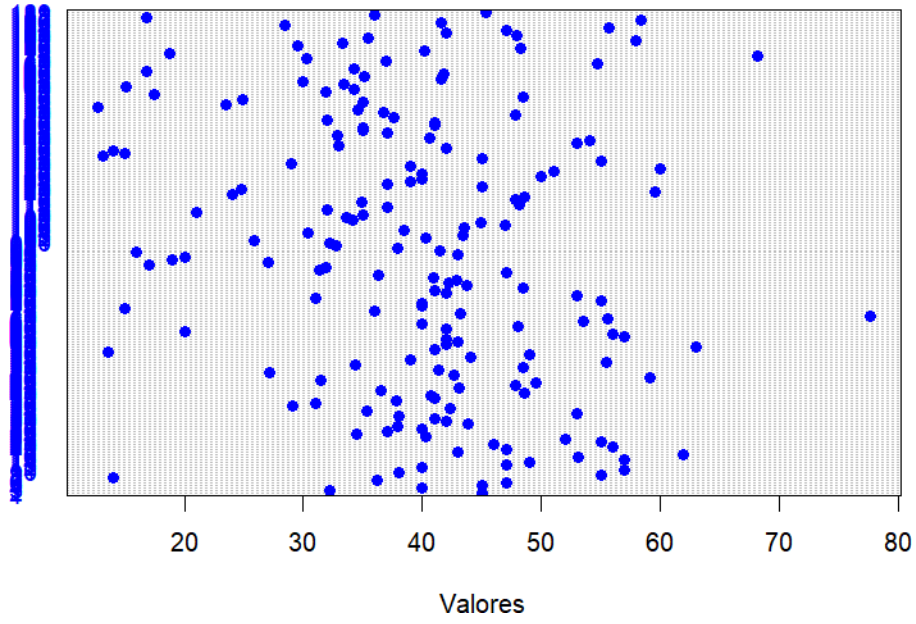


Gráfico de Pontos - Ccau



Micrurus bonita (fêmeas)

Gráfico de Pontos - V

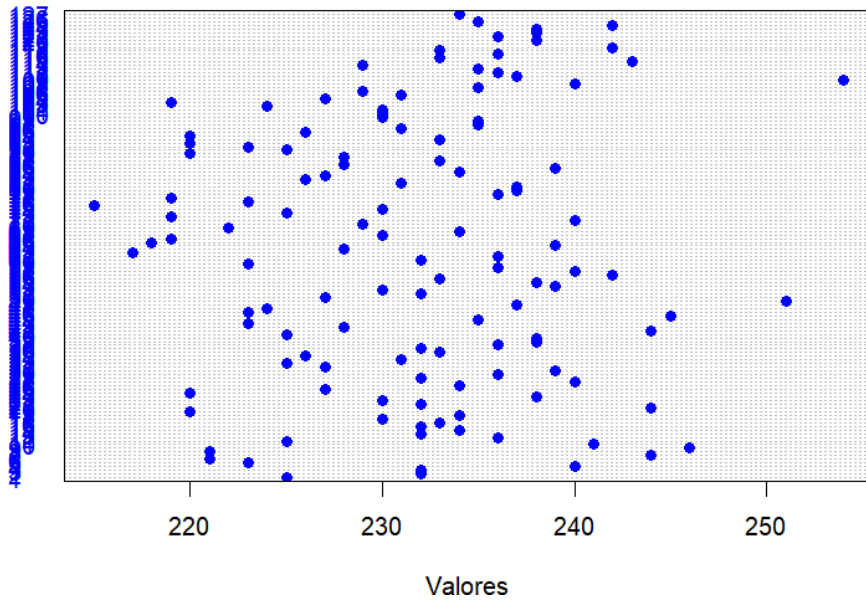


Gráfico de Pontos - SC

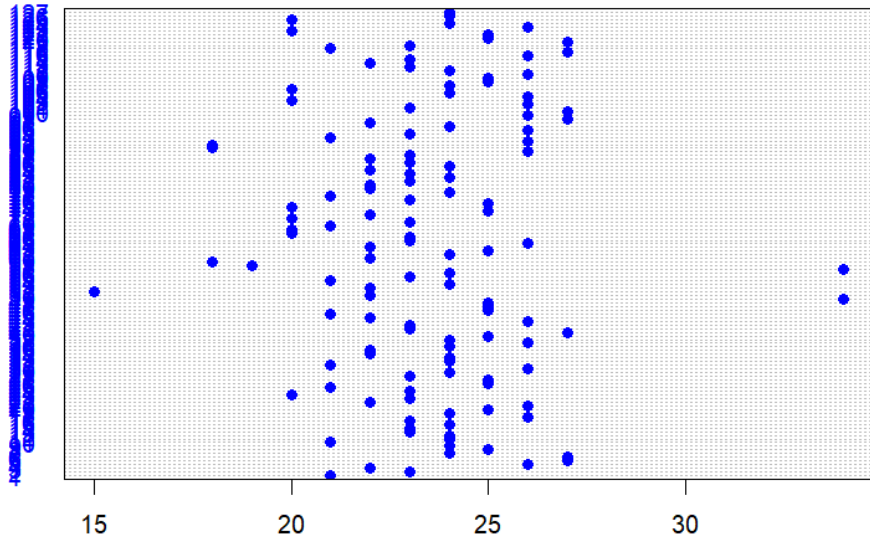


Gráfico de Pontos - TriB

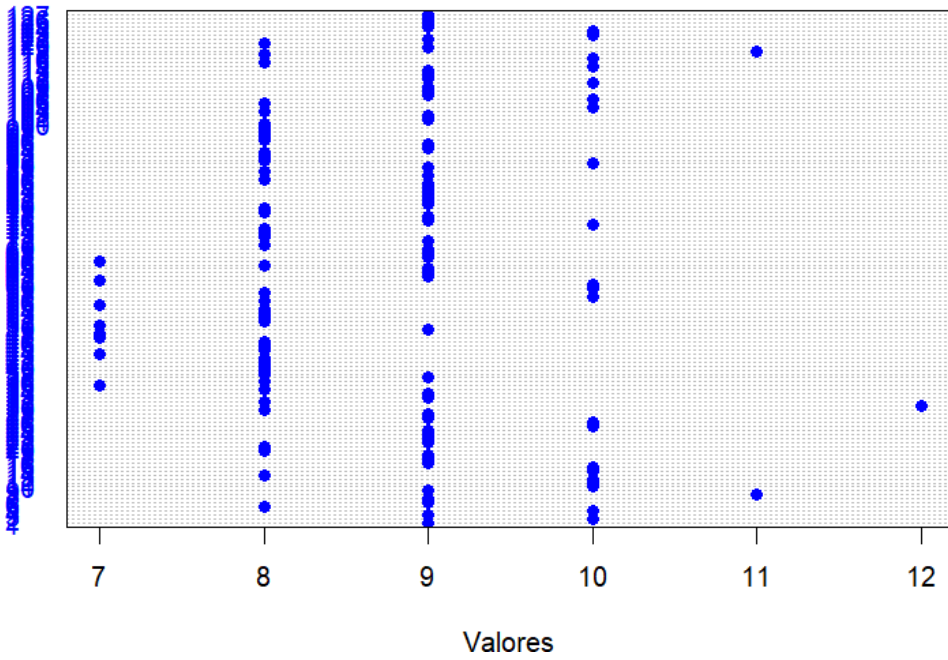


Gráfico de Pontos - CRC

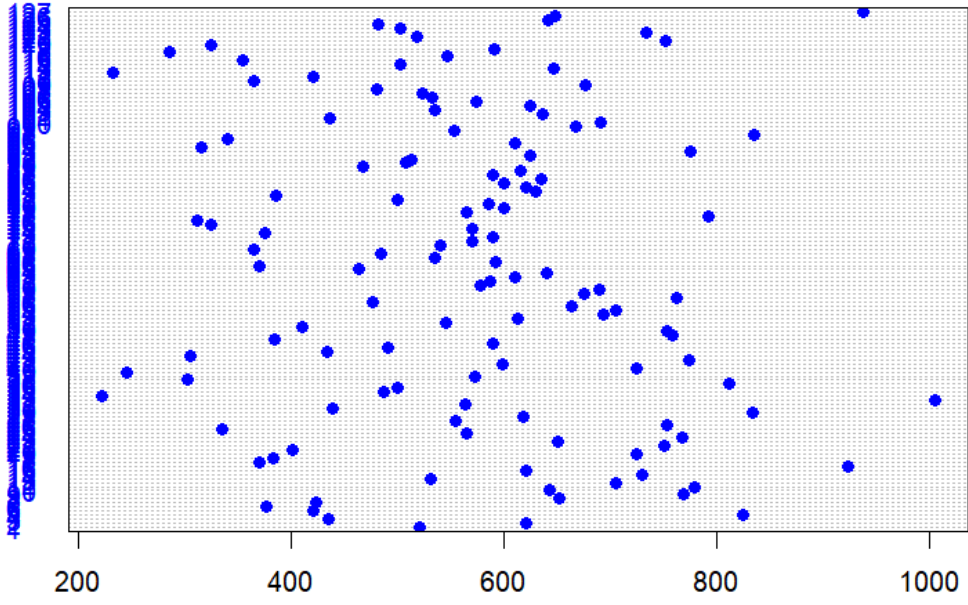


Gráfico de Pontos - Ccab

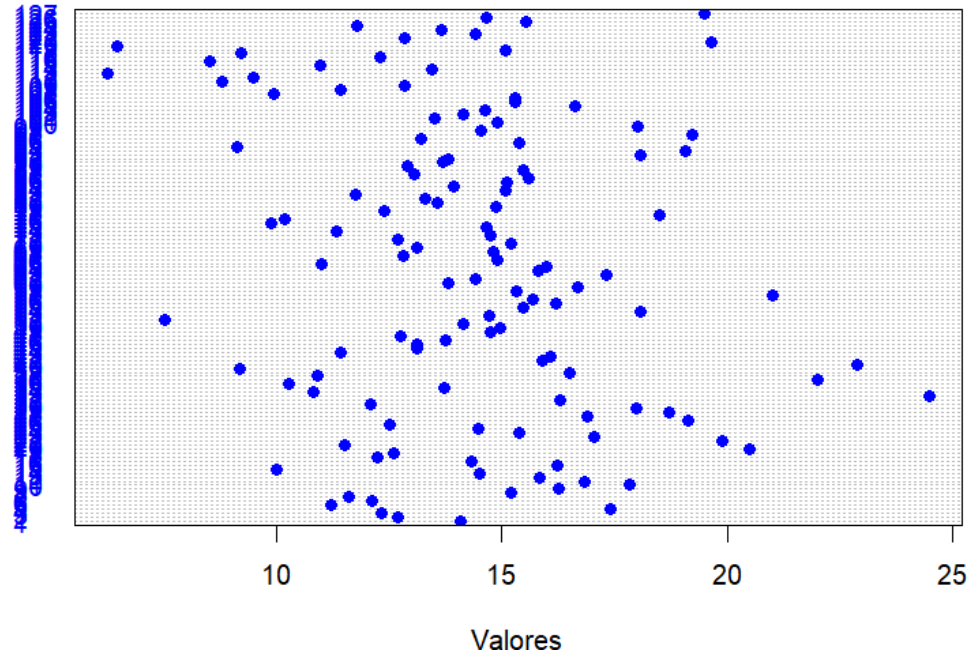
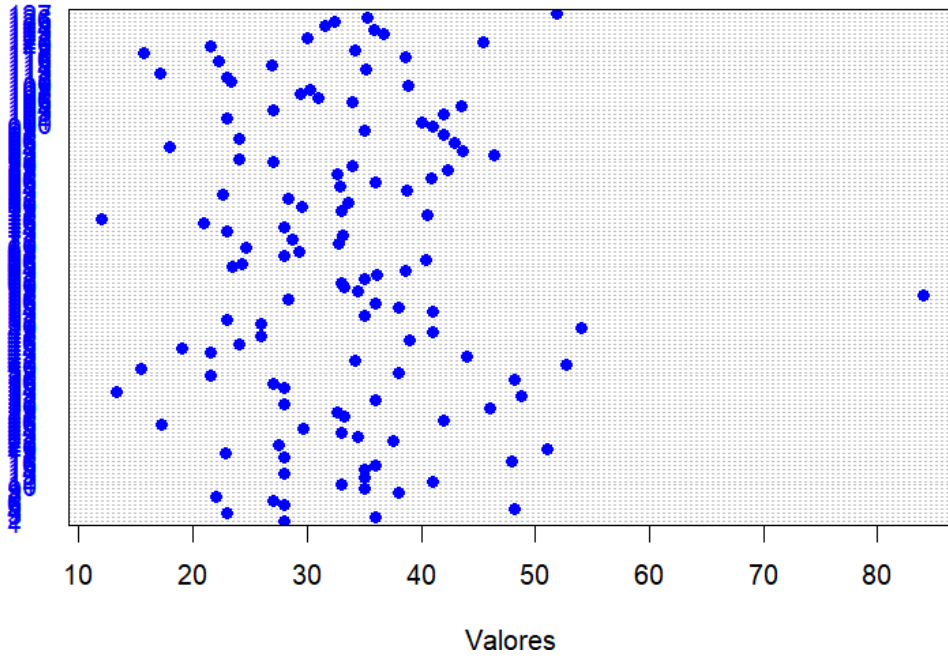


Gráfico de Pontos - Ccau



Micrurus ibiboboca (machos)

