

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

BRENO FALCÃO DE CARVALHO

**ECOLOGIA DA TAXOCENOSE DE LAGARTOS NA SERRA
VERMELHA, PIAUÍ, NORDESTE DO BRASIL: DESVENDANDO
PADRÕES DE DIVERSIDADE E USO DO RECURSO EM UMA
ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE OS BIOMAS CAATINGA E
CERRADO**

JOÃO PESSOA

2022

BRENO FALCÃO DE CARVALHO

**ECOLOGIA DA TAXOCENOSE DE LAGARTOS NA SERRA
VERMELHA, PIAUÍ, NORDESTE DO BRASIL: DESVENDANDO
PADRÕES DE DIVERSIDADE E USO DO RECURSO EM UMA
ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE OS BIOMAS CAATINGA E
CERRADO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências Biológicas
(Zoologia) da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre em Ciências
Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Oliveira
Mesquita

JOÃO PESSOA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C331e Carvalho, Breno Falcão de.

Ecologia da taxocenose de lagartos na Serra Vermelha, Piauí, Nordeste do Brasil : desvendando padrões de diversidade e uso do recurso em uma área de transição entre os biomas Caatinga e Cerrado / Breno Falcão de Carvalho. - João Pessoa, 2022.

91 f. : il.

Orientação: Daniel Oliveira Mesquita.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Répteis. 2. Ecótono. 3. Comunidades ecológicas.
I. Mesquita, Daniel Oliveira. II. Título.

UFPB/BC

CDU 598.1(043)

Ata da 361ª Apresentação e Banca de Defesa de Mestrado de Breno Falcão de Carvalho

Ao(s) trinta e um dias do mês de agosto de dois mil e vinte e dois, às 08:00 horas, no(a) Ambiente Virtual, da Universidade Federal da Paraíba, reuniram-se, em caráter de solenidade pública, membros da banca examinadora para avaliar a dissertação de mestrado de **Breno Falcão de Carvalho**, candidato(a) ao grau de Mestre(a) em Ciências Biológicas. A banca examinadora foi composta pelos seguintes membros: **Dr. Daniel Oliveira Mesquita (Orientador-UFPB/PB); Dr. Guarino Rinaldi Colli (UNB/DF); Dr. Frederico Gustavo Rodrigues França (UFPB/PB)**. Compareceram à solenidade, além do(a) candidato(a) e membros da banca examinadora, alunos e professores do PPGCB. Dando início à sessão, a coordenação fez a abertura dos trabalhos, apresentando o(a) discente e os membros da banca. Foi passada a palavra ao(a) orientador(a), para que assumisse a posição de presidente da sessão. A partir de então, o(a) presidente, após declarar o objeto da solenidade, concedeu a palavra a **Breno Falcão de Carvalho**, para que dissertasse, oral e sucintamente, a respeito de seu trabalho intitulado **“ECOLOGIA DA TAXOCENOSE DE LAGARTOS NA SERRA VERMELHA: DESVENDANDO PADRÕES DE DIVERSIDADE E USO DO RECURSO EM UMA ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE OS BIOMAS CAATINGA E CERRADO NO NORDESTE DO BRASIL”**. Passando então a discorrer sobre o aludido tema, dentro do prazo legal, o(a) candidato(a) foi a seguir arguido(a) pelos examinadores na forma regimental. Em seguida, passou a Comissão, em caráter secreto, a proceder à avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por atribuir-lhe o conceito Aprovado. Perante o resultado proclamado, os documentos da banca foram preparados para trâmites seguintes. Encerrados os trabalhos, nada mais havendo a tratar, eu, orientador(a), como presidente, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

João Pessoa, 31/08/2022.


Orientador(a)

Examinador(a)



Examinador(a)

Documento assinado digitalmente
gov.br FREDERICO GUSTAVO RODRIGUES FRANCA
Data: 31/08/2022 10:57:14-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br BRENO FALCAO DE CARVALHO
Data: 01/09/2022 09:34:59-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Breno Falcão de Carvalho
(discente ciente do resultado)

(Em modo de webconferência, as assinaturas digitalizadas são certificadas pelo presidente da banca)

AGRADECIMENTOS

Escrever essa dissertação durante uma pandemia não foi nada fácil, por isso, agradeço profundamente aqueles que fizeram parte dessa jornada comigo e fizeram possível com que eu fosse até o fim.

Primeiramente, agradeço a minha família, que sempre me deu toda rede de apoio para que fosse possível com que eu focasse nos meus estudos. Proporcionar uma boa educação pra mim e meu irmão sempre foi prioridade, e por isso serei eternamente grato, não só pelas conquistas acadêmicas.

Agradeço também a todos os meus amigos, sem eles não teria cabeça pra continuar seguindo com a pós-graduação, se eu não estivesse cercado de pessoas incríveis nada disso teria sido possível. Guardo um lugar especial nesse texto aos meus amigos da turma 15.2, vocês são demais!!

Agradeço ao Prof. Daniel Mesquita, pela orientação e pela parceria durante esses anos. Manter uma relação saudável com o orientador é um privilégio, e eu de fato me sinto privilegiado. Aproveito o caminho para agradecer também a todos que estiveram juntos comigo no laboratório de herpetologia da UFPB. Lá fiz não só colegas de trabalho, mas também amigos para vida toda.

Agradeço ao Prof. Guarino e sua esposa Cecília pela confiança. Apesar dos meus vacilos vocês me ajudaram, e sem essa ajuda o segundo capítulo dessa dissertação nunca teria visto a luz do dia.

Agradeço a todos que participaram das amostragens de dados na Serra Vermelha. Trabalhos como esse são impossíveis de serem feitos a uma única mão, cada pessoa que participou desse processo foi fundamental para a realização do presente projeto, serei para sempre grato a todos.

Por fim, agradeço ao PPPGCB da UFPB pela oportunidade de fazer parte desse grupo de pós-graduação incrível que tanto me ensinou. Agradeço também a CAPES pela bolsa, sem ela não seria possível manter a dedicação que tive ao meu projeto.

RESUMO

Uma comunidade é considerada estruturada quando as espécies que a compõem utilizam o recurso disponível de forma não aleatória. Diversos fatores podem estar relacionados a presença de estrutura, assim, desvendar os padrões que organizam uma comunidade no espaço e no tempo é do interesse de todos os ecólogos. Com apoio do projeto “Passado, presente e futuro da Caatinga: história, ecologia e conservação da herpetofauna frente às mudanças ambientais”, amostramos a herpetofauna da Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia - Piauí), região localizada na transição entre os biomas Caatinga e Cerrado no Nordeste do Brasil. Utilizando a taxocenose de lagartos como modelo, investigamos os padrões de interação e ocorrência das espécies valendo-se de parâmetros espaciais, climáticos, tróficos e morfológicos em dois capítulos. Primeiramente investigamos o padrão de organização do uso de recurso pelos lagartos, e a influência histórica/recente nos padrões observados em um capítulo intitulado “Padrão de Uso de Recursos dos Lagartos na Serra Vermelha: Efeito Histórico/Recente na Estrutura da Taxocenose em uma Área De Transição Entre Biomas Caatinga e Cerrado no Nordeste Do Brasil”. No segundo capítulo avaliamos a variação de riqueza e abundância das espécies considerando um gradiente ambiental aberto-florestado em um capítulo intitulado “Efeito da Variação do Micro-habitat na Ocorrência de Lagartos na Serra Vermelha, Área de transição entre biomas Caatinga e Cerrado no Nordeste do Brasil”.

Palavras-chave: comunidade, ecótono, estrutura, réptil

ABSTRACT

To be considered structured, species in a community must use the available resources non-randomly. Several factors may be related to the presence of structure, so unraveling the patterns that shape biological communities is in the interest of all ecologists. With the support of the project “Passado, presente e futuro da Caatinga: história, ecologia e conservação da herpetofauna frente às mudanças ambientais” we sampled the herpetofauna of Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia – Piauí), a region located in the transitional zone between the Caatinga and Cerrado biomes in the northeastern part of Brazil. Employing lizard assemblage as model organisms, we investigated the patterns of resource use and occurrence of species taking into consideration spatial, climatic, trophic, and morphological parameters, addressing the ecology of the assemblage in two chapters. In the first chapter, we investigated the pattern of resource partitioning by lizards, and the historical/ecological influence on the observed structure. Then, in the second chapter, we evaluated changes in lizard diversity across an environmental gradient at Serra Vermelha.

Keywords: Community, ecotone, structure, reptile

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	8
2	CAPÍTULO I	11
3	INTRODUÇÃO	12
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4.1	ÁREA DE ESTUDO	16
4.2	AMOSTRAGEM BIOLÓGICA	16
4.3	MORFOMETRIA.....	17
4.4	CARACTERIZAÇÃO DO MICRO-HABITAT	18
4.5	DIETA	19
4.6	DELINEAMENTO ESTATÍSTICO	20
4.6.1	<i>Sobreposição de nicho</i>	<i>20</i>
4.6.2	<i>Análise Filogenética de Componentes Principais (pPCA).....</i>	<i>21</i>
5	RESULTADOS	22
5.1	COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES.....	22
5.2	NICHO TRÓFICO	22
5.3	NICHO ESPACIAL	23
5.4	NICHO MORFOMÉTRICO	24
5.5	EFEITO HISTÓRICO X RECENTE.....	24
6	DISCUSSÃO.....	26
6.1	COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES.....	26
6.2	NICHO TRÓFICO	27
6.3	NICHO ESPACIAL	28
6.4	NICHO MORFOMÉTRICO	29
7	CONCLUSÃO	30
8	FIGURAS	31
9	TABELAS	34
10	REFERÊNCIAS.....	44
11	CAPÍTULO II	52
12	INTRODUÇÃO	53
13	MATERIAIS E MÉTODOS.....	56
13.1	ÁREA DE ESTUDO	56
13.2	AMOSTRAGEM DE DADOS BIOLÓGICOS	56
13.3	CARACTERIZAÇÃO DO MICRO-HABITAT (VARIÁVEIS ESTRUTURAIS).....	57
13.4	CARACTERIZAÇÃO DO MICRO-HABITAT (VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS)	58
13.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	59
14	RESULTADOS	61
14.1	GRADIENTE AMBIENTAL.....	61
14.2	PADRÕES DE ABUNDÂNCIA, RIQUEZA E DIVERSIDADE	61
14.3	PREDITORES DE OCORRÊNCIA, RIQUEZA E ABUNDÂNCIA	62
14.4	SUBSTITUIÇÃO DE ESPÉCIES	63
15	DISCUSSÃO.....	64
16	TABELAS	69

17	FIGURAS	75
18	REFERENCIAS.....	86
19	CONCIDERAÇÕES FINAIS.....	91

1 INTRODUÇÃO GERAL

Em ecologia de comunidades, uma comunidade é considerada estruturada quando as espécies que a compõe utilizam o recurso disponível de forma não aleatória (RICKLEFS, 2008; WINEMILLER; PIANKA, 1990). Diversos fatores podem estar relacionados a presença de estrutura na comunidade, como por exemplo, competição entre as espécies (HARDIN, 1960), características físicas e climáticas do micro-habitat (COSTA et al., 2020; VILLASEÑOR et al., 2015) e distúrbios/filtros ambientais (MESQUITA et al., 2015; PETERSON; SOBERÓN; SÁNCHEZ-CORDERO, 1999).

Desvendar os padrões que regem as interações em uma comunidade é do interesse de todos os ecólogos, porém, devido à sua complexidade e variabilidade, faz-se necessário abordar as comunidades através de recortes de sua diversidade total (PIANKA, 1973). Devido a sensibilidade a variações ambientais e climáticas, curto espaço de tempo entre as gerações, deslocamento relativamente limitado e ampla variedade de hábitos explorados, taxocenoses de lagartos se tornam eficientes modelos ecológicos, exibindo confiabilidade na observação padrões de interação biótica e abiótica ainda que com curto período de amostragem (CAMARGO; SINERVO; SITES, 2010; MESQUITA et al., 2015).

Com o apoio do projeto “Passado, presente e futuro da Caatinga: história, ecologia e conservação da herpetofauna frente às mudanças ambientais”, contemplado no Edital 006/2018 - PRONEX 2018 - FAPESQPB/CNPQ, entre novembro de 2019 e fevereiro de 2020 realizamos a amostragem completa da herpetofauna na região da Serra Vermelha, território recentemente anexado ao Parque Nacional da Serra das Confusões (BRASIL, 2010), região localizada na transição entre os biomas Caatinga e Cerrado no nordeste do Brasil.

Áreas de transição entre ecossistemas tendem a sobrepor suas características ao longo de um gradiente de substituição (RICKLEFS, 2008a), podendo ser extremamente complexas na composição do habitat e micro-habitat, comumente abrigando taxocenoses ricas em espécies (LOMBARDI et al., 2003; VECHIO et al., 2016), se tornando uma importante ferramenta no estudo de dispersão, repartição de nicho, padrões de diversidade e substituição de espécies (GONÇALVES et al., 2017; KARK, 2013).

Dessa forma, tratamos da taxocenose de lagartos da Serra Vermelha (Piauí – Brasil), objetivando desvendar os padrões de uso de recurso apresentados pelas espécies da região, valendo-se de parâmetros tróficos, morfométricos, espaciais e climáticos. No primeiro momento, avaliamos a utilização não aleatória do recurso (estrutura) entre as espécies, além de averiguarmos a origem do padrão observado (histórico/ecológico), em um capítulo intitulado “Padrão de Uso de Recursos dos Lagartos na Serra Vermelha, Piauí, Brasil: Efeito Histórico/Recente na Estrutura da Taxocenose em uma Área de Transição Entre a Caatinga e o Cerrado”. Em um segundo momento, avaliamos diretamente os padrões de riqueza e abundância dos lagartos levando em consideração o gradiente ambiental aberto-florestado encontrado na Serra Vermelha em um capítulo intitulado “Efeito da Variação do Micro-habitat na Ocorrência de Lagartos na Serra Vermelha, Piauí, Nordeste do Brasil, Área de transição entre a Caatinga e o Cerrado”.

2 REFERENCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ALBUQUERQUE, U. P. DE *et al.* Caatinga revisited: Ecology and conservation of an important seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, 2012. v. 2012.

BRASIL. **Decreto de 30 de dezembro de 2010. Presidência da Republica.**

CAMARGO, A.; SINERVO, B.; SITES, J. W. Lizards as model organisms for linking phylogeographic and speciation studies. **Molecular Ecology**, 2010. v. 19, n. 16, p. 3250–3270.

COSTA, B. M. *et al.* Long-term, fire-induced changes in habitat structure and microclimate affect Cerrado lizard communities. **Biodiversity and Conservation**, 2020. v. 29, n. 5, p. 1659–1681.

GONÇALVES, G. R. *et al.* The relationship between bird distribution patterns and environmental factors in an ecotone area of northeast Brazil. **Journal of Arid Environments**, 2017. v. 140, p. 6–13.

HARDIN, G. The Competitive Exclusion Principle. **Science**, 1960. v. 131, n. 3409, p. 1292–1297.

KARK, S. Effects of Ecotones on Biodiversity. **Encyclopedia of biodiversity**. [S.l.]: [s.n.], 2013, p. 142–148.

LOMBARDI, L. *et al.* Habitat-related differences in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) abundance, distribution, and activity. **Journal of Mammalogy**, 2003. v. 84, n. 1, p. 26–36.

MARRIS, E. The forgotten ecosystem. **Nature**, 2005. v. 437, n. 7061, p. 944–945.

MESQUITA, D. O. *et al.* Juxtaposition and Disturbance: Disentangling the Determinants of Lizard Community Structure. **Biotropica**, 2015. v. 47, n. 5, p. 595–605.

PETERSON, A. T.; SOBERÓN, J.; SÁNCHEZ-CORDERO, V. Conservatism of Ecological Niches in Evolutionary Time. **Science**, 1999. v. 285, n. 5431, p. 1265–1267.

PIANKA, E. R. The structure of lizard communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 1973. v. 4, p. 53–74.

RICKLEFS, R. E. **The Economy of Nature**. [S.l.]: Macmillan, 2008.

VECHIO, F. D. *et al.* The herpetofauna of Parque Nacional da Serra das Confusões, state of Piauí, Brazil, with a regional species list from an ecotonal area of Cerrado and Caatinga. **Biota Neotropica**, 2016. v. 16, n. 3.

VILLASEÑOR, N. R. *et al.* Strong influence of local habitat structure on mammals reveals mismatch with edge effects models. **Landscape Ecology**, 2015. v. 30, n. 2, p. 229–245.

WINEMILLER, K. O.; PIANKA, E. R. Organization in Natural Assemblages of Desert Lizards and Tropical Fishes. **Ecological Monographs**, 1990. v. 60, n. 1, p. 27–55.

3 CAPÍTULO I

Padrão de Uso de Recursos dos Lagartos na Serra Vermelha, Piauí, Nordeste do Brasil:
Efeito Histórico/Recente na Estrutura da Taxocenose em uma Área de Transição Entre a
Caatinga e o Cerrado

4 INTRODUÇÃO

Uma comunidade biológica (diferentes espécies que coexistem no mesmo espaço e tempo) é considerada estruturada quando o recurso disponível é utilizado pelos indivíduos de forma não-aleatória (RICKLEFS, 2008; WINEMILLER; PIANKA, 1990), ou seja, o compartilhamento do mesmo tipo de recurso (e.g. dieta e uso do micro-habitat) entre as espécies é menor do que o esperado ao acaso.

Quando duas populações simpátricas se sobrepõem perfeitamente no uso do mesmo recurso finito, segundo o princípio da exclusão competitiva, elas irão competir através do tempo até que umas delas seja completamente excluída, ou tenha seu nicho modificado (HARDIN, 1960). Uma forma para que as duas populações permaneçam extantes nesse domínio geográfico, é quando ambas deslocam gradativamente seus fenótipos e padrões de utilização desse recurso através das gerações (BROWN; WILSON, 1956), podendo divergir completamente ou se complementarem na forma de explorar o nicho (MAY; CRAWLEY; SUGIHARA, 2007; SCHOENER, 1973), minimizando a sobreposição entre as espécies, estabelecendo assim uma estruturação carregada por interações ecológicas recentes.

Um estudo envolvendo a taxocenose (comunidade de táxons aparentados) de lagartos em áreas sazonalmente alagadas e não-alagadas na transição entre o Cerrado e Amazônia no Brasil, evidenciou que os alagamentos sazonais são eventos fundamentais para organização da taxocenose, afetando consideravelmente padrões de ocorrência e riqueza das espécies (MESQUITA et al., 2015), exemplificando como eventos de caráter ecológico podem estruturar uma taxocenose.

De outro modo, a estrutura de uma comunidade também pode ser determinada a partir de um conjunto de características determinadas historicamente, onde os indivíduos que atualmente a constituem apresentam os fenótipos e padrões de uso de recurso muito semelhantes aos de seus ancestrais (conservatismo de nicho) (LOSOS, 1996; PETERSON, 2011; PETERSON; SOBERÓN; SÁNCHEZ-CORDERO, 1999). Filtros ambientais podem influenciar a estrutura de uma comunidade selecionando nas populações os traços mais eficientes para lidar com as condições limitantes (LEBRIJA-TREJOS et al., 2010), nesse caso a seleção de espécies portadoras de caracteres

plesiomórficos de pouca variabilidade entre as gerações é uma forma de organizar a comunidade em resposta a tais filtros (HILLERISLAMBERS et al., 2012; LOSOS, 2008).

Fatores relacionados a interações recentes foram por muito tempo considerados os principais determinantes de estrutura em comunidades (GOTELLI; MCCABE, 2002), porém, padrões de organização relacionados a contextos históricos se mostram também influentes sobre a organização das espécies nos mais variados ambientes e clados (e.g. CALDAS et al., 2019; GONÇALVES-SOUSA; MESQUITA; ÁVILA, 2019; KAMILAR; COOPER, 2013). A influência histórica sobre a estrutura de uma comunidade não exclui a pressão ecológica recente sobre tal organização e vice versa, sendo necessário avaliar ambos os aspectos quando se busca compreender os fatores que modelam a repartição do nicho em comunidades biológicas.

Desvendar todas as intrincadas interações existentes em uma comunidade é do interesse de todos os ecólogos, porém, devido à sua complexidade e variabilidade, faz-se necessário abordar as comunidades através de recortes de sua diversidade total, geralmente agrupando as espécies de acordo com hábito (guildas) ou proximidade taxonômica (taxocenoses) (PIANKA, 1973). Taxocenoses de lagartos são excelentes modelos ecológicos por exibirem curto espaço de tempo entre as gerações, mobilidade relativamente baixa, sensibilidade a variações climáticas e ambientais, além de ocuparem uma ampla variedade de habitats (e.g. terrestre, arborícola, saxícola, fossorial) (CAMARGO; SINERVO; SITES, 2010; PIANKA; VITT, 2004).

Em lagartos, variáveis ligadas a morfologia e horário de atividade mostram uma forte tendência a serem conservadas através das gerações (MESQUITA et al., 2006; RABOSKY et al., 2011; WERNECK; COLLI; VITT, 2009), exemplificando como a influência da história evolutiva pode moldar a composição da taxocenose e a repartição do recurso. Em contrapartida, a repartição do recurso trófico e espacial, apesar de também possuírem influência filogenética (VITT; PIANKA, 2005), podem ser bastante dependentes da estrutura do ambiente, sendo então as interações recentes um ponto chave para organização da taxocenose (CALDAS et al., 2019; GONÇALVES-SOUSA; MESQUITA; ÁVILA, 2019; MESQUITA et al., 2015).

Se tratando de ecologia de comunidades, os ecótonos são regiões de especial interesse, sendo essas áreas definidas pela transição entre diferentes ecossistemas, exibindo sobreposição ou continuum de características referentes a ambos (KARK,

2013). Comunidades que se estabelecem nesse contexto tendem a apresentar características notáveis, como a possibilidade de uma alta riqueza de espécies devido a superposição da diversidade de cada um dos ecossistemas (RICKLEFS, 2008), assim como podem potencialmente apresentar espécies-chave portadoras de traços importantes na ocupação de ambientes com condições de colonização desafiadoras (MESQUITA et al., 2015).