Gráfico de Pontos - V

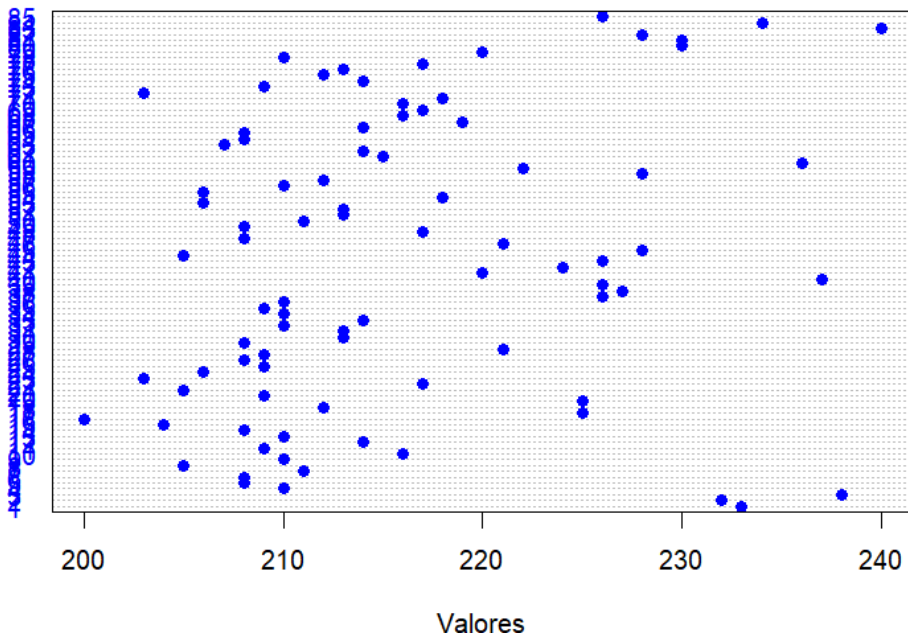


Gráfico de Pontos - SC

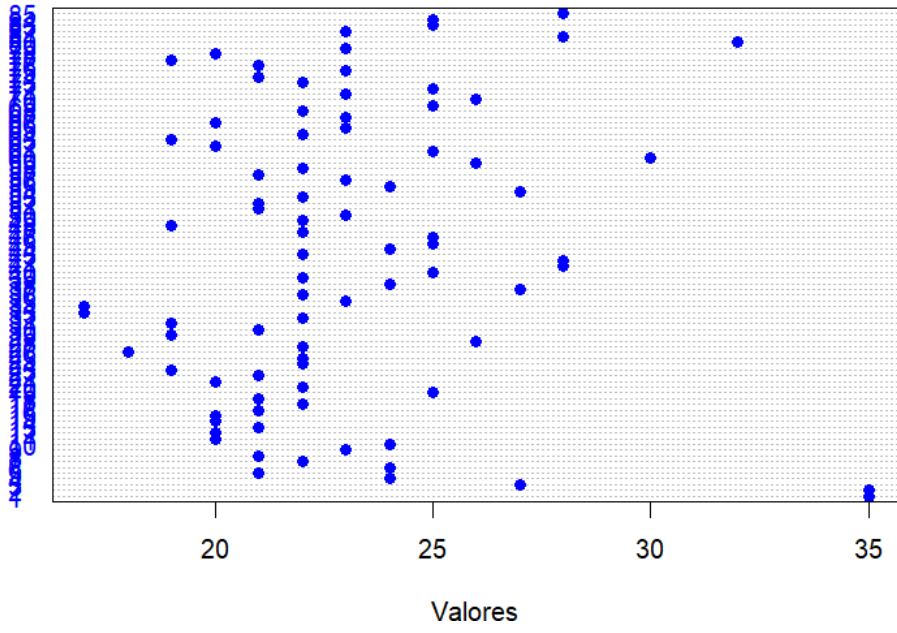


Gráfico de Pontos - TriB

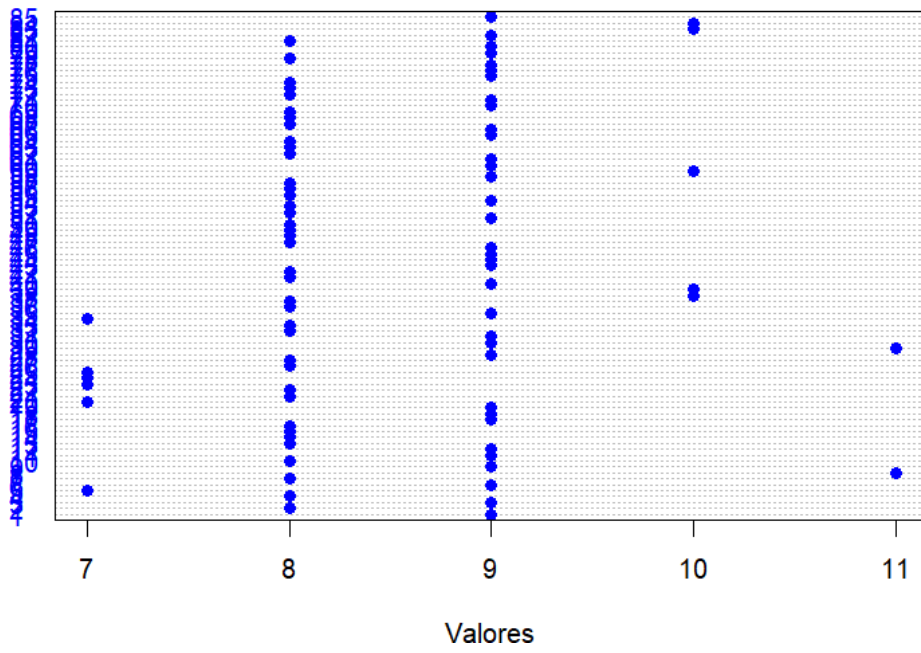


Gráfico de Pontos - CRC

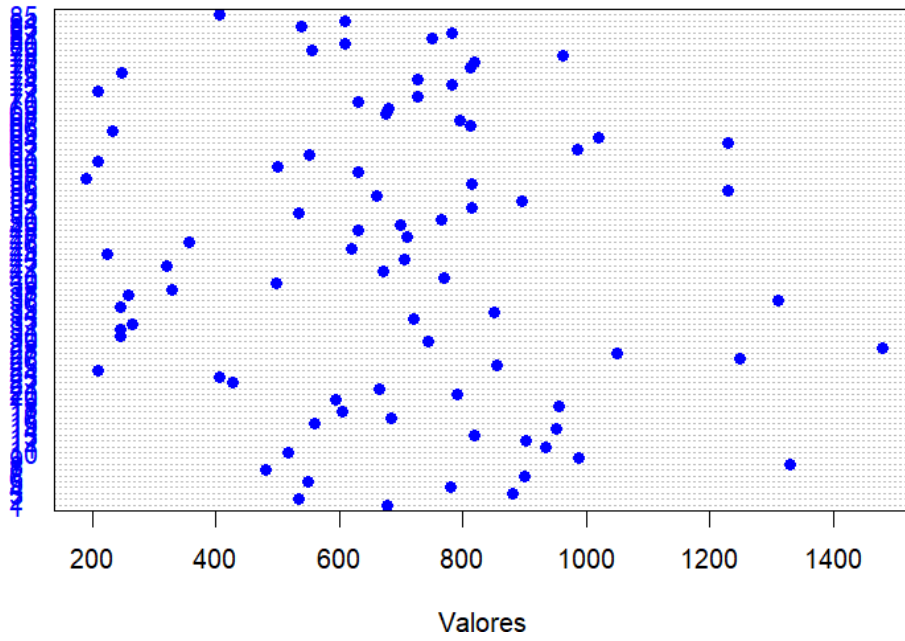


Gráfico de Pontos - Ccab

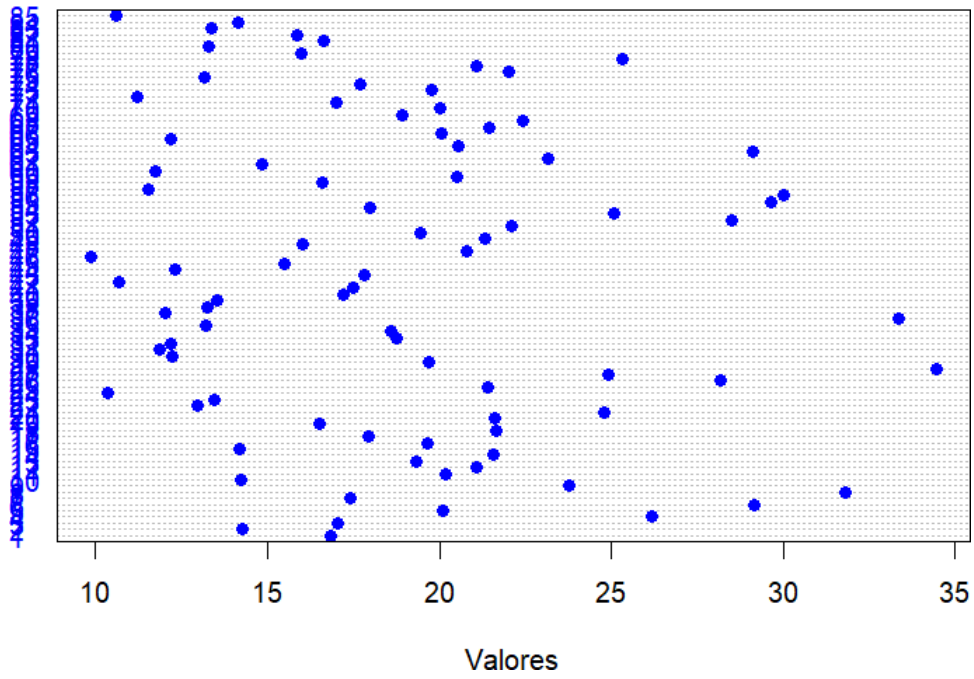
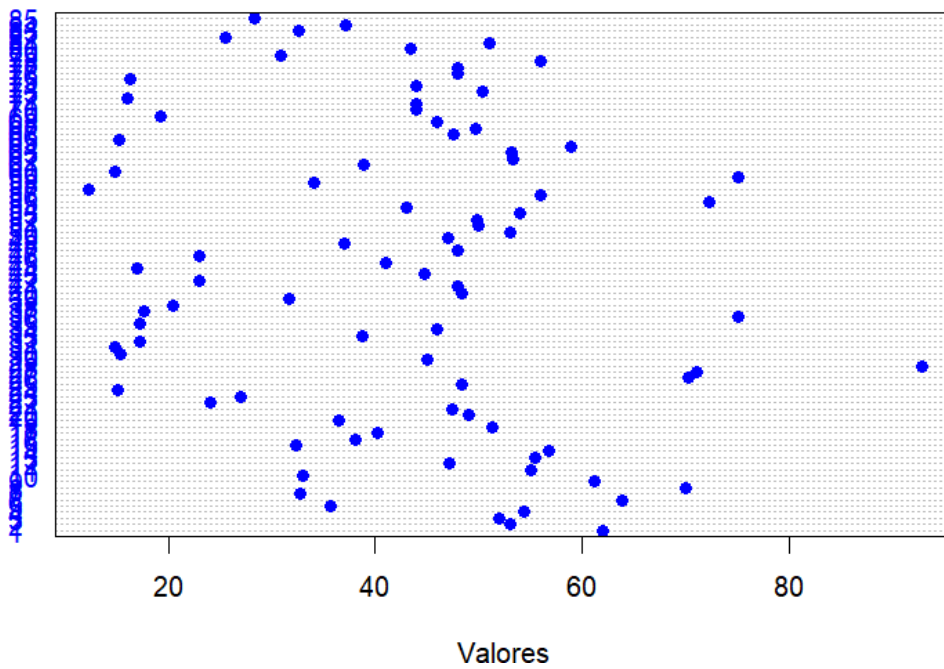


Gráfico de Pontos - Ccau



Micrurus ibiboboca (fêmeas)

Gráfico de Pontos - V

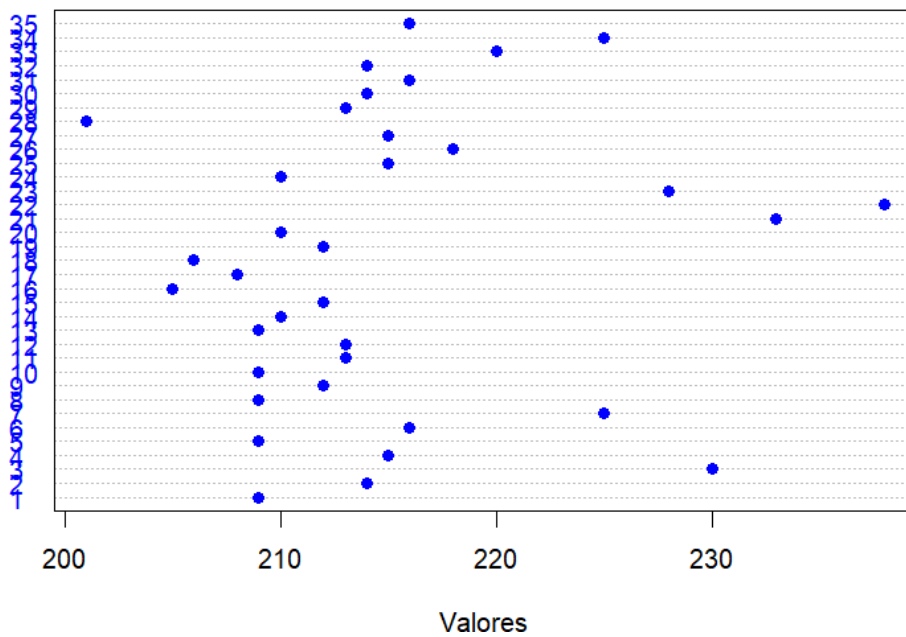


Gráfico de Pontos - CRC

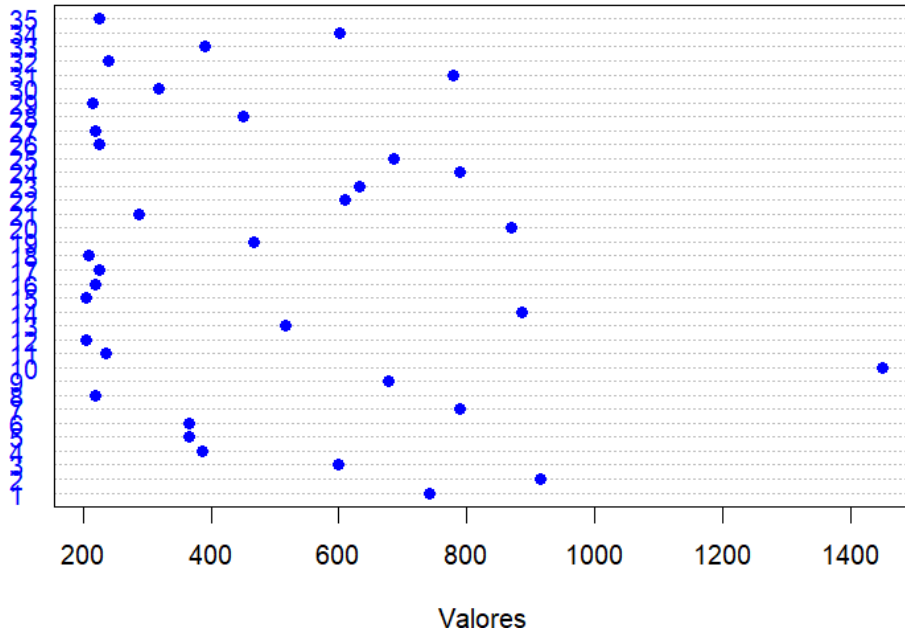


Gráfico de Pontos - Ccab

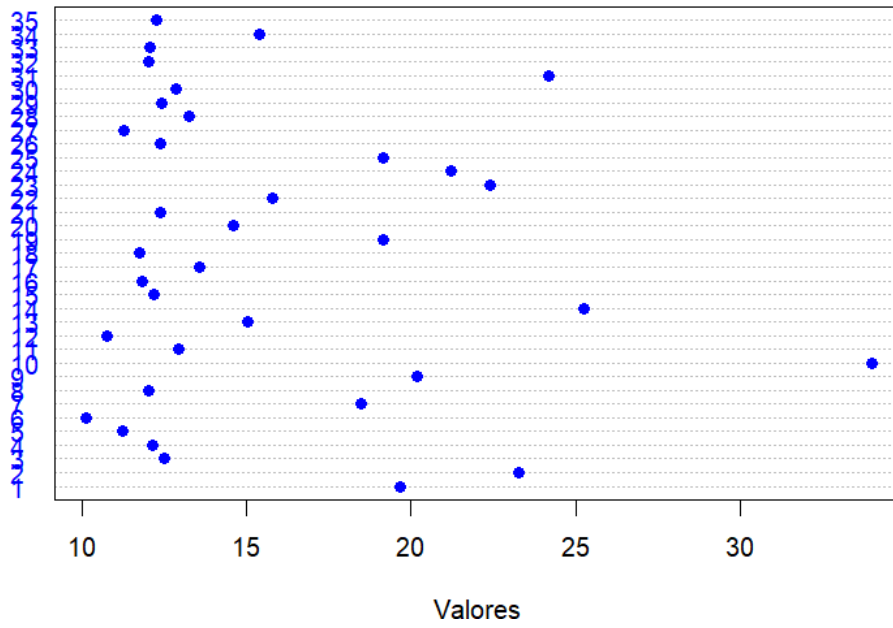
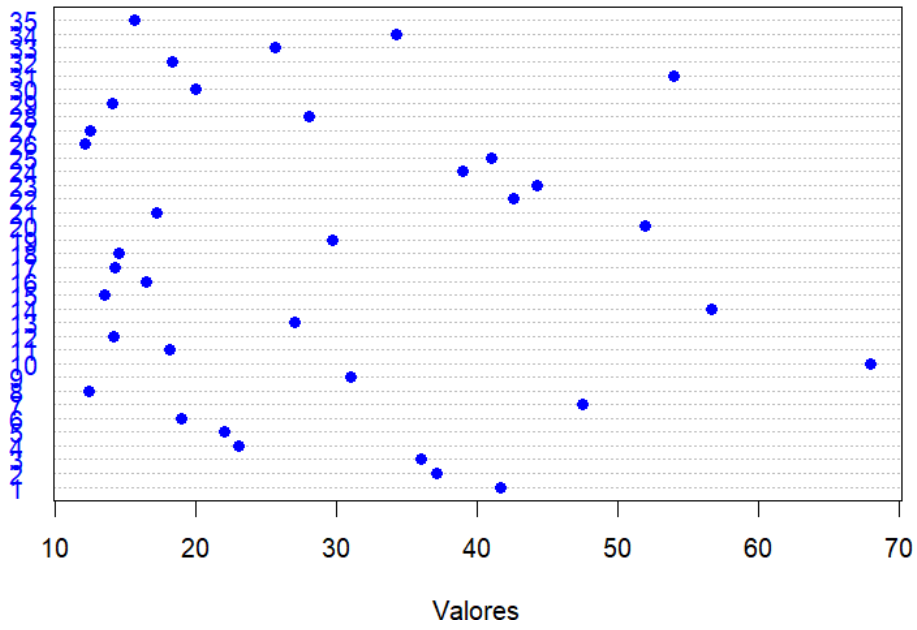


Gráfico de Pontos - Ccau



Micrurus janisrozei (machos)

Gráfico de Pontos - V

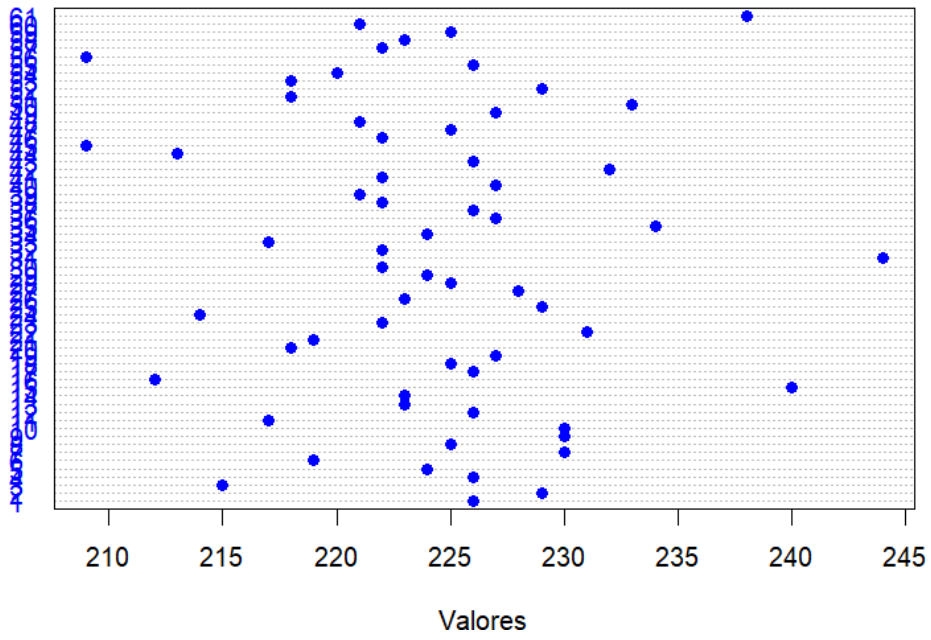


Gráfico de Pontos - SC

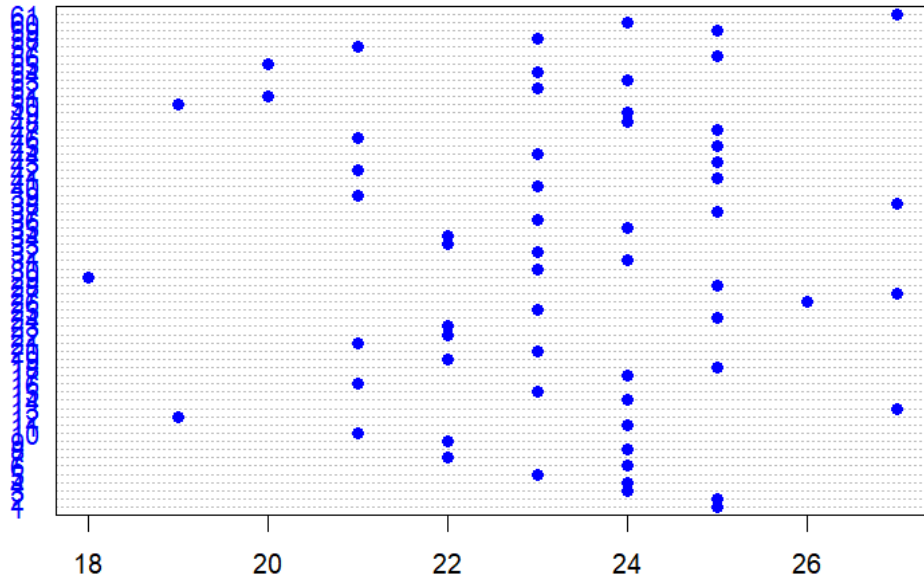


Gráfico de Pontos - TriB

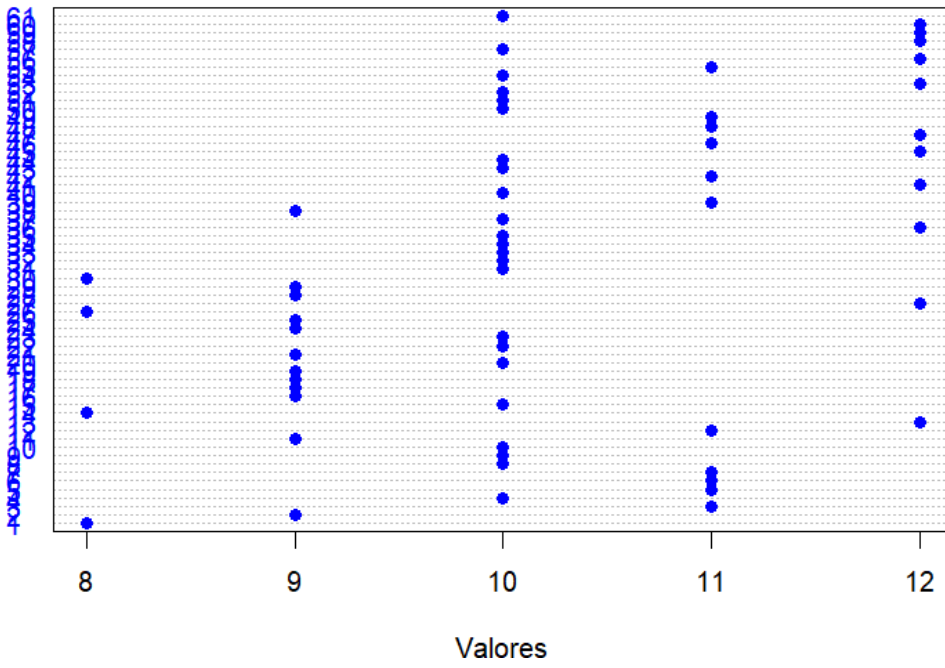
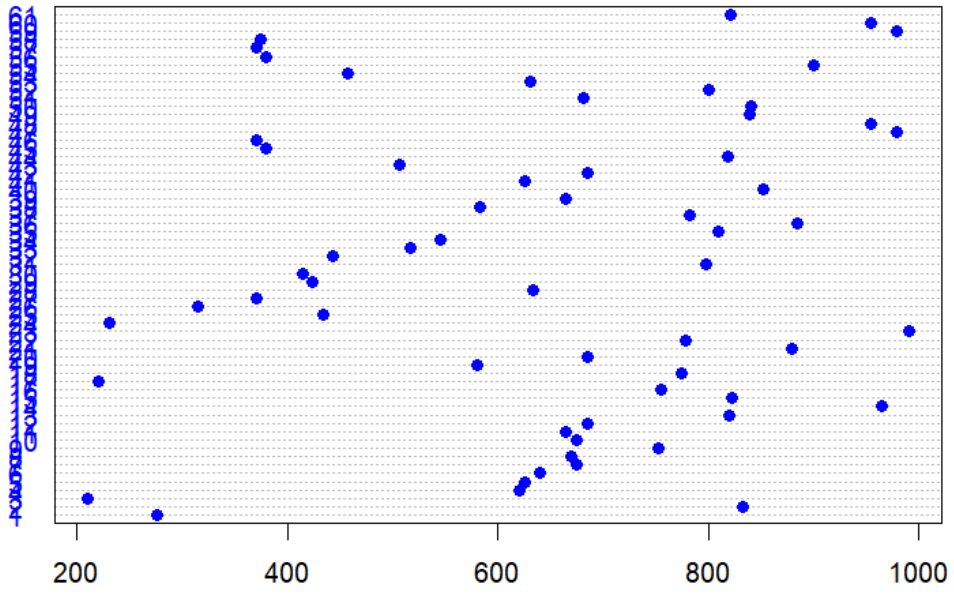


Gráfico de Pontos - CRC



Valores
Gráfico de Pontos - Ccab

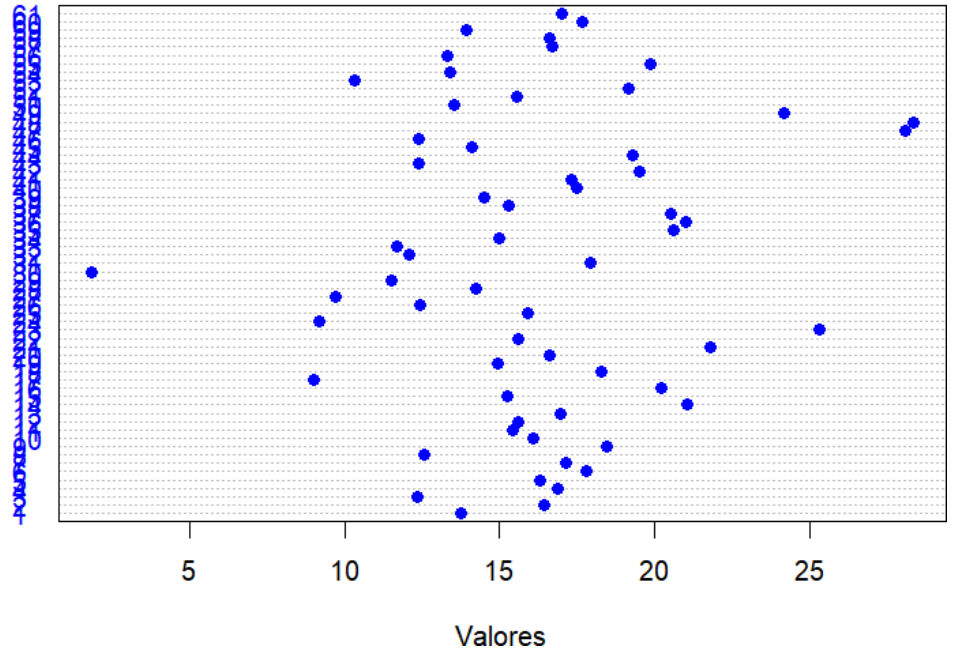
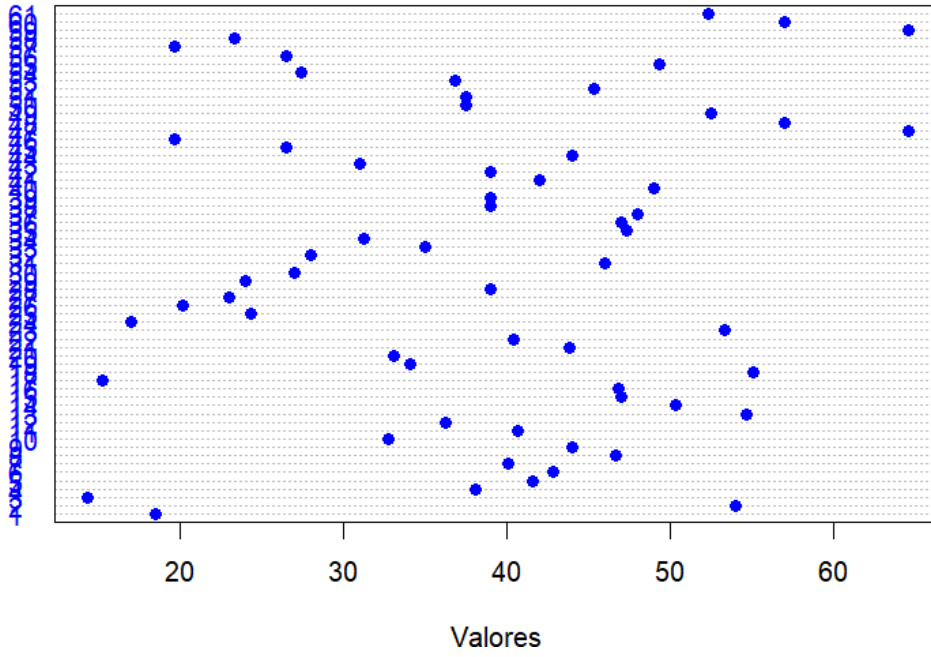


Gráfico de Pontos - Ccau



Micrurus janisrozei (fêmeas)

Gráfico de Pontos - V

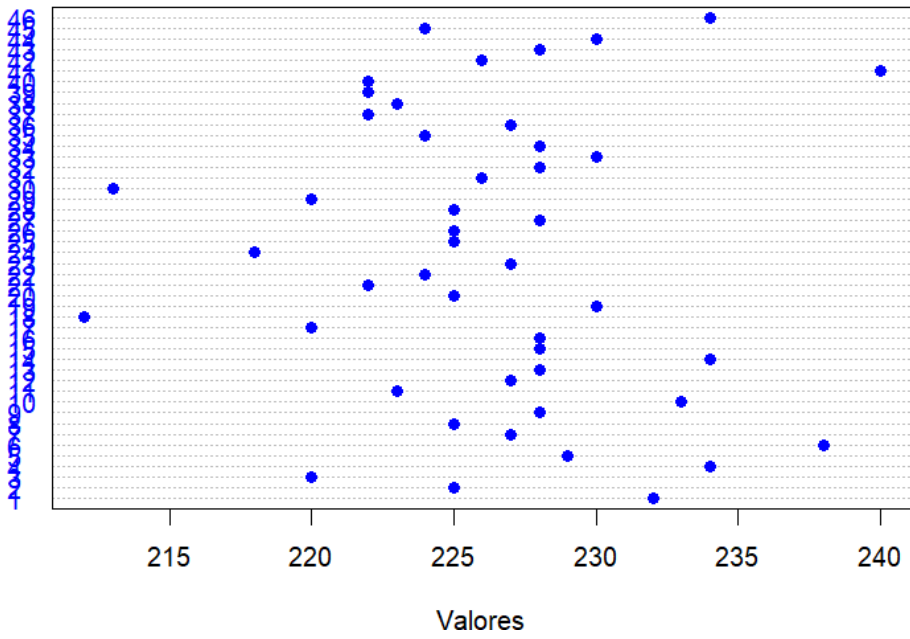


Gráfico de Pontos - CRC

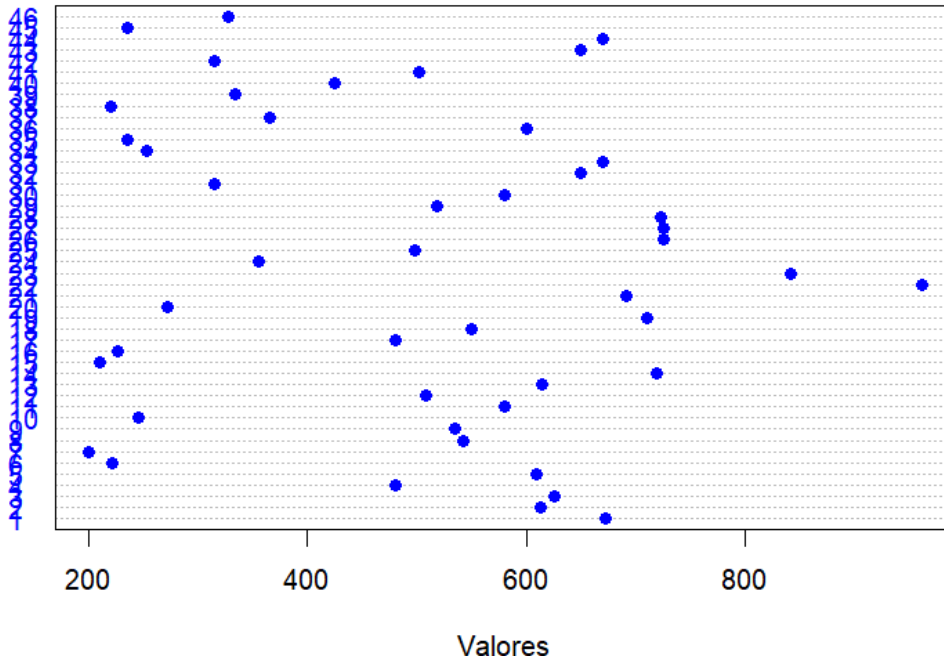
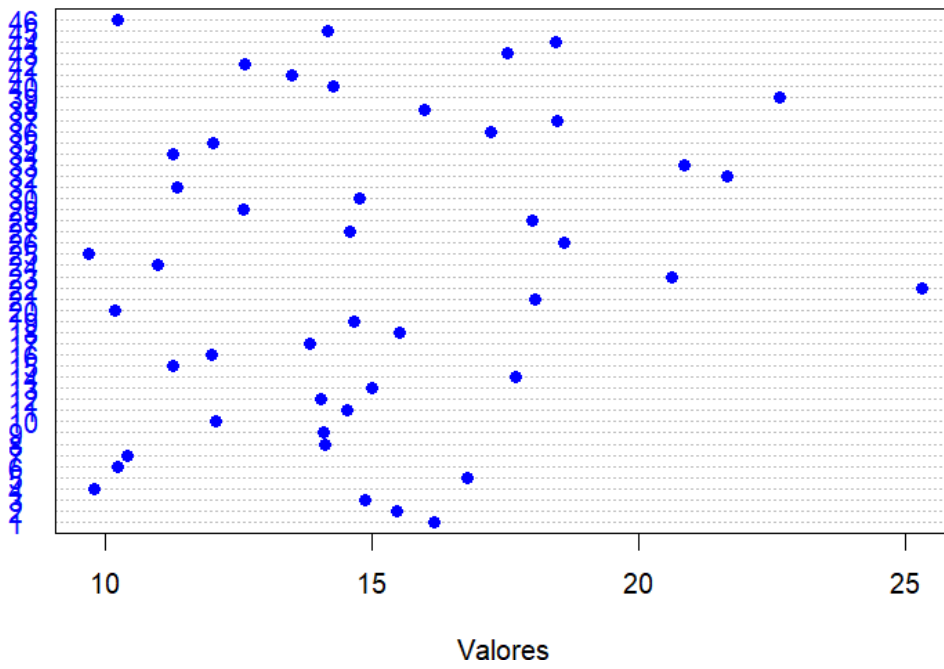
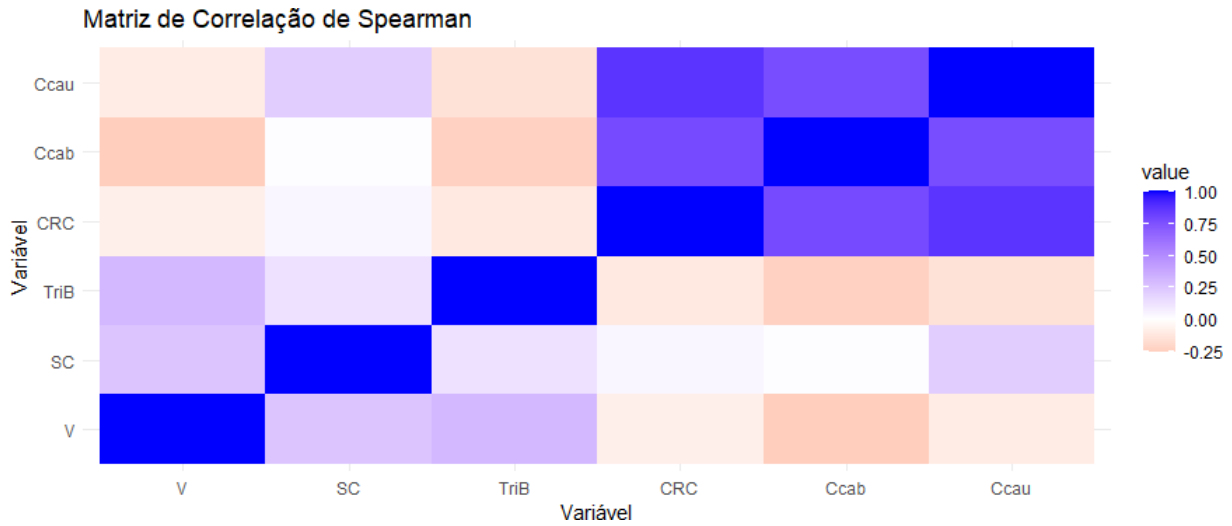