O Brasil é um país de dimensão continental que engloba em seu território ecossistemas diversos (biomas), sendo a Caatinga e o Cerrado limítrofes, cada um caracterizado por condições físicas e biológicas distintas. A Caatinga é um bioma semiárido exclusivamente brasileiro que abrange 912,529 km² do território nacional, sendo a maior região de floresta tropical sazonalmente seca da América do Sul, sua fitofisionomia é marcada pela presença espaçada de árvores decíduas/semidecíduas e pela alta densidade de cactáceas (SILVA et al., 2017). Por muito tempo a Caatinga foi negligenciada em estudos biológicos por ser considerado um bioma pobre em biodiversidade e sem identidade própria, no entanto, o aumento do esforço em pesquisa nos últimos anos mostra que esse não é o caso. Tomando lagartos como exemplo, atualmente são registradas para o bioma 88 espécies, onde dessas, 50% são endêmicas (UCHÔA et al., 2022).

Já o Cerrado é segundo maior bioma brasileiro, uma savana tropical considerada como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade, abrigando mais de 120 espécies de répteis na sua área de 1.86 milhões de km² (DA SILVA; BATES, 2002). Mesmo com sua imensa importância biológica, o Cerrado é um dos biomas mais ameaçados do planeta, principalmente devido à intensa exploração de sua área para agricultura e criação de gado, além do alto índice de incêndios naturais e antrópicos (HOFMANN et al., 2021).

A fauna de lagartos do Cerrado e da Caatinga apresentam uma forte relação entre si (VANZOLINI, 1988), sendo as regiões de transição entre esses biomas de elevada biodiversidade (DA SILVA; DA ROCHA; NOGUEIRA-PARANHOS, 2016; MADELLA-AURICCHIO; AURICCHIO; SOARES, 2017; SILVA; CARVALHO; RODRIGUES, 2015). O Parque Nacional da Serra das Confusões (PNSCo) foi criado em 1998 e fica localizado na transição entre a Caatinga e o Cerrado no sudeste do estado do Piauí, apresenta alta diversidade e uma marcante característica de substituição de espécies, o que evidencia a importância ecológica da região (VECHIO et al., 2016). A

região da Serra Vermelha recentemente foi adicionada ao domínio do PNSCo (BRASIL, 2010), e mesmo possuindo um potencial imenso relativo a saurofauna, essa ainda é pouco conhecida, especialmente do ponto de vista ecológico.

No presente estudo abordamos a taxocenose de lagartos da Serra Vermelha (Piauí – Brasil), região de transição entre os Biomas Caatinga e Cerrado recentemente anexada ao Parque Nacional da Serra das Confusões, afim de desvendar os padrões de uso de recurso apresentados pelas espécies da região. Valendo-se de parâmetros espaciais, tróficos e morfométricos avaliamos a repartição de nicho entre as espécies através da utilização não-aleatória dos recursos, além de testarmos a influência da história evolutiva e das interações ecológicas recentes na determinação dos padrões de repartição observados.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

As coletas foram realizadas no município de Redenção do Gurguéia, no sul do estado do Piauí, em um complexo florestal de “baixões” conhecido como Serra Vermelha, área recentemente incorporada ao Parque Nacional da Serra das Confusões, região de imensa diversidade herpetológica (VECHIO et al., 2016). O local de coleta apresenta forte influência dos biomas Caatinga e Cerrado. A média anual de temperatura no município é de 27 °C e a pluviosidade é baixa (774 mm/ano) (climate-data.org, 2022). A amostragem em campo foi possível graças ao apoio do projeto “Passado, presente e futuro da Caatinga: história, ecologia e conservação da herpetofauna frente às mudanças ambientais”, contemplado no Edital 006/2018 - PRONEX 2018 - FAPESQPB/CNPQ.

5.2 Amostragem biológica

As atividades de campo foram realizadas em dois momentos, primeiramente entre novembro e dezembro de 2019 e posteriormente entre janeiro e fevereiro de 2020, totalizando 56 dias de amostragem (28 dias em cada momento). Para a realização da amostragem de lagartos foram instaladas 50 estações de armadilhas de interceptação e queda (*pitfalls*) ligadas por cercas. Cada uma das estações foi composta por 4 baldes de 35 litros enterrados no chão, onde o limite superior do balde situava-se rente ao nível do solo. Os baldes foram dispostos em uma formação semelhante a um “Y”, onde havia um balde central e os outros 3 se posicionavam equidistantes entre si e a 5 metros do centro. Cercas com aproximadamente 50 cm de altura feitas com lona plástica e estacas de madeira ligavam o balde central aos baldes periféricos. As estações de armadilhas foram divididas em 4 transectos com características fitofisionômicas distintas afim de capturar a maior variação possível do micro-habitat. Metade dos transectos contiveram 12 estações de armadilhas, enquanto os restantes, 13, totalizando um esforço amostral de 50

armadilhas (200 baldes), onde dessas, 25 foram posicionadas em áreas de vegetação mais abertas e as outras 25 em áreas florestadas.

Adicionalmente a utilização de armadilhas, a amostragem de lagartos também se deu através de encontros ocasionais. Todos os indivíduos capturados foram levados ao laboratório de campo e então foram eutanasiados com lidocaína, fixados com uma solução de formalina a concentração de 10% e então preservados submersos em álcool 70%. Alguns indivíduos das espécies mais abundantes foram soltos após o registro de sua ocorrência, respeitando os limites da licença de coleta. Terminadas as atividades de campo os espécimes amostrados na primeira metade da coleta (novembro-dezembro 2019) foram depositados na Coleção Herpetológica da Universidade Federal da Paraíba (CHUFPB), enquanto o restante foi depositado na Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUnB).

5.3 Morfometria

Imediatamente após eutanasiados, os indivíduos amostrados tiveram suas medidas morfológicas mensuradas com auxílio de um paquímetro digital Mitutoyo® (precisão 0.01mm). Foram mensuradas as variáveis: CRC: Comprimento rostro-cloacal; CCau: Comprimento da cauda; Lco: Largura do corpo; ACo: Altura do corpo; LCa: Largura da cabeça; ACa: Altura da cabeça; CCa: Comprimento da cabeça; CMAnt: Comprimento do membro anterior; CMPost: Comprimento do membro posterior. Indivíduos no qual tiveram a cauda autotomizada no processo de manuseio ou durante o tempo nas armadilhas tiveram a variável “tamanho da cauda” calculada a partir de uma regressão.

Os dados morfométricos das espécies são utilizados para agrupar os indivíduos em grupos funcionais morfológicos, esses podem funcionar como *proxy* para o hábito das espécies (e.g. fossorial, arborícola) (FRANÇA et al., 2008). A fim de atender as premissas das análises, os dados morfométricos amostrados foram submetidos tratamentos anteriormente a realização das mesmas. Inicialmente, para distinguir a variação entre tamanho e forma dos indivíduos, foi utilizado o método de Somers para desenvolver uma variável isométrica do tamanho do corpo, que foi adicionada ao conjunto de variáveis morfométricas dos indivíduos (SOMERS, 1986). Posteriormente, as variáveis

morfométricas foram submetidas a uma transformação logarítmica na base 10, e então, para remover o efeito do tamanho do corpo das variáveis isoladas e observar os indivíduos de acordo sua “forma”, foi utilizado o método Burnaby (BURNABY, 1966).

5.4 Caracterização do micro-habitat

Para avaliar os padrões de utilização do recurso espacial pelos lagartos da Serra Vermelha caracterizamos o ambiente no qual estavam presentes as estações de armadilhas de acordo com a metodologia descrita por Vitt e colaboradores (2007), registrando em todas as 50 estações de armadilhas: distância da árvore mais próxima; número de plantas lenhosas; % de cobertura do dossel; número de troncos caídos; número de cupinzeiros; % de exposição do solo; massa de serrapilheira.

Mensuramos os dados referentes a “distância da árvore mais próxima” com auxílio de uma fita métrica, tomando como ponto de partida o balde central de cada estação de armadilhas. Consideramos como árvore todas as plantas lenhosas com circunferência do tronco >20 cm. Para obter valores referentes a “número de plantas lenhosas” foi designado aleatoriamente 3 pontos num raio de 5m do centro da estação, onde giramos 360° graus um bastão de 1m a 60 cm do chão, então contabilizamos todas as plantas lenhosas de qualquer tamanho que entraram em contato com o bastão. A média do número de plantas lenhosas entre os 3 pontos representa o valor utilizado para representar a estação de armadilha.

Para obter os valores de “% de cobertura do dossel”, fotografamos 3 pontos determinados aleatoriamente com uma câmera fotográfica disposta rente ao chão e com a lente apontada diretamente para uma moldura de 50cm x 50cm, a qual foi posicionada 1 metro acima da câmera fotográfica. A posteriori, as imagens capturadas foram transpostas a um programa de edição de imagem, onde foram adicionados linhas verticais e horizontais em paralelo dentro da área da moldura, formando uma grade de 10 x 10 células. Células com mais 50% de sua área ocupadas por vegetação foram consideradas como “cobertas”, o número total de células cobertas representa a porcentagem de cobertura vegetal para o ponto. A média entre os valores percentuais dos 3 pontos aleatórios representam o valor considerado para cada estação de armadilha.

A contabilização da “% de exposição do solo” se deu de maneira similar a “% de cobertura do dossel”, onde nesse caso a câmera fotográfica foi posicionada a 1 metro do chão e a moldura foi posicionada diretamente no solo. Após registradas as fotografias, todo folhíço presente na área interna da moldura foi retirado e pesado com auxílio de balanças de mão Pesola®, adquirindo assim os valores que serviram como *proxy* para quantidade de serrapilheira presente na estação de armadilha.

Número de cupinzeiros e número de troncos caídos foram contabilizados de forma ativa, sendo considerados todos os itens encontrados dentro de um raio de 5 metro do balde central (foram considerados como “troncos” caules e galhos caídos com mais de 20 cm de circunferência).

5.5 Dieta

Uma vez eutanasiados e fixados, os lagartos foram seccionados e tiveram seus estômagos removidos em laboratório. A observação do conteúdo estomacal foi realizada com auxílio de um microscópio estereoscópio Leica®, modelo EZ4. A identificação do conteúdo estomacal consumido pelos lagartos foi feita ao menor nível taxonômico possível, em sua maioria a nível de Ordem. Formigas foram os únicos indivíduos identificados a nível de família (Formicidae).

Depois de identificados, foram retiradas medidas de comprimento e largura dos itens alimentares consumidos pelos lagartos com auxílio de um paquímetro digital Mitutoyo® (precisão 0.01mm). Assumindo que valores de largura e altura são equivalentes, a partir do comprimento e largura dos itens alimentares foram calculados o percentual volumétrico que cada item ocupava no estômago dos indivíduos analisados através de uma fórmula elipsoide.

5.6 Delineamento estatístico

5.6.1 Sobreposição de nicho

Para averiguar a presença de padrões não-aleatórios na repartição do nicho entre os lagartos da Serra Vermelha, foram realizadas análises de sobreposição de nicho utilizando o método proposto por Geange et al (2011). Através dessa análise são geradas permutações aleatórias da matriz de dados original, produzindo taxocenoses artificiais contendo as mesmas espécies da taxocenose modelo, simulando um cenário onde os recursos não são limitantes, removendo assim o efeito da competição. A partir dessas aleatorizações é possível determinar se a sobreposição de nicho observada na taxocenose real é significativamente menor do que aquela esperada ao acaso (GEANGE et al., 2011), representando assim, estrutura para taxocenose.

Através dessa análise também é possível calcular a sobreposição de nicho entre os pares de espécie, e através da variância desses valores pode-se observar padrões de agrupamento, uniformidade ou aleatoriedade na distribuição das espécies da taxocenose (GEANGE et al., 2011). Valores mínimos de variância ocorrem quando a sobreposição de nicho é igual entre pares de espécies adjacentes, indicando uma comunidade uniformemente distribuída. Em contrapartida, uma comunidade tem sua distribuição considerada agrupada quando os valores de sobreposição de nicho entre os pares de espécies tendem aos extremos (muito próximos da sobreposição total ou do isolamento), apresentando assim máxima variância. Valores de variância intermediários, que não atingem o nível de significância necessário para determinar uniformidade ou agrupamento, indicam uma comunidade distribuída aleatoriamente.

Realizamos as análises de sobreposição de nicho utilizando três diferentes matrizes de dados (percentual volumétrico dos itens encontrados nos estômagos, medidas de caracteres morfológicos e variáveis estruturais do micro-habitat) com 1000 aleatorizações cada. Foram removidas das análises de sobreposição espécies raras ($N \leq 2$), assim como indivíduos carentes de dados, a exemplo dos que foram soltos a partir das armadilhas, os quais foram incluídos nas análises de micro-habitat, mas não contiveram informações de morfometria ou dieta.

5.6.2 Análise Filogenética de Componentes Principais (pPCA)

Uma vez observados os padrões de sobreposição/segregação entre as espécies, realizamos análises filogenéticas de componentes principais (pPCA) com o intuito de investigar se as variáveis observadas influenciam a repartição do nicho entre as espécies de acordo com interações ecológicas recentes entre ou de acordo com características da história evolutiva entre os clados (JOMBART et al., 2010). Para calcular as distâncias evolutivas entre as espécies, foi realizada a “poda” da filogenia do clado Squamata (TONINI et al., 2016), onde apenas as espécies de capturadas na Serra Vermelha foram mantidas.

Uma vez estabelecida a relação de parentesco entre as espécies que compõem a taxocenose, relacionamos através da pPCA as matrizes de dados do nicho trófico, espacial e morfométrico com essa filogenia, revelando o quanto da repartição de nicho observada é carregada por meio de traços associados a raiz da filogenia (efeito histórico) ou por traços associados aos ramos terminais da filogenia (efeito ecológico recente) (JOMBART et al., 2010). Todas as análises aqui descritas foram realizadas no software R versão 4.1.2 (2021-11-01) "Bird Hippie" (R-Core Team, 2022).

6 RESULTADOS

6.1 Composição de Espécies

Durante as atividades de campo na Serra Vermelha nós observamos 17 diferentes espécies de lagartos de dez famílias: Gekkonidae (*Hemidactylus brasilianus*); Phyllodactylidae (*Gymnodactylus geckoides*, *Phyllopezus pollicaris*); Sphaerodactylidae (*Coleodactylus meridionalis*); Mabuyidae (*Brasiliscincus heathi*, *Copeoglossum nigropunctatum*); Hoplocercidae (*Hoplocercus spinosus*); Polychrotidae (*Polychrus acutirostris*); Tropiduridae (*Tropidurus oreadicus*, *Tropidurus semitaeniatus*); Gymnophthalmidae (*Micrablepharus maximiliani*, *Colobosaura modesta*); Teiidae (*Ameiva ameiva*, *Ameivula ocellifera*, *Glaucomastix venetacauda*, *Salvator merianae*) e Iguanidae (*Iguana iguana*).

6.2 Nicho Trófico

304 estômagos foram analisados, desses, 166 apresentaram ao menos um item identificável (indivíduos com estômagos vazios foram removidos das análises). No total, 16 diferentes categorias de presas foram observadas, sendo elas: Araneae, Blattaria, Coleoptera, Isoptera, Scorpiones, Formicidae, Orthoptera, Hymenoptera, Chilopoda, Diplopoda, larva de inseto, Diptera, ovo de inseto, Hemiptera, Pseudoscorpiones e vertebrados (Tabela 7).

Através da análise de sobreposição de nicho foi possível verificar um padrão de distribuição agrupado na taxocenose de lagartos da Serra Vermelha considerando o nicho trófico ($P=0.025$; Tabela 2), ou seja, as espécies parecem consumir presas de forma não aleatória. Das 13 espécies de lagartos que possuíam conteúdo estomacal identificável, os maiores valores de sobreposição de nicho trófico foram observados entre *P. pollicaris* e *B. heathi* (0.715 ± 0.142 ; Tabela 1), enquanto a maior dissimilaridade pode ser percebida

entre *T. oreadicus* e *C. meridionalis*, *H. spinosus* e *P. pollicaris* (0.316 ± 0.145 ; 0.315 ± 0.128 ; 0.319 ± 0.134 , respectivamente; Tabela 1).

Dentre os itens alimentares encontrados, as aranhas (Araneae) se mostraram significativas em relação a organização da taxocenose no contexto trófico ($P = 0.028$; Tabela 2). Diptera, Hymenoptera e Vertebrados também apresentaram valor de P significativo (<0.05), contudo, a observação desses itens foi rara na taxocenose (cada um presente em apenas um indivíduo) (Tabela 7).

6.3 Nicho Espacial

Nós analisamos o padrão de distribuição espacial de 556 indivíduos de 12 espécies considerando as características do micro-habitat das armadilhas na qual cada um foi capturado, dessa forma, foram excluídos das análises espécies cujos indivíduos foram capturados unicamente através da busca ativa e espécies raras.

De acordo com as análises de sobreposição de nicho espacial, o padrão de distribuição entre as 12 espécies analisadas se aproxima do esperado ao acaso, evidenciando ausência de organização para esse eixo ($P = 0.257$; Tabela 6). As variáveis “% de exposição do solo” e “distância da árvore mais próxima” se mostraram estatisticamente significativas para o agrupamento das espécies ($P=0.031$; 0.049 – Tabela 6), porém, não foi suficiente para que a taxocenose se apresente estruturada.

As maiores sobreposições na utilização do micro-habitat foram entre *T. oreadicus* e *B. heathi* e entre *T. oreadicus* com *H. brasiliensis* (sobreposição = 0.825 ± 0.069 / 0.844 ± 0.049 ; Tabela 5). Por outro lado, o menor valor de sobreposição foi observado entre *M. maximiliani* e *G. geckoides* (0.188 ± 0.194 ; Tabela 5).

6.4 Nicho Morfométrico

Avaliando variáveis relacionadas a morfologia de 671 indivíduos das 17 espécies da taxocenose, foi possível observar uma clara segregação, designando a presença de uma forte organização na taxocenose ($P=0.001$; Tabela 4). As variáveis morfológicas tamanho do corpo, altura do corpo, comprimento da cabeça e comprimento do membro anterior foram estatisticamente significantes para organização da taxocenose ($P<0.05$; Tabela 4). Os maiores valores de sobreposição do nicho morfométrico foram observados entre as espécies *Brasiliscincus heathi*, *Copeoglossum nigropunctatum* e *Micrablepharus maximiliani* (Tabela 3) e entre *A. ameiva* e *A. ocellifera* (0.687 ± 0.202 ; Tabela 3), enquanto a maior dissimilaridade morfológica foi entre *Hoplocercus spinosus* e *Iguana iguana* (0.065 ± 0.129 ; Tabela 3).

6.5 Efeito Histórico x Recente

Aproximadamente de 77% dos autovalores apresentados pela pPCA indicam uma relação histórica entre as variáveis morfométricas dos lagartos da Serra Vermelha, enquanto apenas 10.33% se relacionam a eventos de interação recente (Figura 3). O caractere que obteve maior poder de influência na repartição do nicho entre as espécies foi o “tamanho do corpo”, sendo esse fortemente relacionado com a história evolutiva das espécies (Figura 2).

Considerando a dieta, ela parece ser modelada por uma influência combinada de história e interações recentes, sendo a influência histórica representada por 29.93% dos autovalores e as interações recentes 21.93% (Figura 3). Araneae, Diplopoda e Formicidae foram os itens alimentares mais relacionados a interações recentes dentro da taxocenose, em contrapartida, Blattaria e Coleoptera estão mais relacionados a eventos pretéritos (Figura 2).

A análise de sobreposição de nicho espacial indicou ausência estrutura espacial na taxocenose (Tabela 6). Tal distribuição é coerente com o resultado da pPCA, onde a maior parte dos autovalores evidenciam uma distribuição relacionada a interações recentes

(63.37%) (Figura 2), demonstrando plasticidade no uso do micro-habitat entre os lagartos da taxocenose. As variáveis “distância da árvore mais próxima” e “solo exposto” foram as mais significantes de acordo com as análises de sobreposição de nicho, e na pPCA é notável a relação do item “distância da árvore mais próxima” a fatores recentes, enquanto “solo exposto” se apresenta relacionado a fatores históricos (Figura 2).

7 DISCUSSÃO

7.1 Composição de Espécies

A riqueza de lagartos da Serra Vermelha mostra uma taxocenose com uma composição relacionada a Caatinga, onde de 17 espécies amostradas, 13 são típicas da Caatinga, sendo uma delas endêmica, três são típicas do Cerrado e uma outra tem a distribuição diretamente ligada a áreas relictos florestais (MESQUITA et al., 2017). *Glaucmastix venetacauda* é uma espécie endêmica da Caatinga, possuindo uma distribuição restrita ao complexo de Serras do estado do Piauí (ARIAS et al., 2011). *Tropidurus semitaeniatus* é bastante característico da Caatinga, porém também possui ocorrência registrada no Cerrado em áreas de transição entre os biomas (DE CARVALHO; DE BRITTO; FERNANDES, 2013). Considerando *Gymnodactylus*, encontramos apenas *G. geckoides*, típica da Caatinga e sem distribuição registrada no Cerrado (DOMINGOS et al., 2014).

Tropidurus oreadicus, *Colobosaura modesta* e *Hoplocercus spinosus* são típicas do Cerrado e ocorrem na Caatinga de forma restrita, onde as populações de *H. spinosus* e *T. oreadicus* ocupam ambientes de transição com a Caatinga (RODRIGUES, 2003). Já *C. modesta* apresenta uma distribuição ligada a fragmentos de florestas úmidas, assim como é o caso para *Copeoglossum nigropunctatum* (MESQUITA et al., 2017; NOGUEIRA et al., 2011). A ocupação de espécies relativas a variados hábitos evidencia a ampla heterogeneidade ambiental presente na Serra Vermelha, fator fundamental para abrigo de uma taxocenose diversa.