Gráfico de Pontos - Ccab

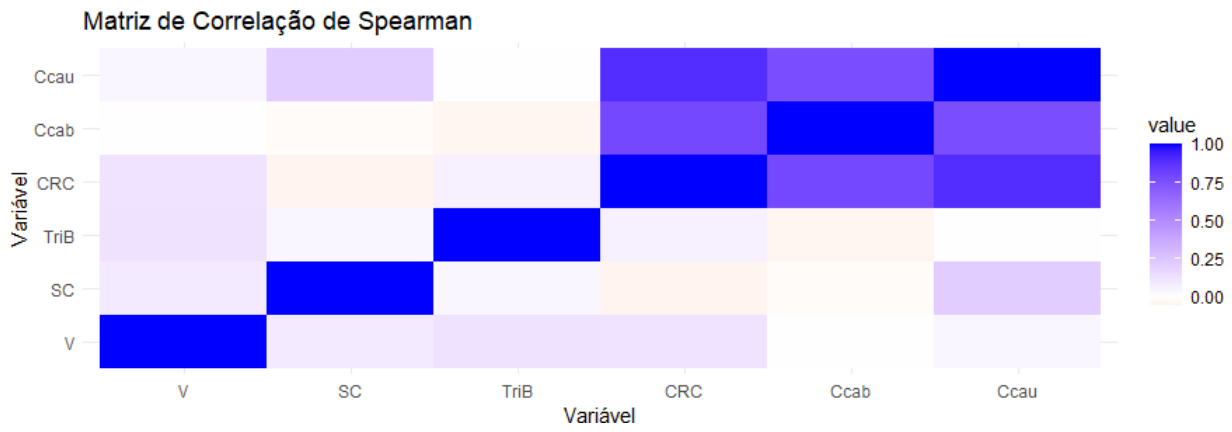


Correlação de Spearman – Figuras 43 a 48

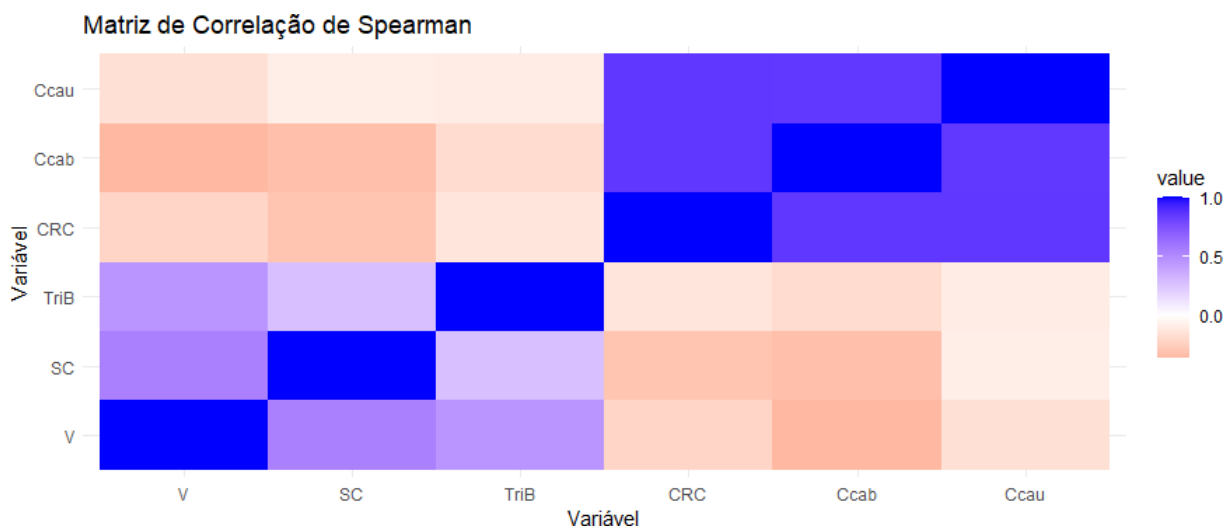
Micrurus bonita (machos)



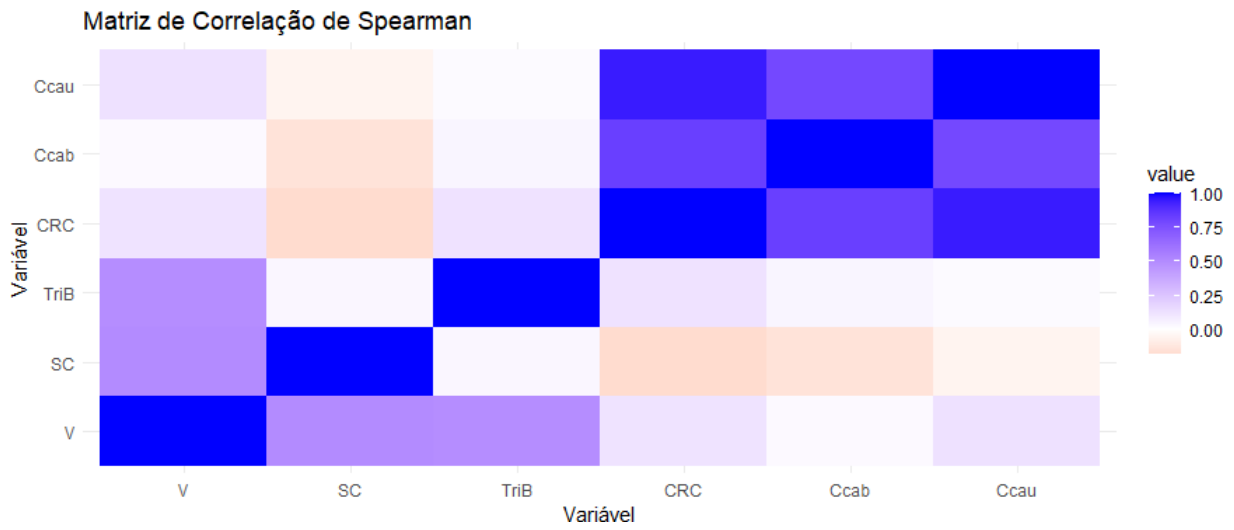
Micrurus bonita (fêmeas)



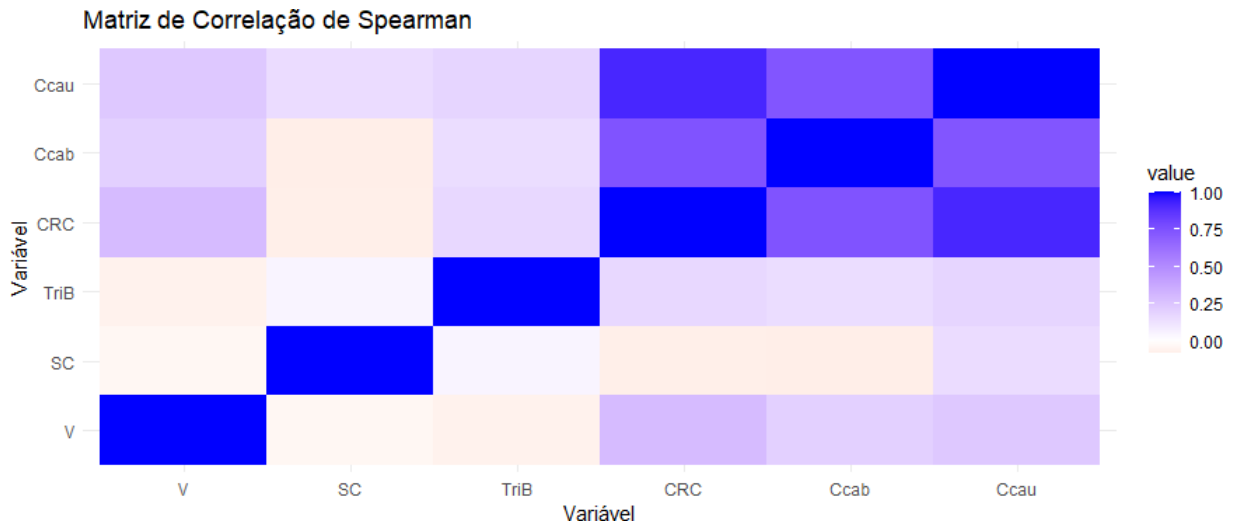
Micrurus ibiboboca (machos)



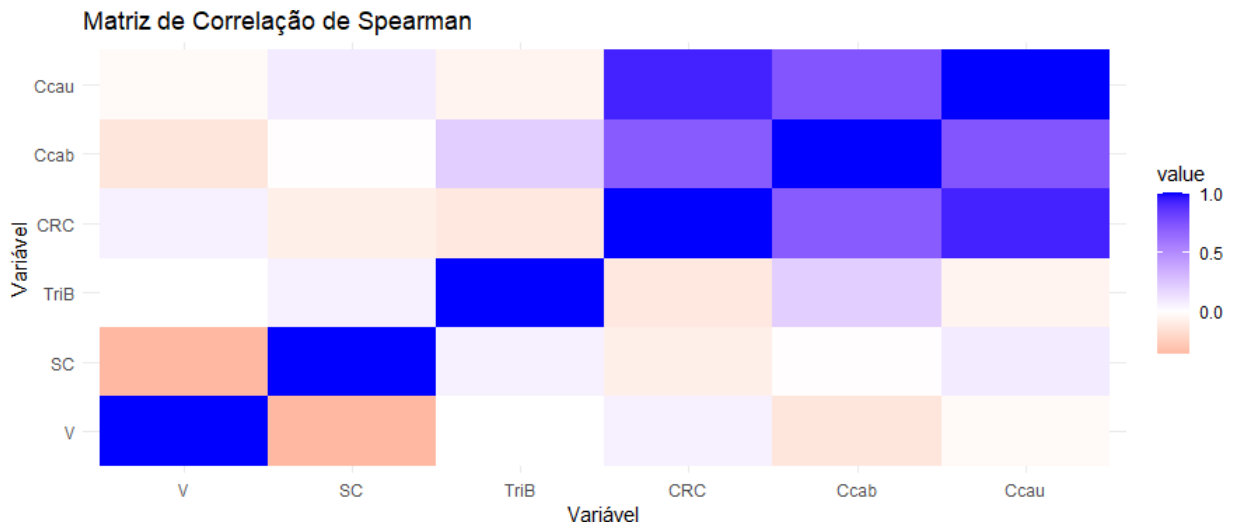
Micrurus ibiboboca (fêmeas)



Micrurus janisrozei (machos)



Micrurus janisrozei (fêmeas)



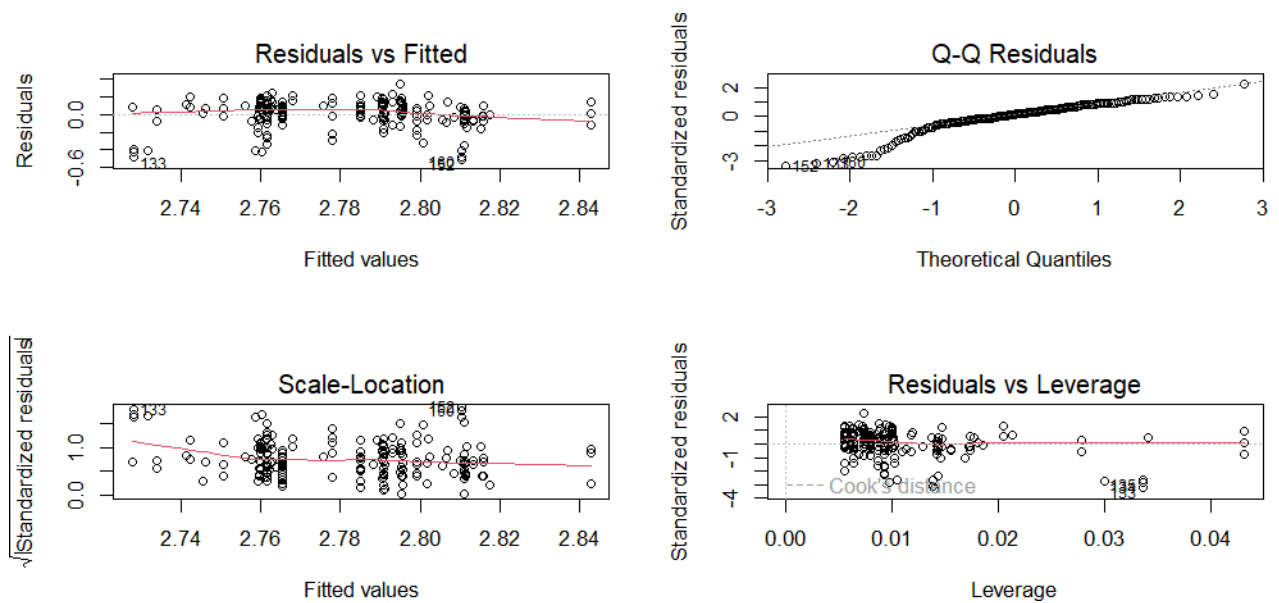
Resultados do VIF

Tabela 5. Resultados do VIF para cada variável

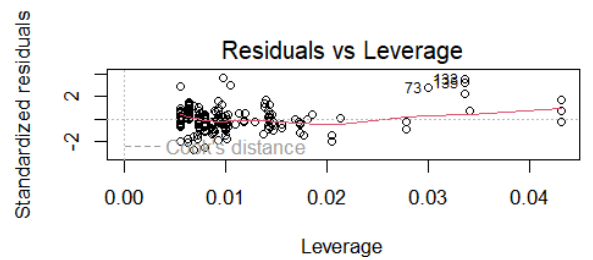
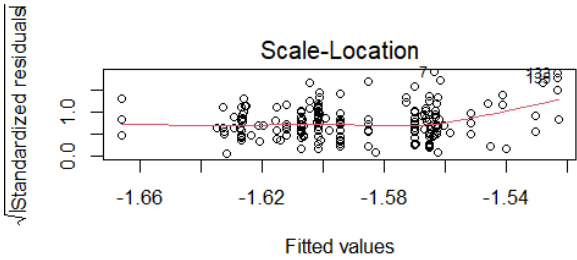
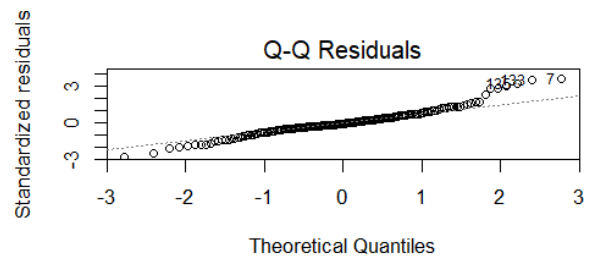
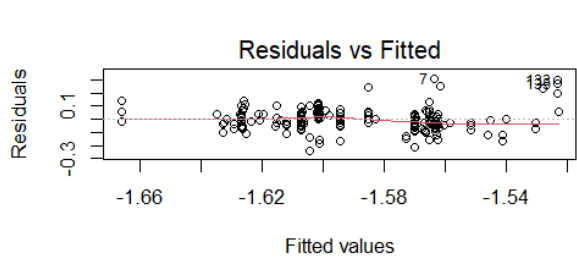
Variáveis	<i>M. bonita</i>		<i>M. ibiboboca</i>		<i>M. janisrozei</i>	
	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas
V	1,2152	1,1453	2,6136	1,9891	1,2349	1,2877
SC	1,2472	1,5268	2,1689	2,5414	1,9156	2,1476
TriB	1,1752	1,0319	1,2687	1,4122	1,0932	1,2619
CRC	1,7379	1,8255	2,8634	2,9757	2,1428	2,8712
Ccab	1,7068	1,9437	3,0021	3,1459	1,7812	3,2413
Ccau	1,2992	1,532	1,4476	2,3099	2,3126	2,6007

Análise de resíduos da regressão – Figuras 49 a 84

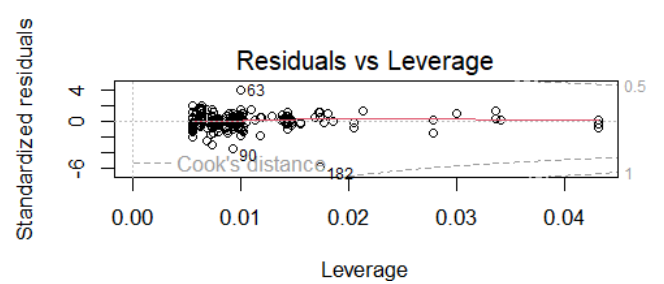
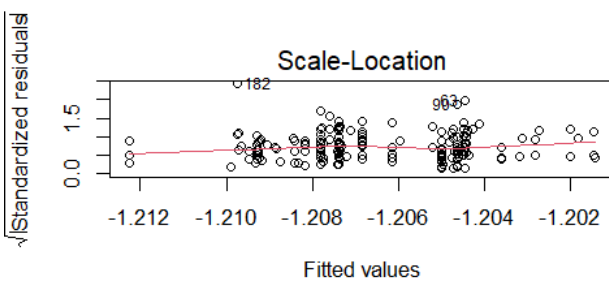
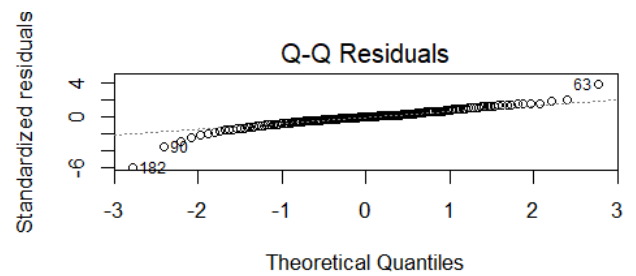
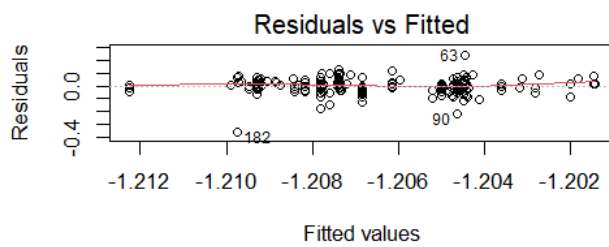
Micrurus bonita (machos)



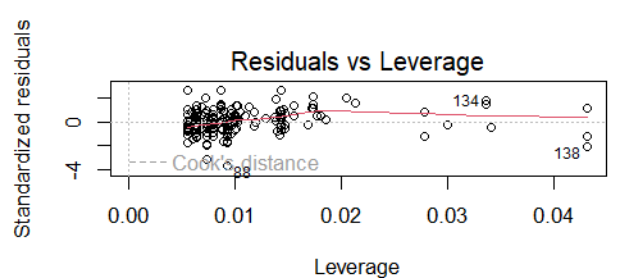
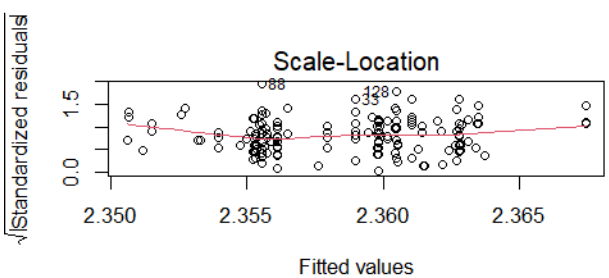
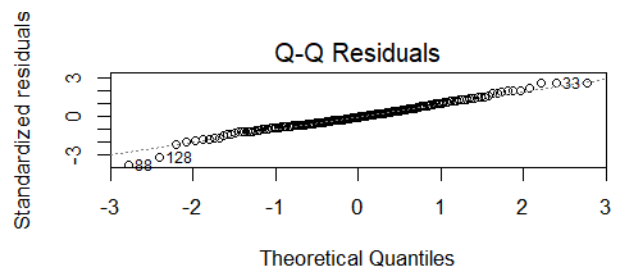
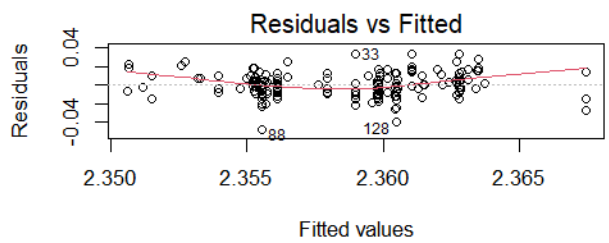
CRC



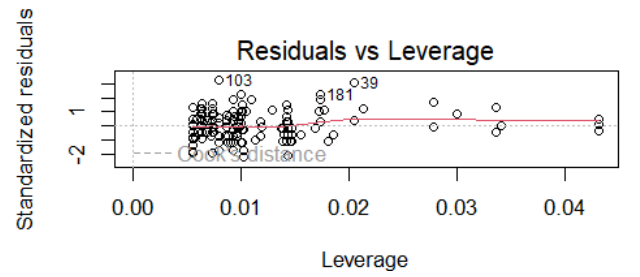
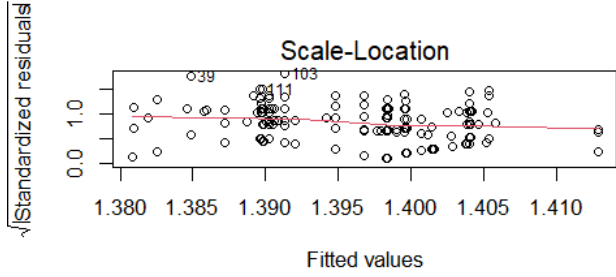
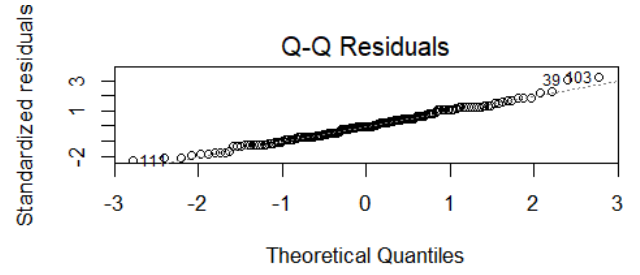
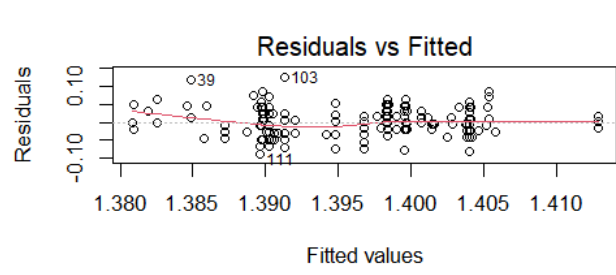
Ccab



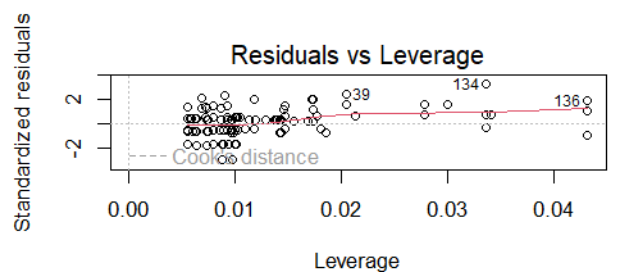
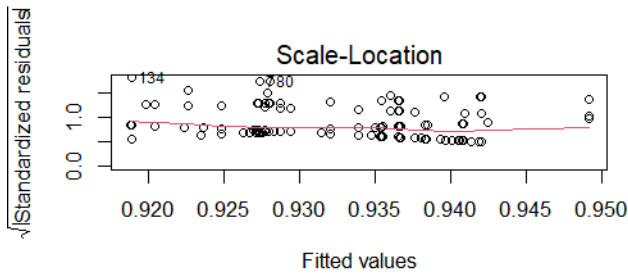
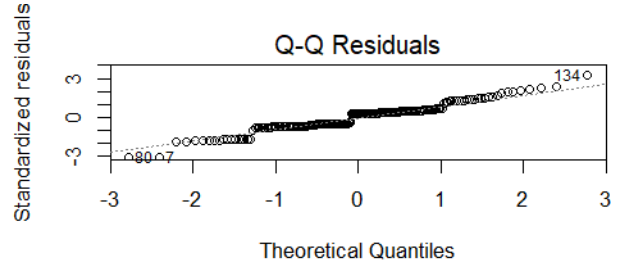
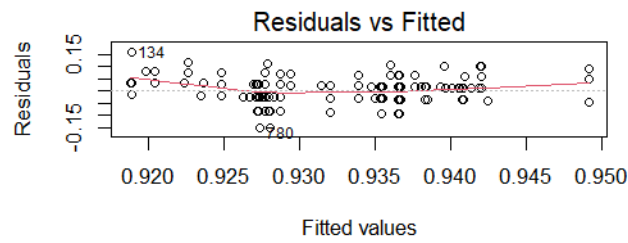
Ccau



V

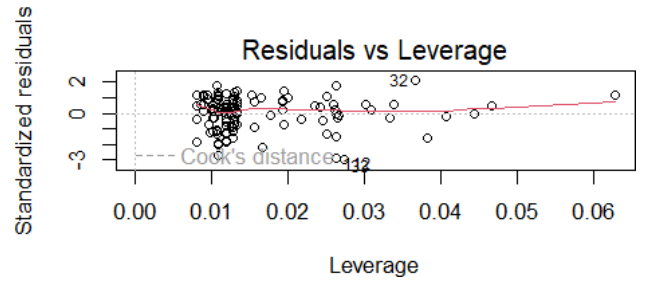
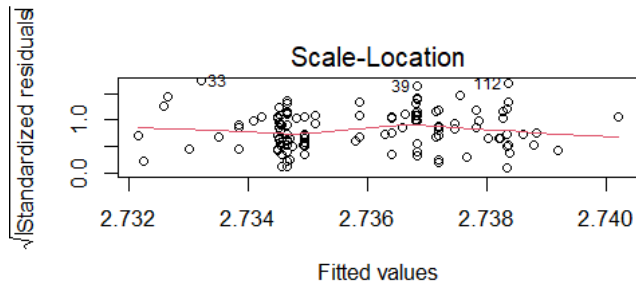
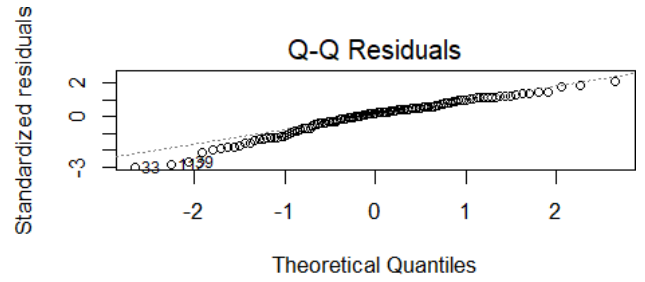
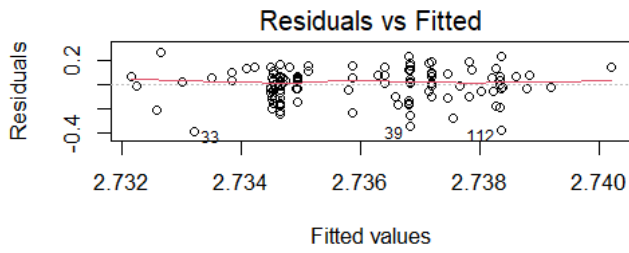


SC

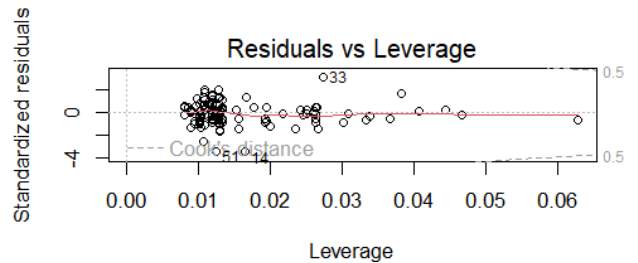
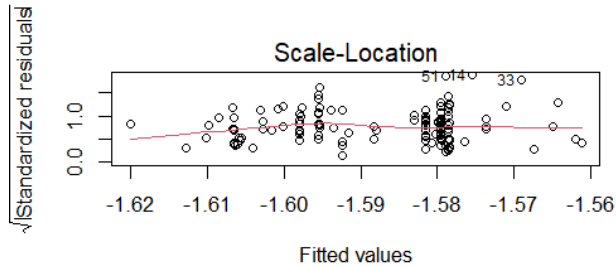
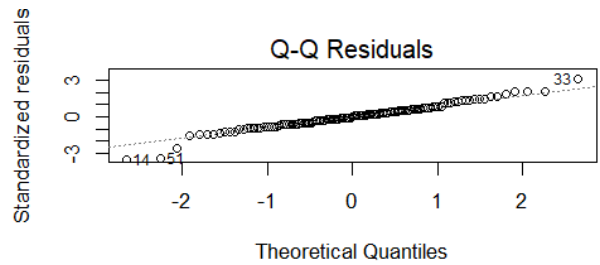
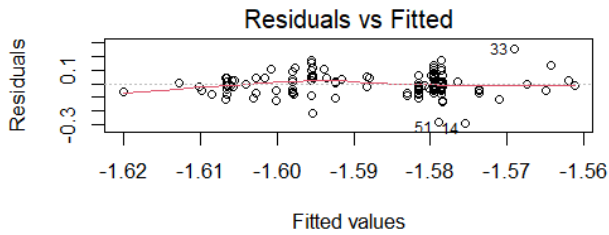


TriB

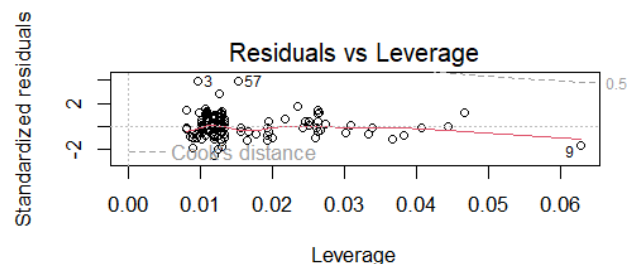
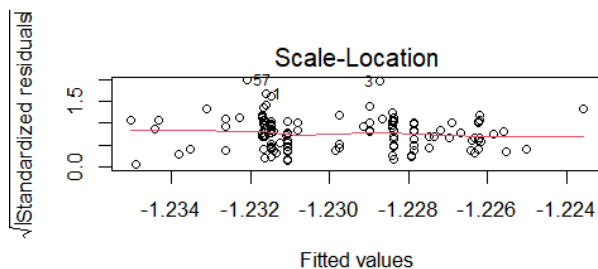
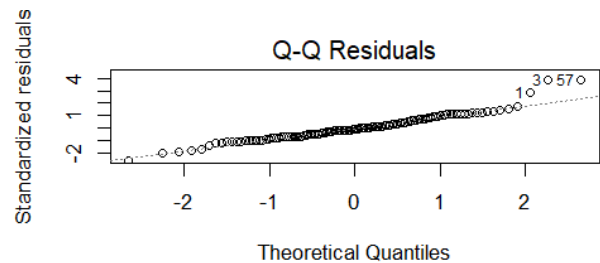
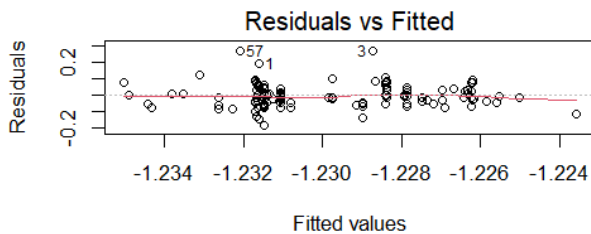
Micrurus bonita (fêmeas)