Comparando a riqueza da Serra Vermelha com outras regiões de Serra no sudeste do estado do Piauí, onde são registradas 17 espécies de lagartos no Parque Nacional da Serra da Capivara – PNSCa (Caatinga) (CAVALCANTI et al., 2014) e 21 espécies na área original do Parque Nacional da Serra das Confusões – PNSCo (Caatinga/Cerrado) (VECHIO et al., 2016) é possível visualizar que várias espécies de lagartos coocorrem entre tais áreas.

Das 17 espécies amostradas no presente estudo, 11 ocorrem simultaneamente no PNSCa e no PNSCo, uma é compartilhada apenas com o PNSCa (*Ameivula ocellifera*) e outras 2 são compartilhadas apenas com o PNSCo (*Hoplocercus spinosus* e *Brasiliscincus heathi*). Vechio *et al* (2016) apontam a marcante característica de substituição de espécies entre as áreas anteriormente mencionadas, característica que parece se estender a Serra Vermelha. Apesar de algumas semelhanças, cada região anteriormente mencionada carrega uma riqueza única e elevada, evidenciando a importância ecológica e a necessidade manter o esforço em pesquisa nos ecótonos entre a Caatinga e o Cerrado.

7.2 Nicho Trófico

A taxocenose de lagartos da Serra Vermelha apresentou um uso não aleatório dos recursos considerando o nicho trófico, o que sugere que o alimento pode ser limitante na região, levando as espécies a evitarem sobreposição para amenizar os efeitos da competição. Estrutura trófica em taxocenoses de lagartos são comumente registradas em ambientes áridos/semiáridos neotropicais, estando geralmente associadas a conservatismo de nicho (efeito histórico) (e.g. MESQUITA; COSTA; COLLI, 2006; RABOSKY *et al.*, 2011) ligados principalmente a divergências estabelecidas ainda no início da história evolutiva dos grandes clados que compõem a ordem Squamata (VITT; PIANKA, 2005; WERNECK; COLLI; VITT, 2009), padrão que pode ser parcialmente corroborado com encontrado no presente estudo.

Adicionalmente a influência filogenética, o efeito ecológico recente também atua de forma importante na organização da taxocenose de lagartos da Serra Vermelha, indicando que apesar do conservatismo de nicho, as interações interespecíficas recentes podem estar sendo determinantes para o padrão observado, sendo a escassez de alimento durante os eventos de seca uma provável explicação para esse padrão.

Estrutura trófica em taxocenoses de lagartos também pode ser visualizada em outras regiões com condições hídricas desafiantes, como na Caatinga *strito senso* (GONÇALVES-SOUSA; MESQUITA; ÁVILA, 2019) e em enclaves de floresta tropical sazonalmente seca dentro do Cerrado (WERNECK; COLLI; VITT, 2009). Por outro lado, esse padrão parece ser mais raro em taxocenose de lagartos ocupando ecossistemas de

aporte hídrico maior e/ou mais regular (LUISELLI, 2008), como nas áreas costeiras do Brasil (WINCK et al., 2016) no Cerrado (MESQUITA et al., 2006) e em manchas de savana na Amazônia (MESQUITA; COSTA; COLLI, 2006).

Em ambientes com período de seca marcante, a disponibilidade de presas varia de acordo com os eventos de chuva, onde a produtividade é maior (VASCONCELLOS et al., 2010), o que pode influenciar fortemente a dieta dos lagartos que ocupam tais regiões, embora no Cerrado e nas Savanas Amazônicas, esse decréscimo na disponibilidade hídrica não deva ser limitante aos lagartos (COLLI; PÉRES; ZATZ, 1997). Entretanto, em regiões fortemente influenciadas pela semiárida Caatinga, onde os eventos de seca costumam ser longos e imprevisíveis, é possível que a janela de estiagem seja determinante na repartição do nicho trófico pelos lagartos, potencialmente explicando a forte influência ecológica recente na organização trófica observada na Serra Vermelha ao promover uma ampliação/alteração do nicho (MACARTHUR; PIANKA, 1966), assim como é registrados para várias espécies de lagartos ocorrendo no bioma (FERREIRA et al., 2017; KOLODIUK; RIBEIRO; FREIRE, 2010; SALES; RIBEIRO; FREIRE, 2011).

7.3 Nicho Espacial

Os lagartos da Serra Vermelha apresentaram uma utilização aleatória do nicho espacial, similar ao registrado em outras taxocenoses de lagartos ocupando savanas brasileiras no Cerrado e na Amazônia (MESQUITA et al., 2006; MESQUITA; COSTA; COLLI, 2006; WERNECK; COLLI; VITT, 2009), indicando que aparentemente não exista competição detectável nesse nicho ecológico. A alta variedade de micro-habitat encontrados ao longo do gradiente aberto-florestado da região pode ser um fator importante na diminuição da competição pelo espaço pelos lagartos.

A maior parte dos autovalores da pPCA indicam uma distribuição espacial resultante de interações ecológicas recentes, ainda assim, 28.58% dos autovalores são relacionados a uma influência histórica, corroborando com a ideia de que parte do uso do micro-habitat por lagartos deva ser um reflexo do hábito (relacionado a forma do corpo) e preferências tróficas (WERNECK; COLLI; VITT, 2009).

A influência histórica na organização da taxocenose parece ser alusiva aquelas espécies que possuem um habitat preferencial característico e claramente conservado, como é o caso de *T. semitaeniatus* (saxicola), *H. spinosus* (relacionado a formigueiros e cupinzeiros) e Gymnophthalmidae (fossorial/serrapilhera) (MESQUITA et al., 2017; RIBEIRO; FREIRE, 2010; RODRIGUES, 2003; TORRES-CARVAJAL; ETHERIDGE; QUEIROZ, 2011). Uma importante influência histórica na estrutura espacial da taxocenose de lagartos também foi observada em uma área de Caatinga *strito sensu* no estado de Pernambuco (GONÇALVES-SOUSA; MESQUITA; ÁVILA, 2019), onde nesse caso, tal influencia foi suficiente para determinar a presença de estrutura.

7.4 Nicho Morfométrico

A taxocenose de lagartos da Serra Vermelha apresentou uma forte relação entre a forma do corpo e a herança filogenética das espécies, indicando conservatismo de nicho. A manutenção da forma do corpo entre as gerações é amplamente registrada na literatura (LOSOS, 1996, 2008), formando grupos ecomorfológicos entre espécies proximamente aparentadas. A relação entre proximidade filogenética e forma do corpo pode ser observada nos lagartos em estudo através das análises de sobreposição de nicho morfométrico, onde os maiores valores de sobreposição foram encontrados entre espécies intimamente aparentadas, como *Ameiva ameiva* e *Ameivula ocellifera*, ambas da família Teiidae e fortemente relacionadas (TUCKER et al., 2016), e *Brasiliscincus heathi* e *Copeoglossum nigropunctatum*, ambas da família Mabuyidae (WHITING et al., 2006).

Micrablepharus maximiliani apresentou elevada sobreposição no nicho morfométrico com as espécies da família Mabuyidae. Apesar de não serem diretamente relacionadas, essas espécies tem hábito semelhante (MESQUITA et al., 2006, 2017), sendo a proximidade das espécies em relação a forma do corpo uma provável convergência ao estilo de vida terrestre associado ao folhiço. Assim, a taxocenose de lagartos da Serra Vermelha demonstra estar organizada em grupos de espécies baseados na forma do corpo, forma essa que é determinada fundamentalmente pela história evolutiva das espécies.

8 CONCLUSÃO

A taxocenose de lagartos da Serra Vermelha apresenta uma considerável riqueza de espécies, aparentando maior similaridade com as áreas de Caatinga, apesar de também apresentar espécies típicas do Cerrado e de fragmentos de floresta úmida. Nós observamos estrutura na taxocenose tanto no eixo trófico, quanto no morfométrico, enquanto que no eixo espacial a distribuição das espécies parece ser aleatória. A organização das espécies em relação a sua morfologia tem forte associação com a sua história evolutiva, evidenciando conservatismo de nicho. Já a organização trófica da taxocenose se dá através da influência combinada da história evolutiva e de eventos de interação recente entre as espécies. Pesquisas futuras levando em consideração as diferenças entre habitats presentes na Serra Vermelha, considerando variações no microclima para além das variáveis estruturais, além da coleta ativa dos espécimes buscando informações mais detalhadas acerca de suas distribuições espaciais, são importantes para observar padrões de ocorrência que não foram acessados no presente estudo.

9 FIGURAS

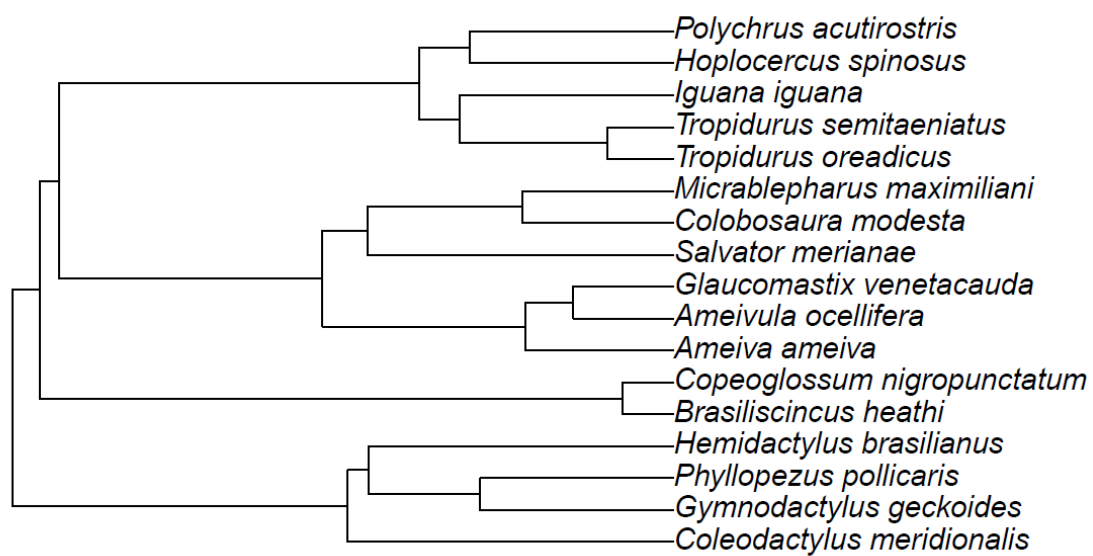


Figura 1 Árvore filogenética da taxocenose de lagartos observados na Serra Vermelha (Redenção do Gurgueia - PI, Brasil) gerada a partir da poda da filogenia do clado Squamata disponibilizada por Tonini et al. 2016.