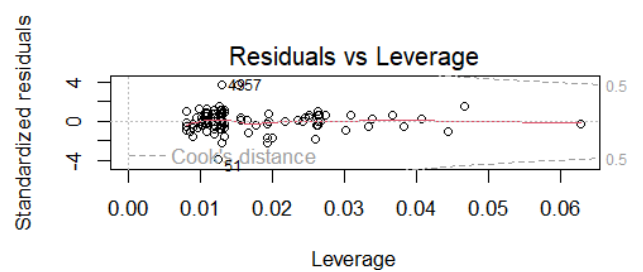
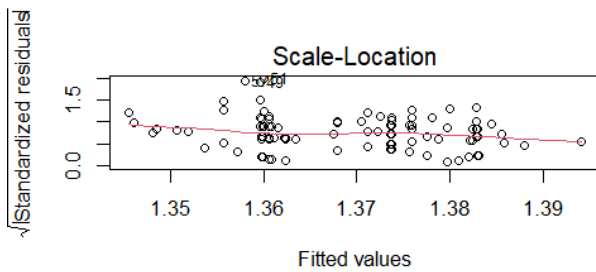
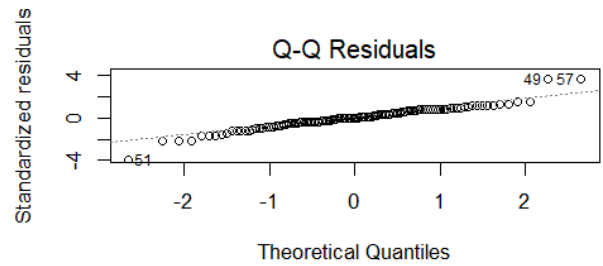
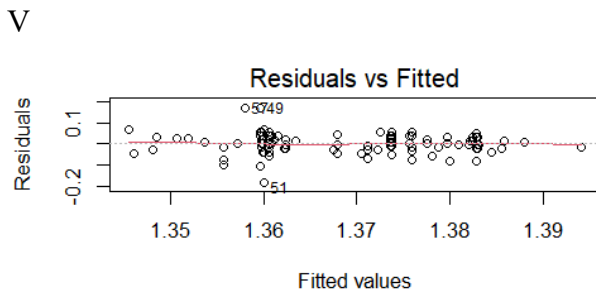
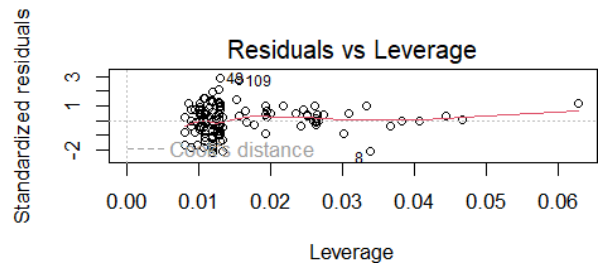
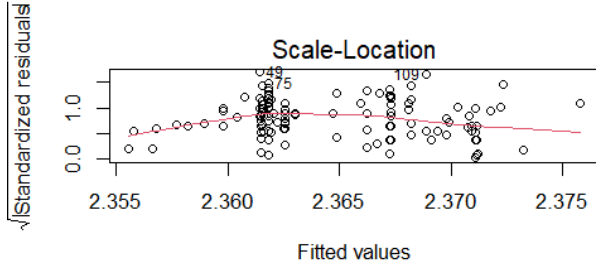
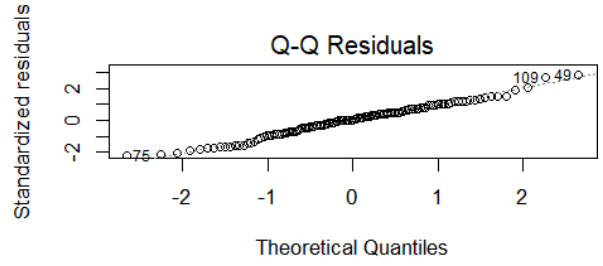
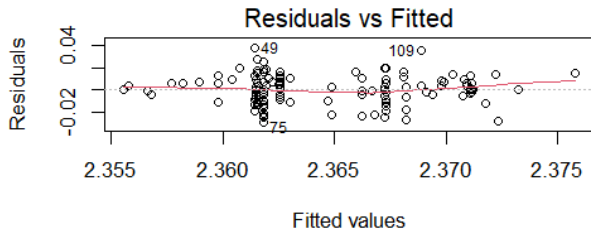


CRC

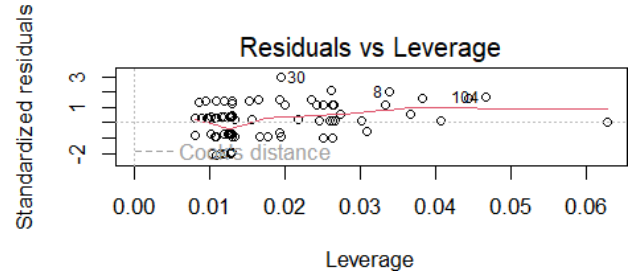
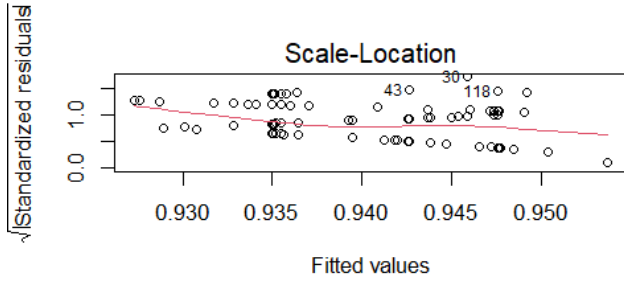
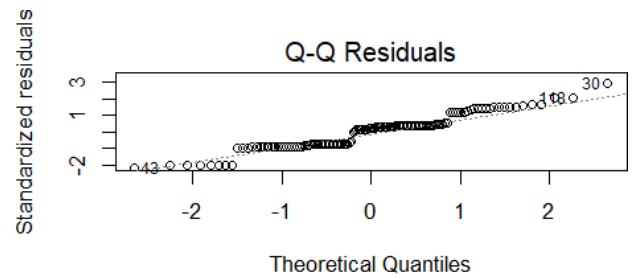
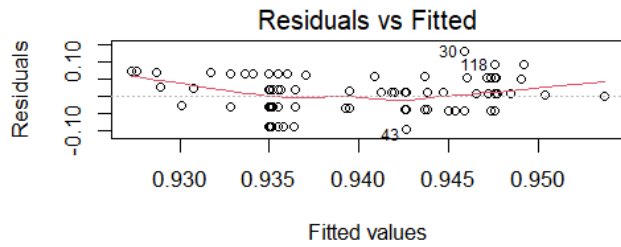


CRCxCcab



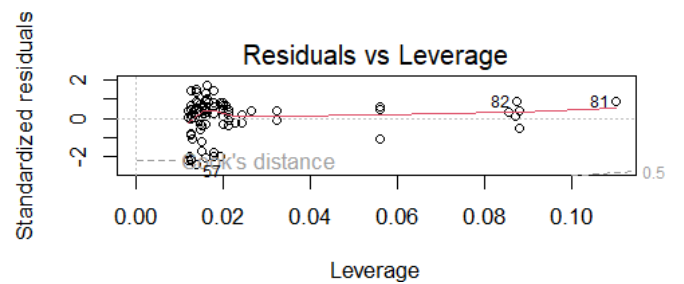
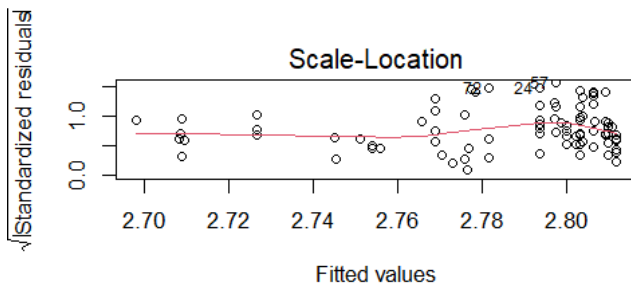
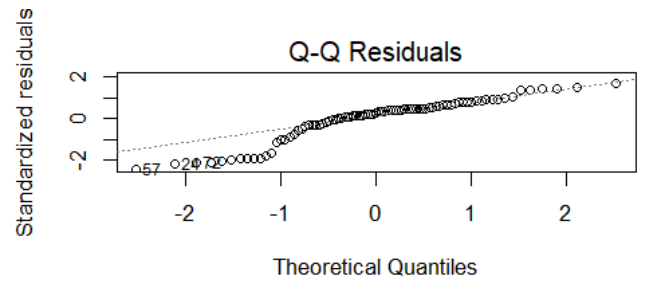
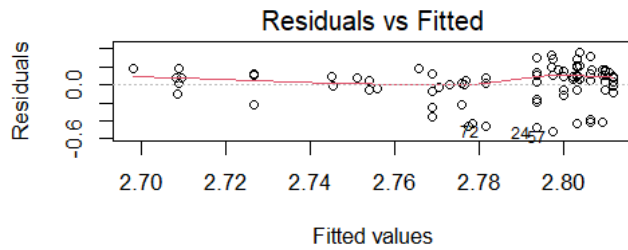


SC

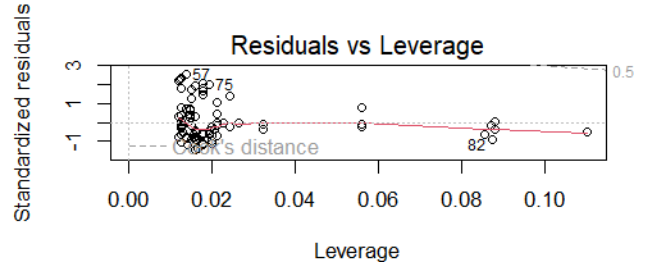
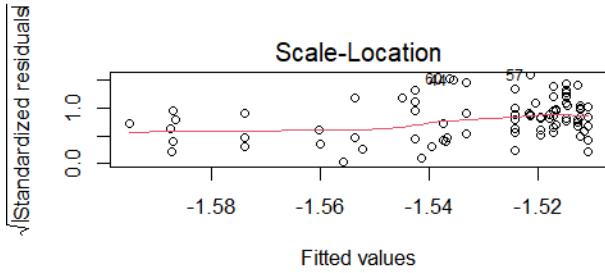
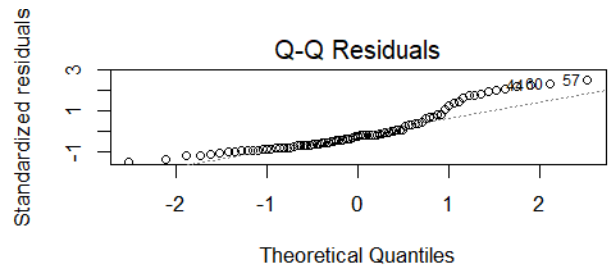
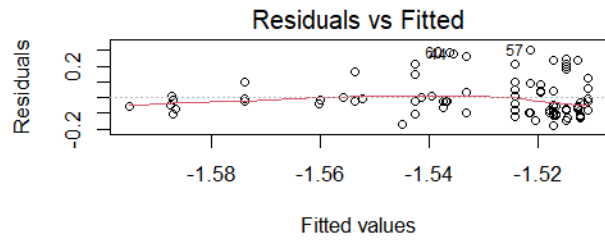


TriB

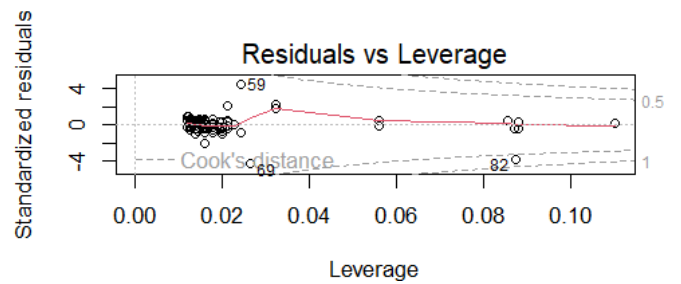
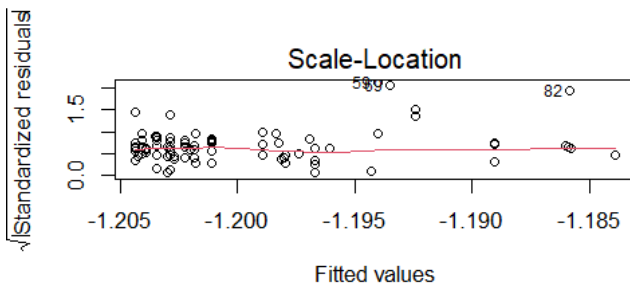
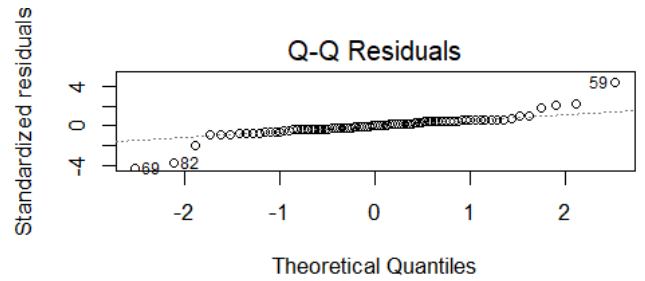
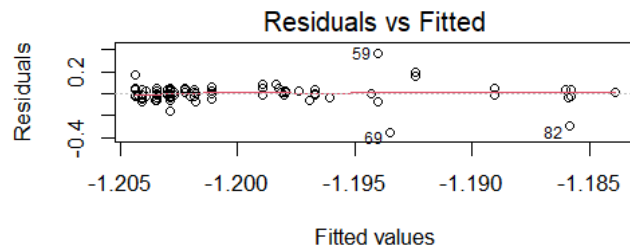
Micrurus ibiboboca (machos)



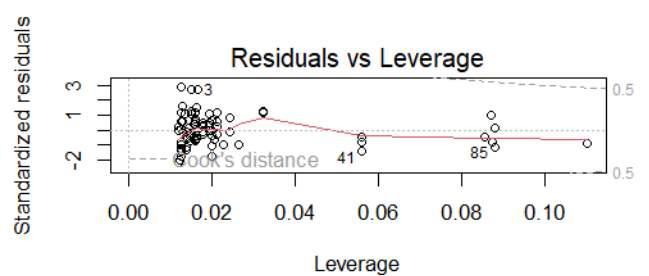
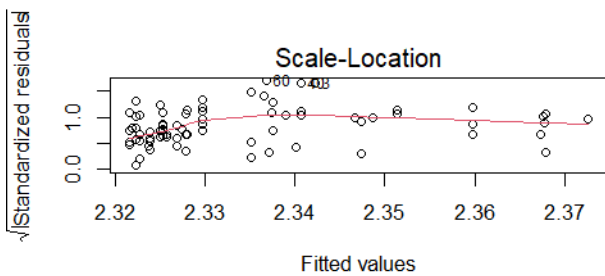
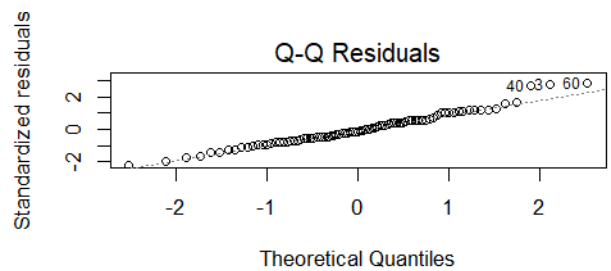
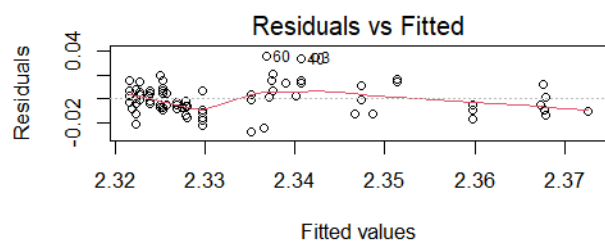
CRC



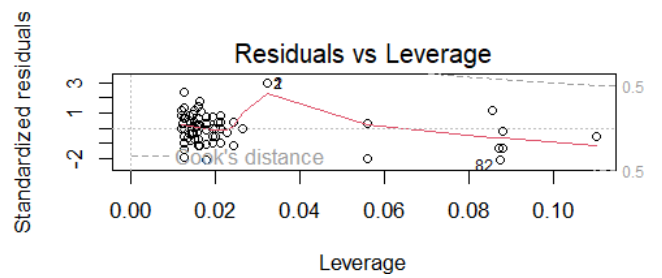
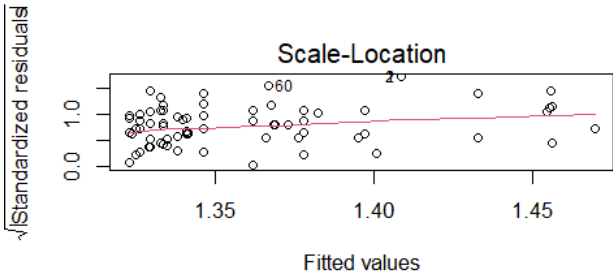
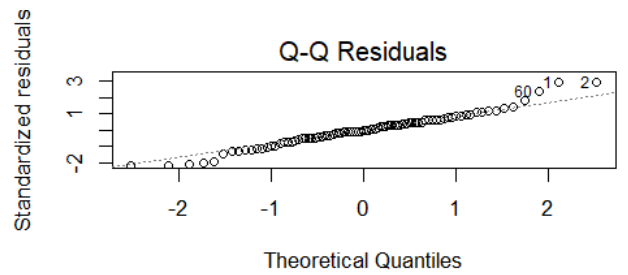
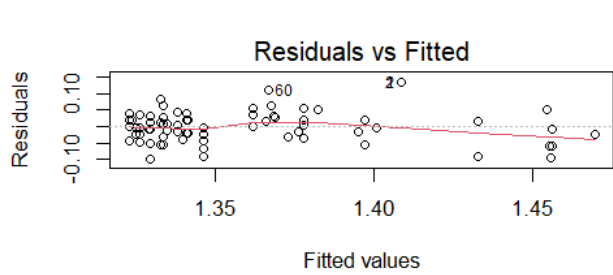
Ccab



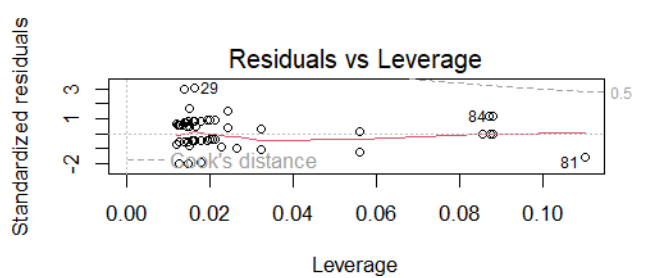
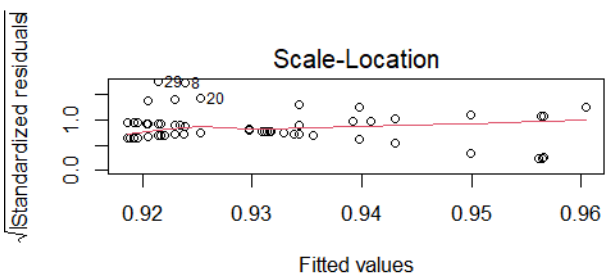
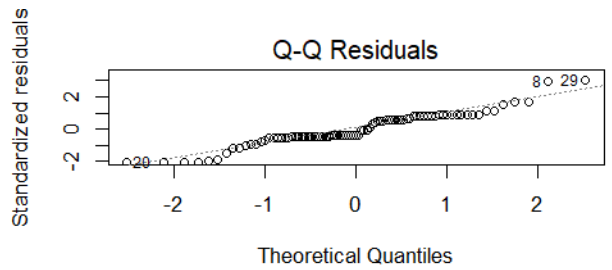
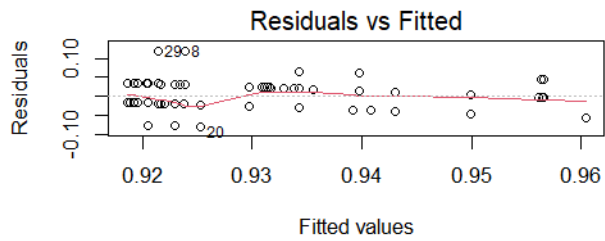
Ccau



V

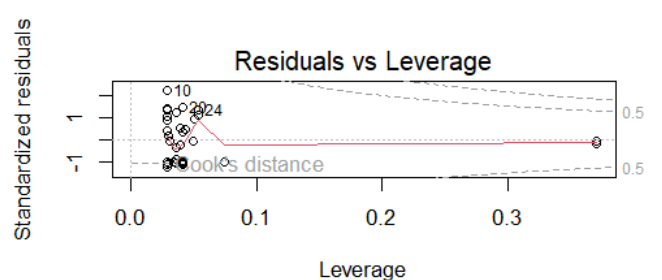
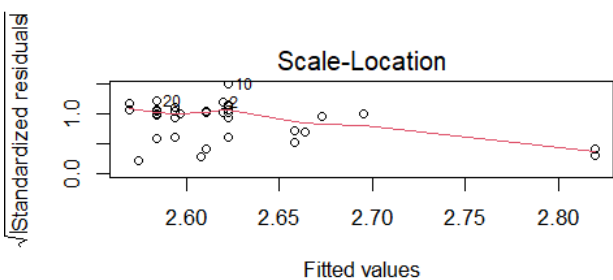
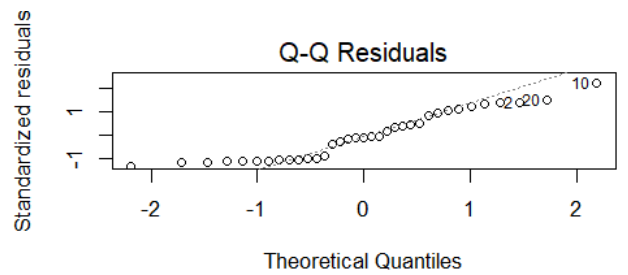
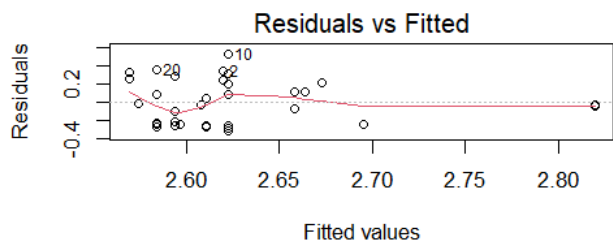


SC

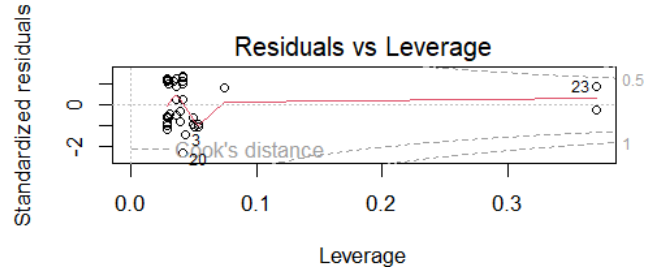
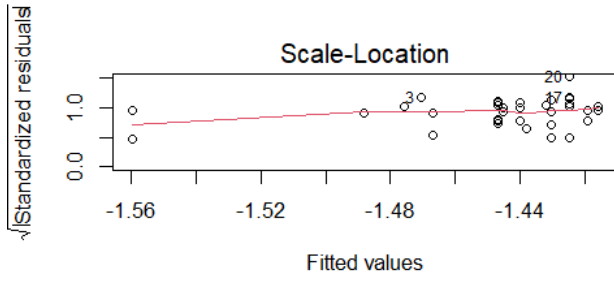
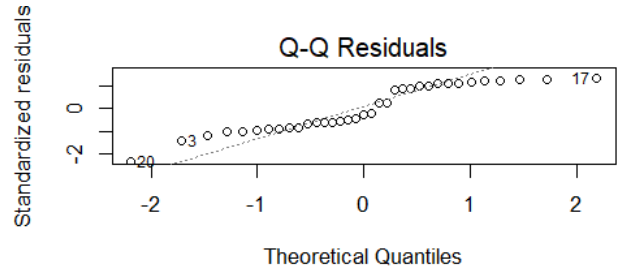
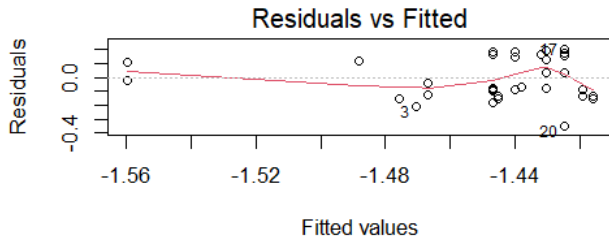


TriB

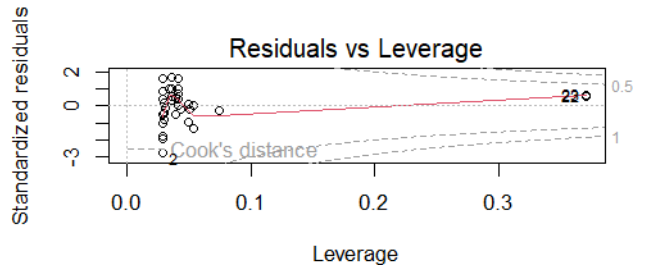
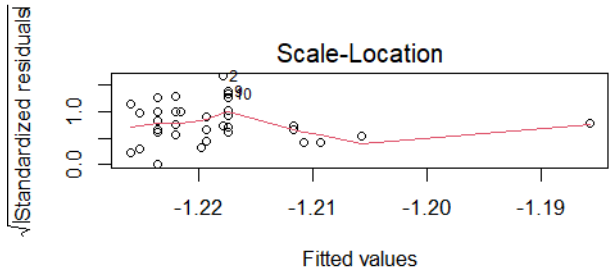
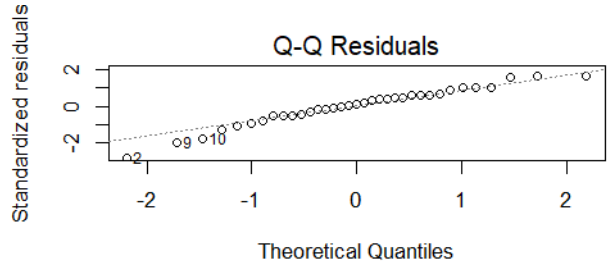
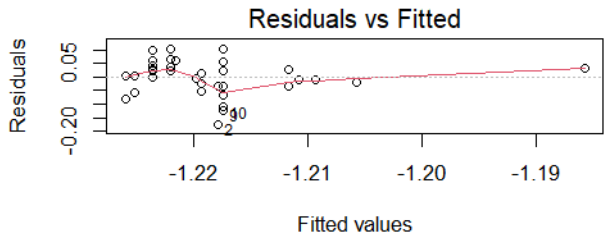
Micrurus bonita (fêmeas)



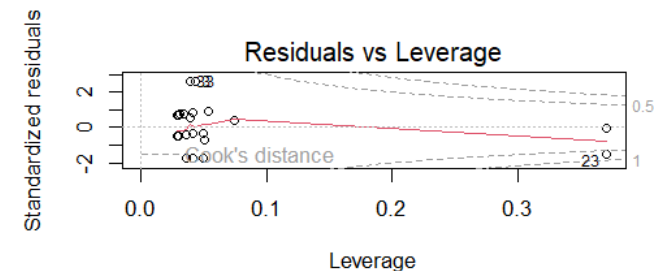
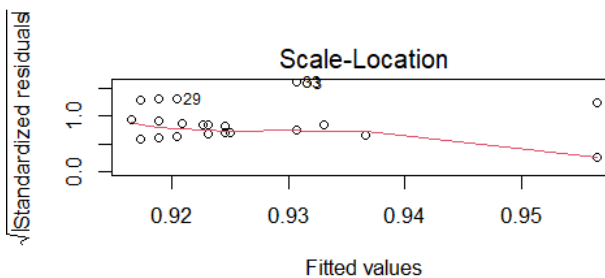
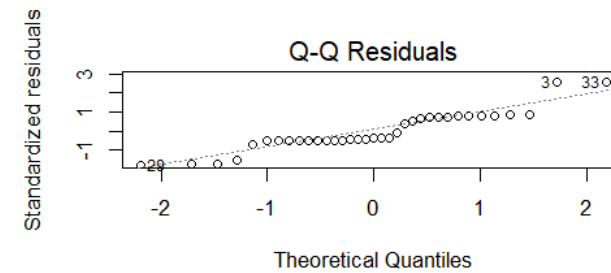
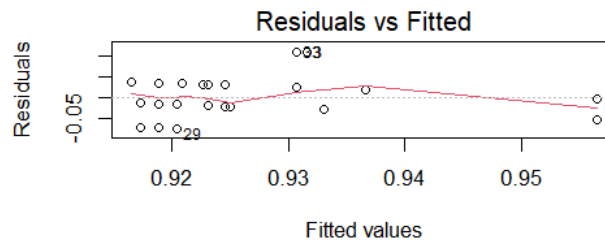
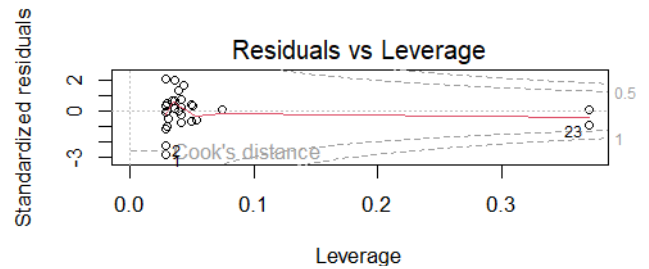
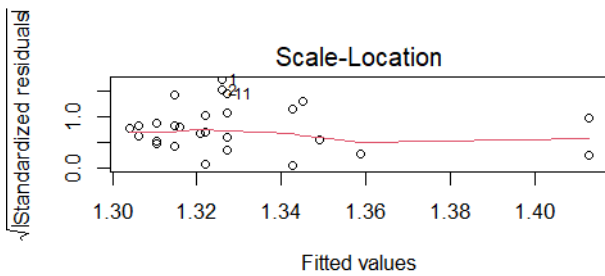
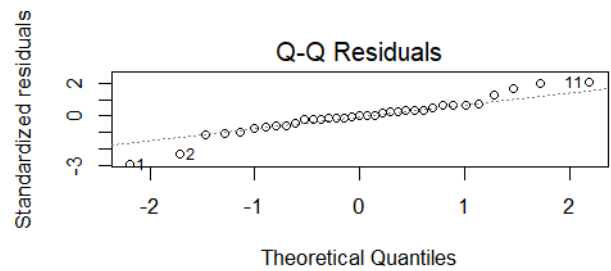
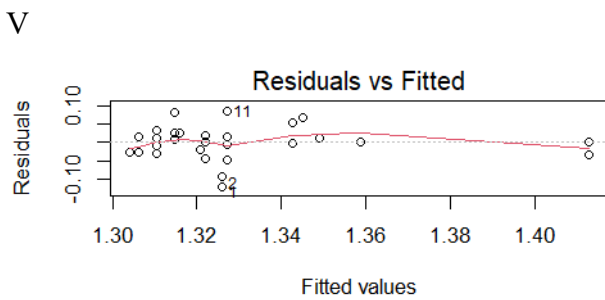
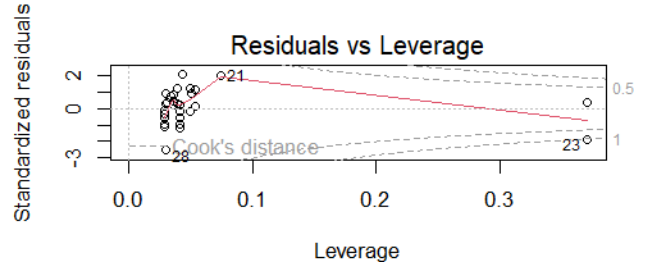
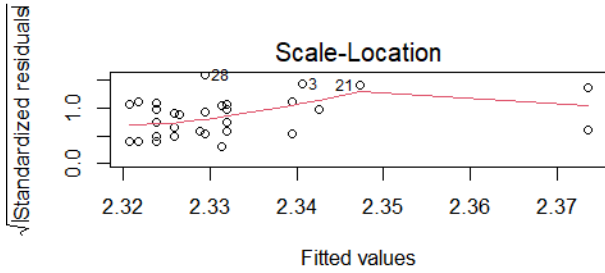
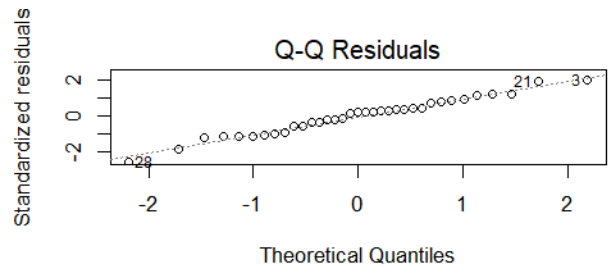
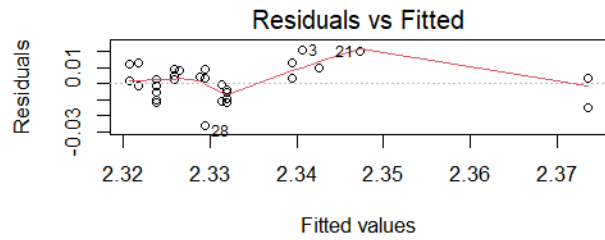
CRC



Ccab



Ccau



TriB

Resultados da CVA incluindo *Micrurus anibal*

Tabela 1. Resultados matemáticos da CVA para a vista lateral

	F de Goodall	Valor de p	Traço de Pillai	Valor de p
Machos	2,5903	0,029	0,979	0,0001*
Fêmeas	1,6125	0,0483	1,1829	0,1543

Tabela 2. Resultados matemáticos da CVA para a vista dorsal

	F de Goodall	Valor de p	Traço de Pillai	Valor de p
Machos	9,0655	< 0,0001*	1,1910	< 0,0001*
Fêmeas	3,2625	0,0001*	1,3796	< 0,0001*

Tabela 3. Valores de p entre espécies considerando a distância de Procrustes entre as espécies para ambas as vistas.