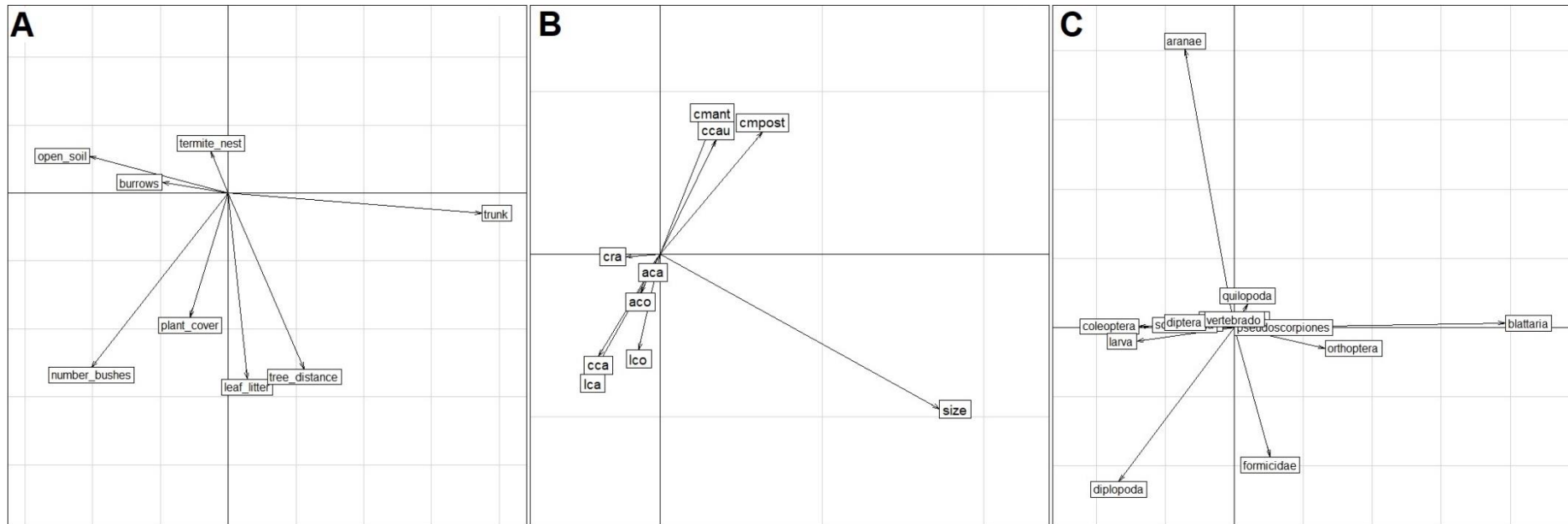


Figura 2 Análises filogenéticas de componentes principais relacionando as matrizes de dados ecológicos com a ocorrência dos lagartos da Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Eixo horizontal representa os componentes principais relacionados a eventos antigos (Global). Eixo vertical representa componentes principais relacionados a interações recentes (Local). A – pPCA considerando variáveis do micro-habitat (*termite_nest* = cupinzeiro; *open_soil* = % de exposição do solo; *burrows* = número de tocas; *trunk* = número de troncos caídos; *plant_cover* = cobertura do dossel; *number_bushes* = número de plantas lenhosas; *leaf_litter* = peso da serrapilheira; *tree_distance* = distância da árvore mais próxima); B – pPCA considerando variáveis morfológicas (*cmant* = comprimento do membro anterior; *ccau* = comprimento da cauda; *cmpost* = comprimento do membro posterior; *cra* = comprimento rostro cloacal; *aca* = altura da cabeça; *aco* = altura do corpo; *lco* = largura do corpo; *cca* = comprimento da cabeça; *lca* = largura da cabeça; *size* = tamanho do corpo); C – pPCA considerando variáveis tróficas.

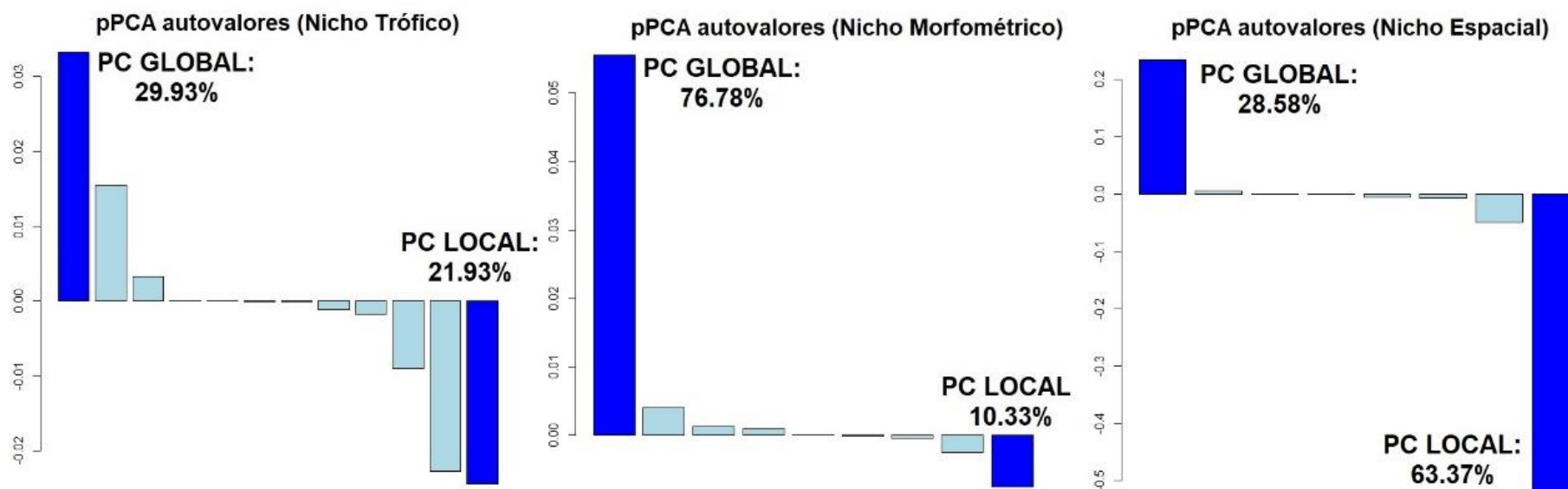


Figura 3 Distribuição dos autovalores resultantes das análises filogenéticas de componentes principais (pPCA). Barras destacadas em azul escuro representam os componentes principais relacionadas a eventos históricos (esquerda) e interações ecológicas recentes (direita).

10 TABELAS

Tabela 1 Análise de sobreposição de nicho trófico de 13 espécies de lagartos (N=166) da Serra Vermelha, Piauí, Brasil. A sobreposição de nicho foi calculada a partir da porcentagem volumétrica de 16 categorias de presa encontradas nos estômagos dos lagartos amostrados. Categorias de presa: Araneae, Blattaria, Coleoptera, Isoptera, Scorpiones, Formicidae, Orthoptera, Hymenoptera, Chilopoda, Diplopoda, Larva de inseto, Diptera, Ovo de inseto, Hemiptera, Pseudoscorpiones e Vertebrados. Células acima da diagonal exibem valor de P dos testes utilizando modelos nulos. Células abaixo da diagonal exibem média da sobreposição de nicho entre os pares de espécie, entre parênteses encontra-se os valores de desvio padrão. Pares de espécies que apresentaram segregação na sobreposição de nicho estatisticamente significativa ($P < 0.05$) estão destacados em negrito. Aa: *Ameiva ameiva*; Ao: *Ameivula ocellifera*; Cme: *Coleodactylus meridionalis*; Cmo: *Colobosaura modesta*; Gsp: *Gymnodactylus geckoides*; Hb: *Hemidactylus brasilianus*; Hs: *Hoplocercus spinosus*; Bh: *Brasiliscincus heathi*; Cn: *Copeoglossum nigropunctatum*; Mn: *Micrablepharus maximiliani*; Pp: *Phyllopezus pollicaris*; To: *Tropidurus oreadicus*; Ts: *Tropidurus semitaeniatus*.

Valores de sobreposição de nicho (dieta)													
	Aa	Ao	Cme	Cmo	Gsp	Hb	Hs	Bh	Cn	Mm	Pp	To	Ts
Aa	x	0.610	<0.001	0.664	0.188	0.071	0.024	0.022	0.003	0.270	0.020	0.025	<0.001
Ao	0.636 (0.180)	x	0.049	0.086	0.233	0.588	0.470	0.547	0.802	0.135	0.456	0.014	0.065
Cme	0.593 (0.195)	0.536 (0.143)	x	0.264	0.365	0.295	0.911	0.274	0.096	0.469	0.413	0.002	0.014
Cmo	0.600 (0.206)	0.637 (0.157)	0.525 (0.146)	x	0.186	0.311	0.807	0.828	0.620	0.434	0.760	<0.001	0.436
Gsp	0.641 (0.143)	0.663 (0.101)	0.613 (0.171)	0.631 (0.116)	x	0.488	0.943	0.979	0.968	0.705	0.938	<0.001	0.603
Hb	0.604	0.659	0.597	0.613	0.668	x	0.828	0.824	0.981	0.617	0.893	0.008	0.216

	(0.145)	(0.125)	(0.183)	(0.117)	(0.110)								
Hs	0.600	0.539	0.684	0.526	0.616	0.601	x	0.723	0.528	0.952	0.863	0.050	0.142
	(0.149)	(0.104)	(0.145)	(0.123)	(0.101)	(0.123)							
Bh	0.602	0.542	0.644	0.527	0.625	0.600	0.687	x	0.363	0.788	0.963	0.160	0.287
	(0.156)	(0.104)	(0.168)	(0.121)	(0.104)	(0.115)	(0.115)						
Cn	0.621	0.608	0.658	0.554	0.664	0.664	0.665	0.649	x	0.886	0.491	0.037	0.045
	(0.134)	(0.123)	(0.183)	(0.140)	(0.108)	(0.120)	(0.116)	(0.091)					
Mm	0.618	0.657	0.591	0.672	0.703	0.667	0.598	0.573	0.627	x	0.883	<0.001	0.337
	(0.183)	(0.127)	(0.149)	(0.150)	(0.101)	(0.129)	(0.120)	(0.090)	(0.138)				
Pp	0.602	0.539	0.655	0.524	0.616	0.610	0.598	0.715	0.660	0.582	x	0.046	0.123
	(0.155)	(0.106)	(0.184)	(0.122)	(0.101)	(0.133)	(0.135)	(0.142)	(0.116)	(0.111)			
To	0.371	0.480	0.316	0.423	0.416	0.413	0.315	0.335	0.351	0.449	0.319	x	0.011
	(0.150)	(0.230)	(0.145)	(0.198)	(0.172)	(0.185)	(0.128)	(0.160)	(0.145)	(0.173)	(0.134)		
Ts	0.584	0.539	0.634	0.540	0.629	0.588	0.638	0.645	0.650	0.582	0.632	0.335	X
	(0.212)	(0.172)	(0.238)	(0.165)	(0.174)	(0.188)	(0.189)	(0.160)	(0.191)	(0.180)	(0.188)	(0.141)	

Tabela 2 Análise de sobreposição de nicho trófico de 13 espécies de lagartos (N=166) da Serra Vermelha, Piauí, Brasil. Resultado dos testes de sobreposição de nicho utilizando modelos nulos afim de avaliar o uso não-aleatório do nicho trófico baseado na presença de 16 categorias de presa. Ar: Aranea; Bl: Blattaria; Co: Coleoptera; Is: Isoptera; Sc: Scorpiones; Fo: Formicidae; Or: Orthoptera; Hy: Hymenoptera; Ch: Chilopoda; LI: larva de inseto; Dpt: Diptera; OI: ovo de inseto; He: Hemiptera; Dpp: Diplopoda; Os: Pseudoscorpiones; Ve: vertebrados; Geral: Média do coeficiente de heterogeneidade entre as 16 categorias de presas. Valores exibem valor de P dos testes realizados utilizando modelos nulos. Valores estatisticamente significantes estão destacados em negrito ($P < 0.05$).

	Ar	Bl	Co	Is	Sc	Fo	Or	Hy	Ch	LI	Dpt	OI	He	Dpp	Ps	Ve	Geral
Uniformidade	0.972	0.917	0.821	0.413	0.329	0.887	0.130	0.519	0.562	0.443	0.970	0.646	0.280	0.880	0.080	0.483	0.975
Agrupamento	0.028	0.083	0.179	0.587	0.592	0.113	0.820	<0.001	0.438	0.557	0.030	0.354	0.720	0.120	0.916	<0.001	0.025

Tabela 3 Análise de sobreposição de nicho morfométrico de 17 espécies de lagartos (N=671) da Serra Vermelha, Piauí, Brasil. Sobreposição de nicho foi calculada com base em 10 variáveis morfométricas contínuas: Tamanho do Corpo (ajustado); Comprimento rostro-cloacal; Comprimento da cauda; Largura do corpo; Altura do corpo; Largura da cabeça; Altura da cabeça; Comprimento da cabeça; Comprimento do membro anterior; Comprimento do membro posterior. Valores acima da diagonal exibem valor de P dos testes utilizando modelos nulos. Valores abaixo da diagonal representam média da sobreposição de nicho entre os pares de espécie, entre parênteses encontra-se os valores de desvio padrão. Pares de espécies que apresentaram segregação na sobreposição de nicho estatisticamente significativa ($P < 0.05$) estão destacados em negrito. Aa: *Ameiva ameiva*; Ao: *Ameivula ocellifera*; Cme: *Coleodactylus meridionalis*; Cmo: *Colobosaura modesta*; Gsp: *Gymnodactylus geckoides*; Hb: *Hemidactylus brasiliensis*; Hs: *Hoplocercus spinosus*; Bh: *Brasiliscincus heathi*; Cn: *Copeoglossum nigropunctatum*; Mn: *Micrablepharus maximiliani*; Pp: *Phyllopezus pollicaris*; To: *Tropidurus oreadicus*; Ts: *Tropidurus semitaeniatus*; Gv: *Glaucomastix venetacauda*; Ii: *Iguana iguana*; Pa: *Polychrus acutirostris*; Sm: *Salvator merianae*.

Sobreposição de nicho (morfologia)																	
	Aa	Ao	Bh	Cme	Cmo	Cn	Gv	Gg	Hb	Hs	Ii	Mm	Pp	Pa	Sm	To	Ts
Aa	X	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.363	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.066	0.054	0.000	0.000
Ao	0.687 (0.202)	x	0.000	0.000	0.000	0.000	0.248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042	0.009	0.000	0.000
Bh	0.440 (0.315)	0.423 (0.277)	x	0.000	0.000	0.013	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.002	0.000	0.000
Cme	0.306 (0.310)	0.236 (0.231)	0.486 (0.294)	x	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000
Cmo	0.291 (0.301)	0.287 (0.255)	0.581 (0.307)	0.428 (0.285)	x	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000
Cn	0.378 (0.245)	0.372 (0.217)	0.701 (0.099)	0.471 (0.306)	0.513 (0.282)	x	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062	0.002	0.000	0.000
Gv	0.604 (0.198)	0.587 (0.173)	0.466 (0.313)	0.299 (0.207)	0.381 (0.285)	0.391 (0.239)	x	0.016	0.017	0.000	0.005	0.020	0.025	0.108	0.037	0.017	0.000

Gg	0.344 (0.339)	0.302 (0.308)	0.429 (0.253)	0.551 (0.277)	0.322 (0.243)	0.440 (0.276)	0.391 (0.234)	x	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.068	0.001	0.000	0.000
Hb	0.346 (0.322)	0.326 (0.290)	0.497 (0.356)	0.547 (0.292)	0.370 (0.302)	0.488 (0.325)	0.402 (0.240)	0.652 (0.189)	x	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000
Hs	0.242 (0.255)	0.189 (0.257)	0.177 (0.224)	0.234 (0.212)	0.117 (0.140)	0.203 (0.210)	0.204 (0.243)	0.383 (0.263)	0.333 (0.248)	x	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000
Ii	0.336 (0.226)	0.263 (0.274)	0.145 (0.240)	0.121 (0.238)	0.169 (0.222)	0.132 (0.250)	0.251 (0.182)	0.133 (0.274)	0.133 (0.228)	0.065 (0.129)	x	0.000	0.000	0.022	0.001	0.000	0.000
Mm	0.468 (0.356)	0.436 (0.315)	0.706 (0.180)	0.447 (0.269)	0.499 (0.315)	0.620 (0.218)	0.427 (0.268)	0.442 (0.248)	0.411 (0.273)	0.237 (0.268)	0.122 (0.191)	x	0.000	0.079	0.002	0.000	0.000
Pp	0.369 (0.312)	0.392 (0.329)	0.402 (0.305)	0.381 (0.211)	0.335 (0.305)	0.400 (0.271)	0.430 (0.273)	0.535 (0.212)	0.563 (0.187)	0.416 (0.296)	0.100 (0.159)	0.435 (0.305)	x	0.046	0.001	0.000	0.000
Pa	0.282 (0.234)	0.255 (0.228)	0.293 (0.211)	0.217 (0.205)	0.201 (0.201)	0.262 (0.203)	0.243 (0.234)	0.286 (0.312)	0.245 (0.259)	0.202 (0.294)	0.180 (0.232)	0.301 (0.227)	0.255 (0.254)	x	0.075	0.026	0.000
Sm	0.456 (0.242)	0.369 (0.212)	0.306 (0.271)	0.278 (0.336)	0.197 (0.237)	0.289 (0.272)	0.314 (0.203)	0.277 (0.282)	0.229 (0.253)	0.224 (0.246)	0.207 (0.200)	0.325 (0.283)	0.234 (0.237)	0.226 (0.194)	x	0.007	0.000
To	0.462 (0.291)	0.403 (0.256)	0.373 (0.373)	0.337 (0.327)	0.311 (0.330)	0.352 (0.298)	0.422 (0.216)	0.336 (0.253)	0.285 (0.292)	0.298 (0.279)	0.243 (0.243)	0.306 (0.363)	0.450 (0.310)	0.227 (0.235)	0.382 (0.309)	x	0.000
Ts	0.304 (0.212)	0.266 (0.158)	0.223 (0.222)	0.184 (0.235)	0.178 (0.204)	0.320 (0.302)	0.308 (0.179)	0.123 (0.161)	0.099 (0.090)	0.159 (0.258)	0.140 (0.198)	0.234 (0.222)	0.202 (0.190)	0.067 (0.062)	0.218 (0.288)	0.422 (0.303)	x

Tabela 4 Análise de sobreposição de nicho morfométrico de 17 espécies de lagartos (N=671) da Serra Vermelha, Piauí, Brasil. Resultado dos testes utilizando modelos nulos para agrupamento ou segregação no nicho morfométrico baseado nos valores de 10 variáveis morfométricas. TC:Tamanho do Corpo (ajustado); CRC: Comprimento rostro cloacal; CCau: Comprimento da cauda; Lco: Largura do corpo; ACo: Altura do corpo; LCa: Largura da cabeça; ACa: Altura da cabeça; CCa: Comprimento da cabeça; CMAnt: Comprimento do membro anterior; CMPost: Comprimento do membro posterior; Valores estatisticamente significantes estão destacados em negrito ($P < 0.05$).

	TC	CRC	CCau	LCo	ACo	LCa	ACa	CCa	CMAnt	CMPost	Geral
Uniformidade	0.991	0.913	0.649	0.912	0.955	0.831	0.822	0.994	0.874	0.978	0.999
Agrupamento	0.009	0.087	0.351	0.088	0.045	0.169	0.178	0.006	0.126	0.022	0.001

Tabela 5 Análise de sobreposição de nicho espacial de 556 indivíduos de 12 espécies de lagartos da Serra Vermelha, Piauí, Brasil. Sobreposição de nicho foi calculada com base em 8 variáveis referentes ao micro-habitat, sendo elas: número de troncos caídos; número de cupinzeiros; % de cobertura do dossel; % de exposição do solo exposto; peso da serrapilheira; número de plantas lenhosas; número de tocas; distância da árvore mais próxima. Células acima da diagonal exibem valor de P dos testes utilizando modelos nulos. Células abaixo da diagonal representam média da sobreposição de nicho entre os pares de espécie e entre parênteses encontram-se os valores de desvio padrão. Pares de espécies que apresentaram segregação na sobreposição de nicho estatisticamente significativa ($P < 0.05$) estão destacados em negrito. Aa: *Ameiva ameiva*; Ao: *Ameivula ocellifera*; Cme: *Coleodactylus meridionalis*; Cmo: *Colobosaura modesta*; Gg: *Gymnodactylus geckoides*; Hb: *Hemidactylus brasilianus*; Hs: *Hoplocercus spinosus*; Bh: *Brasiliscincus heathi*; Cn: *Copeoglossum nigropunctatum*; Mn: *Micrablepharus maximiliani*; Pp: *Phyllopezus pollicaris*; To: *Tropidurus oreadicus*.

Valores de sobreposição de nicho (Microhabitat)												
	Aa	Ao	Cme	Cmo	Gg	Hb	Hs	Bh	Cn	Mm	Pp	To
Aa	x	0.007	0.055	0.012	0.000	0.053	0.114	0.008	0.270	0.159	0.677	0.009
Ao	0.537 (0.201)	x	0.007	0.000	0.002	0.436	0.008	0.164	0.030	0.000	0.191	0.015
Cme	0.609 (0.148)	0.657 (0.090)	x	0.000	0.003	0.892	0.104	0.087	0.348	0.362	0.420	0.494
Cmo	0.588 (0.148)	0.491 (0.274)	0.612 (0.193)	x	0.000	0.000	0.430	0.000	0.067	0.008	0.828	0.000
Gsp	0.389 (0.204)	0.543 (0.222)	0.558 (0.275)	0.468 (0.143)	x	0.008	0.026	0.000	0.051	0.000	0.182	0.000
Hb	0.591 (0.195)	0.759 (0.091)	0.807 (0.082)	0.545 (0.266)	0.571 (0.256)	x	0.022	0.736	0.420	0.065	0.366	0.985
Hs	0.521 (0.185)	0.461 (0.247)	0.558 (0.175)	0.668 (0.167)	0.471 (0.247)	0.468 (0.191)	x	0.006	0.066	0.196	0.439	0.009
Bh	0.550	0.773	0.718	0.498	0.574	0.800	0.453	x	0.140	0.000	0.199	0.251

	(0.200)	(0.086)	(0.099)	(0.270)	(0.241)	(0.097)	(0.244)					
Cn	0.555	0.480	0.609	0.526	0.479	0.614	0.425	0.569	x	0.535	0.540	0.191
	(0.165)	(0.178)	(0.179)	(0.175)	(0.307)	(0.183)	(0.185)	(0.196)				
Mm	0.682	0.577	0.774	0.721	0.188	0.687	0.610	0.626	0.664	x	0.834	0.000
	(0.119)	(0.139)	(0.108)	(0.137)	(0.194)	(0.130)	(0.133)	(0.158)	(0.151)			
Pp	0.545	0.438	0.508	0.611	0.426	0.483	0.473	0.441	0.467	0.609	x	0.223
	(0.239)	(0.239)	(0.209)	(0.196)	(0.206)	(0.260)	(0.243)	(0.257)	(0.261)	(0.248)		
To	0.580	0.762	0.801	0.549	0.577	0.844	0.498	0.825	0.601	0.695	0.471	x
	(0.163)	(0.057)	(0.071)	(0.223)	(0.226)	(0.049)	(0.172)	(0.069)	(0.176)	(0.119)	(0.223)	

Tabela 6 Análise de sobreposição de nicho espacial de 556 indivíduos de 12 espécies de lagartos da Serra Vermelha, Piauí, Brasil. Resultado dos testes utilizando modelos nulos para agrupamento ou segregação no nicho espacial, baseado nos valores de 08 variáveis do micro-habitat.