		Valores de p (distância de Procrustes)			
Vista lateral	M	<i>M. anibal</i>	<i>M. bonita</i>	<i>M. ibiboboca</i>	
		<i>M. bonita</i>	0,0026*	-	-
		<i>M. ibiboboca</i>	0,0085*	< 0,0001*	-
	F	<i>M. anibal</i>	<i>M. bonita</i>	<i>M. ibiboboca</i>	
		<i>M. bonita</i>	0,0881	-	-
		<i>M. ibiboboca</i>	0,1172	0,0208*	-
Vista dorsal	M	<i>M. anibal</i>	<i>M. bonita</i>	<i>M. ibiboboca</i>	
		<i>M. bonita</i>	< 0,0001*	< 0,0001*	
		<i>M. ibiboboca</i>	0,0001*	< 0,0001*	
	F	<i>M. anibal</i>	<i>M. bonita</i>	<i>M. ibiboboca</i>	
		<i>M. bonita</i>	< 0,0001*	0,0003*	< 0,0001*
		<i>M. ibiboboca</i>	< 0,0001*	0,0003*	< 0,0001*
		<i>M. anibal</i>	<i>M. bonita</i>	<i>M. ibiboboca</i>	
		<i>M. bonita</i>	0,0332*		
		<i>M. ibiboboca</i>	0,6948	0,0002*	
		<i>M. janisrozei</i>			
			0,0072*	0,0528	

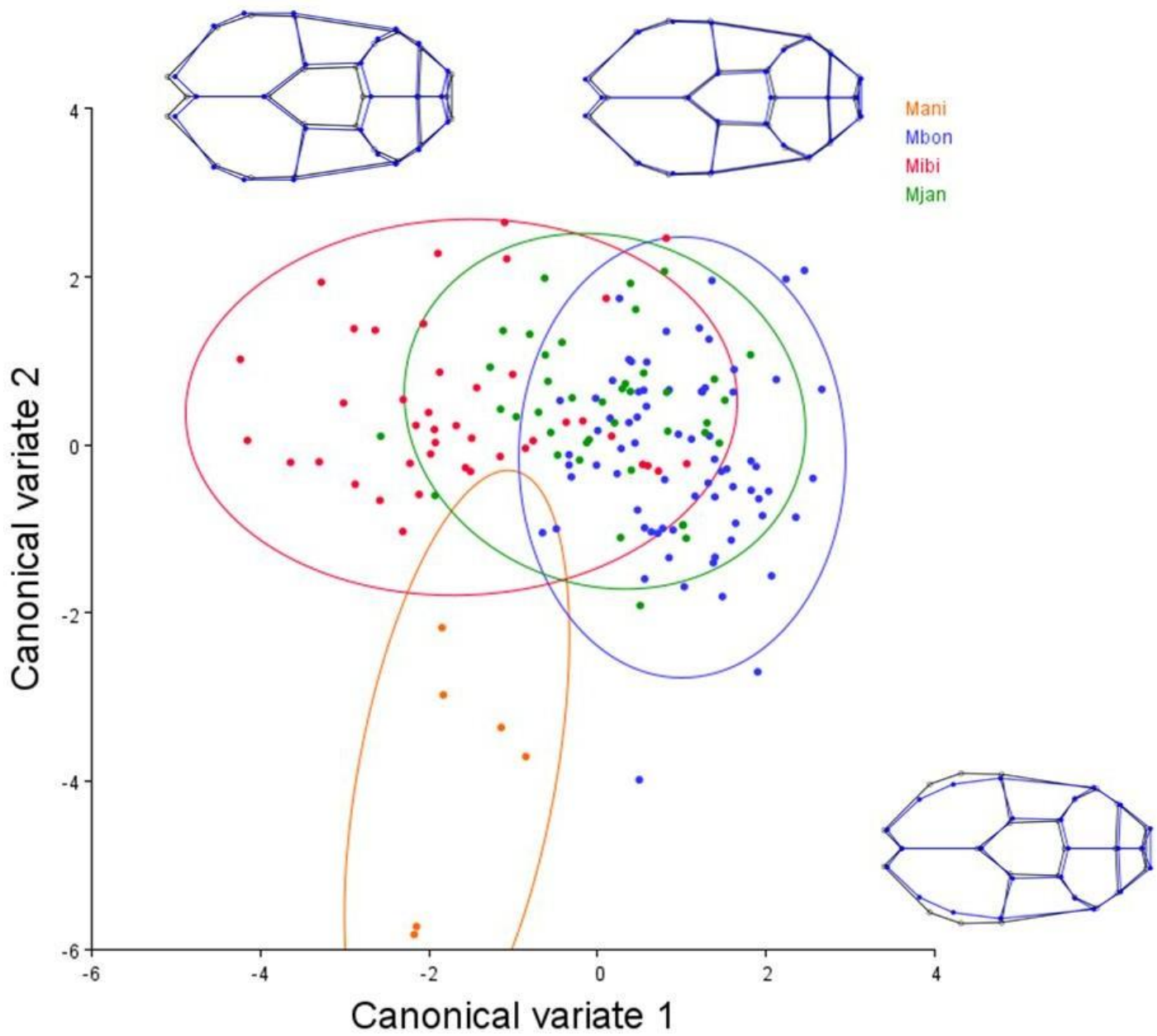


Figura 1. Resultados da CVA para vista dorsal com machos evidenciando diferenças entre as espécies. Linhas azuis mostram a variação da forma em relação à forma média (linhas pretas). *M. anibal* = Mani; *M. bonita* = Mbon; *M. ibiboboca* = Mibi; *M. janisrozei* = Mjan.

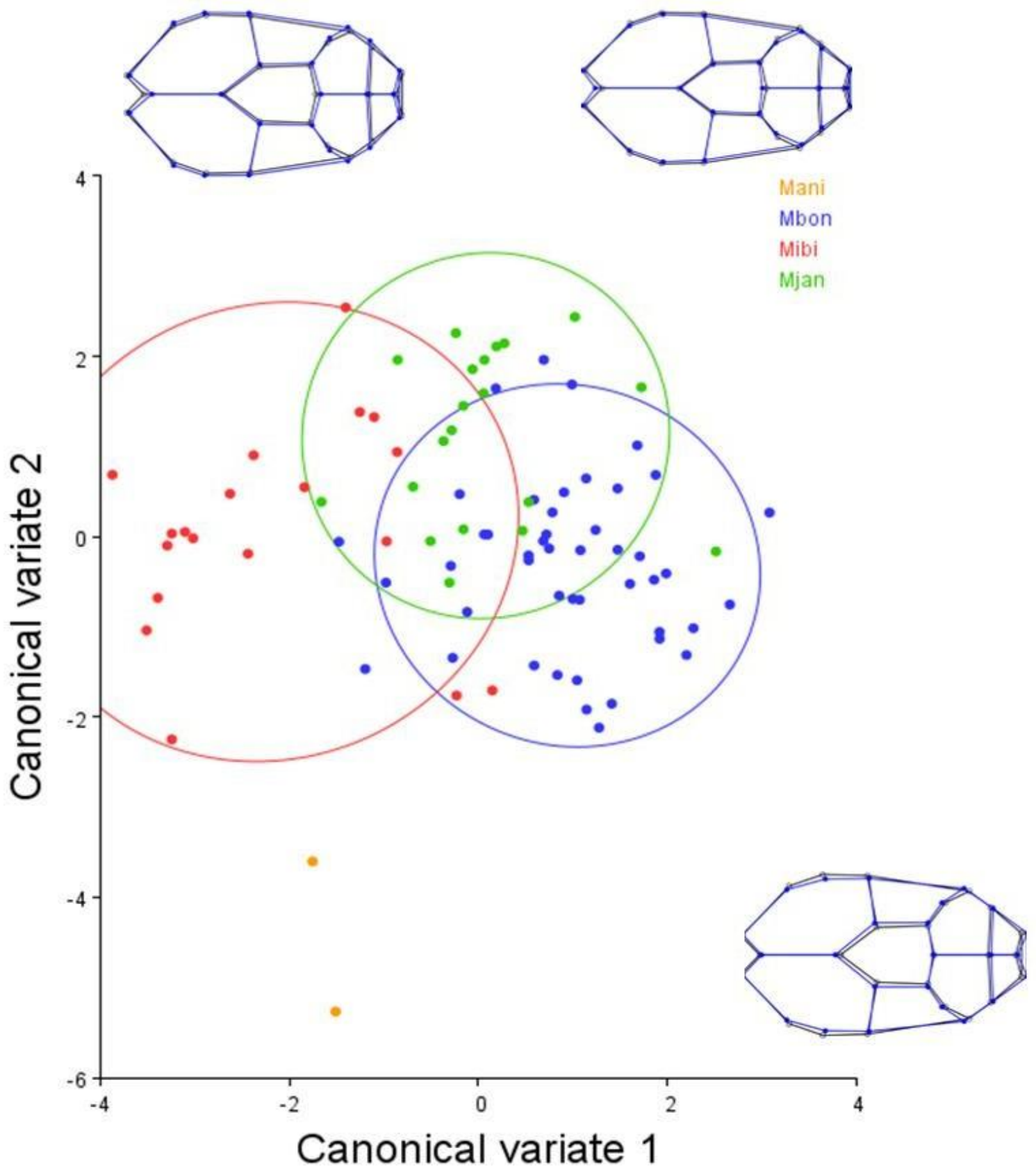


Figura 2. Resultados da CVA para vista dorsal com fêmeas evidenciando diferenças entre as espécies. Linhas azuis mostram a variação da forma em relação à forma média (linhas pretas). *M. anibal* = Mani; *M. bonita* = Mbon; *M. ibiboboca* = Mibi; *M. janisrozei* = Mjan.

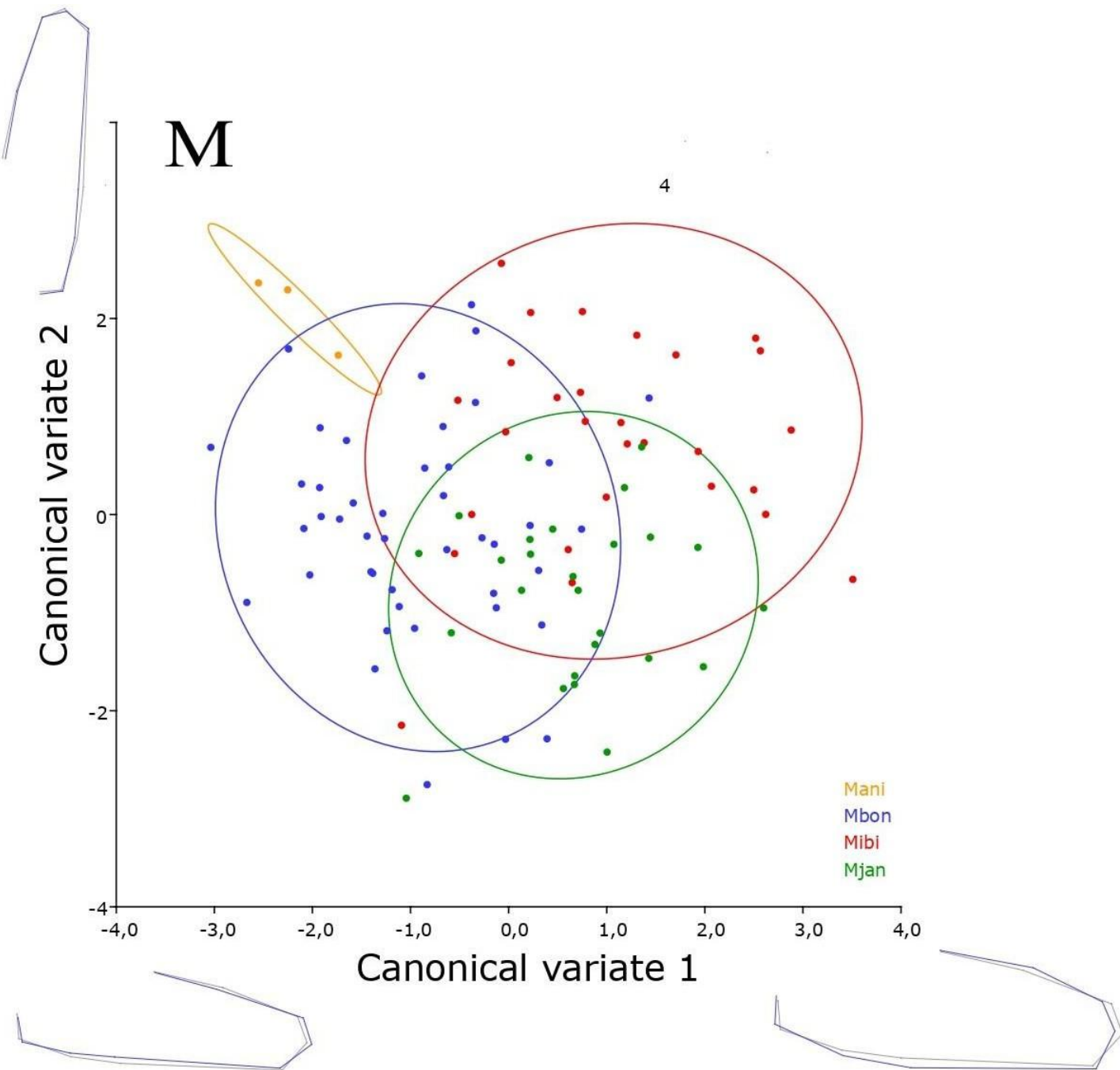


Figura 3. Resultados da CVA para vista lateral com machos evidenciando diferenças entre as espécies. Linhas azuis mostram a variação da forma em relação à forma média (linhas pretas). *M. anibal* = Mani; *M. bonita* = Mbon; *M. ibiboboca* = Mibi; *M. janisrozei* = Mjan.

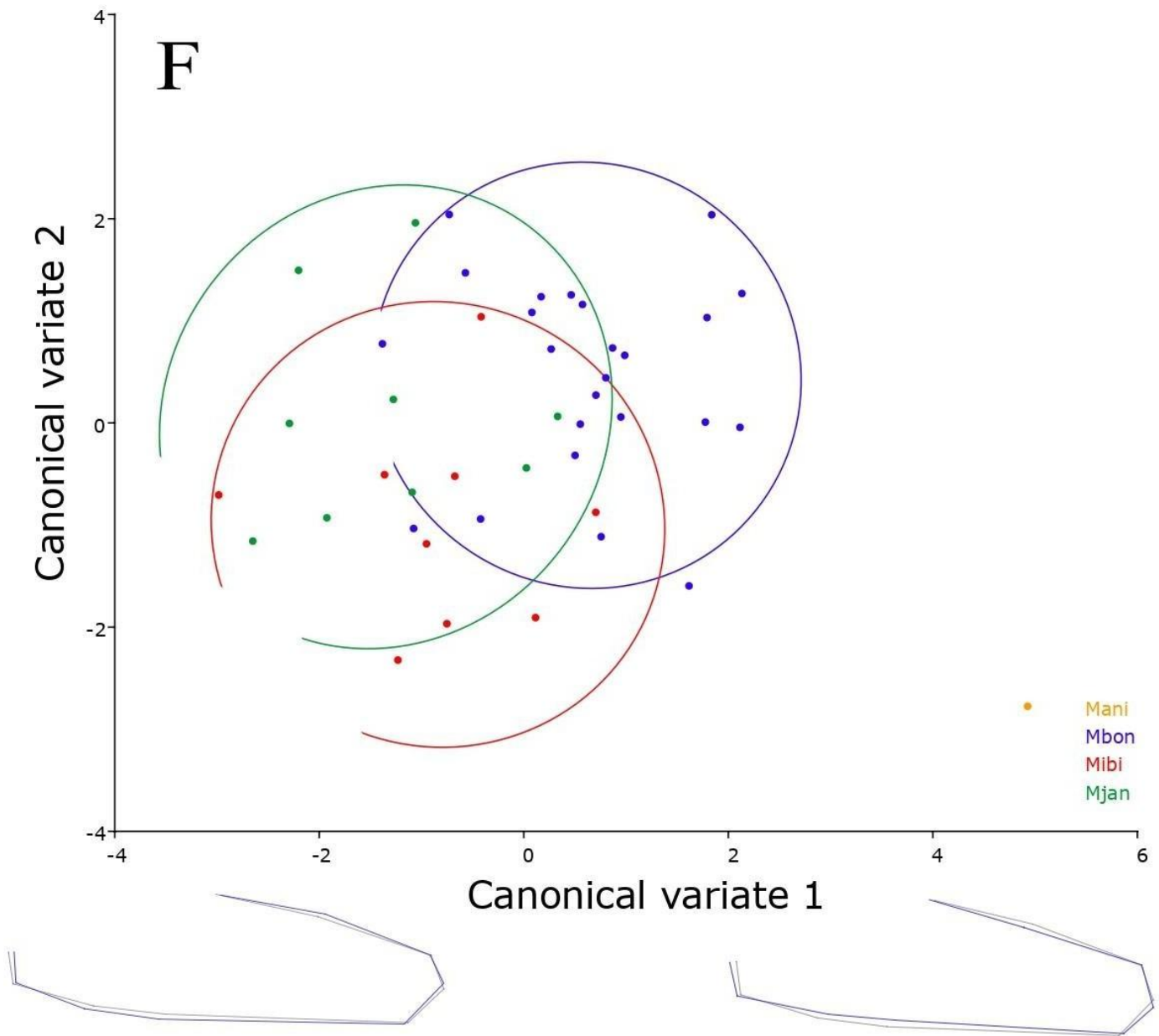


Figura 4. Resultados da CVA para vista lateral com fêmeas evidenciando diferenças entre as espécies. Linhas azuis mostram a variação da forma em relação à forma média (linhas pretas). *M. anibal* = Mani; *M. bonita* = Mbon; *M. ibiboboca* = Mibi; *M. janisrozei* = Mjan.