	Tr	Cu	CV	SoE	Se	PL	To	DAMP	Geral
Uniformidade	0.669	0.747	0.236	0.969	0.297	0.597	0.353	0.951	0.743
Agrupamento	0.331	0.253	0.764	0.031	0.703	0.403	0.647	0.049	0.257

Tabela 7 Composição da Dieta dos lagartos amostrados na Serra vermelha (Redenção do Gurgueia - Piauí, Brasil), valores indicados representam a porcentagem volumétrica média ocupada por cada item no estômago das espécies. Colunas – Espécies; Linhas – Itens alimentares. Ar: Aranea; Bl: Blattaria; Co: Coleoptera; Is: Isoptera; Sc: Scorpiones; Fo: Formicidae; Or: Orthoptera; Hy: Hymenoptera; Ch: Chilopoda; LI: larva de inseto; Dpt: Diptera; OI:Ovo de inseto; He: Hemiptera; Dpp: Diplopoda; Os: Pseudoscorpiones; Ve: vertebrados

[illegible]

11 REFERÊNCIAS

- ALVES, L. E. R. et al. Parâmetros biofísicos aplicados no parque nacional da serra das confusões, piauí-brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 4, p. 597–604, 2020.
- ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; FONSECA, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. **Landscape Ecology**, v. 33, n. 8, p. 1353–1367, 2018.
- ARAUJO, A. S. F. et al. Distinct taxonomic composition of soil bacterial community across a native gradient of Cerrado-Ecotone-Caatinga. **Applied Soil Ecology**, v. 161, 2021.
- ARGIBAY, D. S.; SPARACINO, J.; ESPINDOLA, G. M. A long-term assessment of fire regimes in a Brazilian ecotone between seasonally dry tropical forests and savannah. **Ecological Indicators**, v. 113, n. February 2019, p. 106151, 2020.
- ARIAS, F. et al. Two new species of Cnemidophorus (Squamata: Teiidae) from the Caatinga, Northwest Brazil. **Zootaxa**, n. 3022, p. 1–21, 2011.
- BARROS, R. A. et al. Diversity patterns of lizard assemblages from a protected habitat mosaic in the Brazilian Cerrado savanna. **Journal of Tropical Ecology**, p. 1–11, 2022.
- BEIRÃO, M. V. et al. High butterfly beta diversity between Brazilian cerrado and cerrado–caatinga transition zones. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, n. 5–6, p. 849–860, 2017.
- BENÍCIO, R. A. et al. Comunidade de anuros em uma área de ecótono no nordeste do Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 9, n. 3, p. 511–517, 2014.
- BRAAK, C. J. F. TER. Canonical Correspondence Analysis : A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. **Ecology**, v. 67, n. 5, p. 1167–1179, 1986.
- BRAMER, I. et al. Advances in Monitoring and Modelling Climate at Ecologically Relevant Scales. **Advances in Ecological Research**, v. 58, p. 101–161, 2018.
- BURNABY, T. P. Growth-Invariant Discriminant Functions and Generalized Distances. **Biometrics**, v. 22, n. 1, p. 96–110, 1966.
- CALDAS, F. L. S. et al. Spatial and Trophic Structure of Anuran Assemblages in Environments with Different Seasonal Regimes in the Brazilian Northeast Region. **Copeia**, v. 107, n. 3, p. 567, 2019.
- CAMARGO, A.; SINERVO, B.; SITES, J. W. Lizards as model organisms for linking phylogeographic and speciation studies. **Molecular Ecology**, v. 19, n. 16, p. 3250–3270, 2010.
- CARVALHO, L. R. S.; BARROS, F. Physical habitat structure in marine ecosystems: the meaning of complexity and heterogeneity. **Hydrobiologia**, v. 797, n. 1, p. 1–9, 2017.

CASTRO, A. A. J. F. et al. Diversidade de Espécies e de Ecossistemas da Vegetação Remanescente da Serra Vermelha, Área de Chapada, Municípios de Curimatá, Redenção do Gurguéia e Morro Cabeça no Tempo, Sudeste do Piauí. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas**, n. 23, 2009.

CASTRO, E. R. et al. Effects of Environmental Variables and Habitat Integrity on the Structure of the Aquatic Insect Communities of Streams in the Cerrado-Caatinga Ecotone in Northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 1, p. 21–31, 2021.

CAVALCANTI, L. B. DE Q. et al. Herpetofauna of protected areas in the Caatinga II: Serra da Capivara National Park, Piauí, Brazil. **Check List**, v. 10, n. 1, p. 18–27, 2014.

CHAO, A. et al. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. **Ecological Monographs**, v. 84, n. 1, p. 45–67, 2014.

CLIMATE-DATA.ORG. **CLIMA REDENÇÃO DO GURGUÉIA**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/piaui/redencao-do-gurgueia-312522/>>.

COLLI, G. R.; PÉRES, A. K.; ZATZ, M. G. Foraging Mode and Reproductive Seasonality in Tropical Lizards. **Journal of Herpetology**, v. 31, n. 4, p. 490–499, 1997.

COSTA, B. M. et al. Long-term, fire-induced changes in habitat structure and microclimate affect Cerrado lizard communities. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 5, p. 1659–1681, 2020.

DA SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographical patterns and conservation in the South American Cerrado: A tropical savanna hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225–233, 2002.

DA SILVA, M. B.; DA ROCHA, W. A.; NOGUEIRA-PARANHOS, J. D. Checklist of reptiles of the Amazonia-Caatinga-Cerrado Ecotonal zone in eastern Maranhão, Brazil. **Herpetology Notes**, v. 9, n. February, p. 7–14, 2016.

DE CARVALHO, A. L. G.; DE BRITTO, M. R.; FERNANDES, D. S. Biogeography of the Lizard Genus *Tropidurus* Wied-Neuwied, 1825 (Squamata: Tropiduridae): Distribution, Endemism, and Area Relationships in South America. **PLoS ONE**, v. 8, n. 3, p. 1–14, 2013.

DOMINGOS, F. M. C. B. et al. Out of the deep: Cryptic speciation in a Neotropical gecko (Squamata, Phyllodactylidae) revealed by species delimitation methods. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 80, n. 1, p. 113–124, 2014.

FARAWAY, J. J. Generalized Linear Models. In: **Extending the Linear Model with R Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models**. 2. ed. [s.l.] Taylor & Francis Group, LLC, 2016. p. 151–173.

FERREIRA, A. S. et al. The diet of six species of lizards in an area of Caatinga, Brazil. **Herpetological Journal**, v. 27, n. 2, p. 151–160, 2017.

FERRIER, S. et al. Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. **Diversity and Distributions**, v. 13, n. 3, p. 252–264, 2007.

FRANÇA, F. G. R. et al. Phylogeny and ecology determine morphological structure in a snake assemblage in the central Brazilian Cerrado. **Copeia**, n. 1, p. 23–38, 2008.

- FUKAMI, T. Sequence effects of disturbance on community structure. **Oikos**, v. 92, n. 2, p. 215–224, 2001.
- GEANGE, S. W. et al. A unified analysis of niche overlap incorporating data of different types. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 2, n. 2, p. 175–184, 2011.
- GONÇALVES-SOUSA, J. G.; MESQUITA, D. O.; ÁVILA, R. W. Structure of a lizard assemblage in a semiarid habitat of the Brazilian caatinga. **Herpetologica**, v. 75, n. 4, p. 301–314, 2019.
- GONÇALVES, G. R. et al. The relationship between bird distribution patterns and environmental factors in an ecotone area of northeast Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 140, p. 6–13, 2017.
- GOTELLI, N. J.; MCCABE, D. J. Species Co-Occurrence: A Meta-Analysis of J. M. Diamond's Assembly Rules Model. **Ecology**, v. 83, n. 8, p. 2091, 2002.
- GRÄLER, B.; PEBESMA, E.; HEUVELINK, G. Spatio-temporal interpolation using gstat. **R Journal**, v. 8, n. 1, p. 204–218, 2016.
- HARDIN, G. The Competitive Exclusion Principle. **Science**, v. 131, n. 3409, p. 1292–1297, 1960.
- HILLERISLAMBERS, J. et al. Rethinking community assembly through the lens of coexistence theory. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 43, p. 227–248, 2012.
- HOFMANN, G. S. et al. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, v. 27, n. 17, p. 4060–4073, 2021.
- HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous inference in general parametric models. **Biometrical Journal**, v. 50, n. 3, p. 346–363, 2008.
- HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 12, p. 1451–1456, 2016.
- HUEY, R. B. et al. Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 276, n. 1664, p. 1939–1948, 2009.
- JOMBART, T. et al. Putting phylogeny into the analysis of biological traits: A methodological approach. **Journal of Theoretical Biology**, v. 264, n. 3, p. 693–701, 2010.
- KAMILAR, J. M.; COOPER, N. Phylogenetic signal in primate behaviour, ecology and life history. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1618, 2013.
- KARK, S. Effects of Ecotones on Biodiversity. In: **Encyclopedia of biodiversity**. [s.l: s.n.], p. 142–148.
- KARK, S. Effects of Ecotones on Biodiversity. In: **Encyclopedia of Biodiversity**. [s.l: s.n.], p. 142–148.
- KLINK, C. A. et al. The role of vegetation on the dynamics of water and fire in the cerrado ecosystems: Implications for management and conservation. **Plants**, v. 9, n. 12,

p. 1–27, 2020.

KNELMAN, J. E. et al. Multiple, compounding disturbances in a forest ecosystem: Fire increases susceptibility of soil edaphic properties, bacterial community structure, and function to change with extreme precipitation event. **Soil Systems**, v. 3, n. 2, p. 1–16, 2019.

KOLODIUK, M. F.; RIBEIRO, L. B.; FREIRE, E. M. X. Diet and Foraging Behavior of Two Species of *Tropidurus* (Squamata, Tropiduridae) in the Caatinga of Northeastern Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 5, n. 1, p. 35–44, 2010.

KRUSKAL, J. B. Multidimensional Scaling by Optimizing Goodness of Fit to a Nonmetric Hypothesis. **Psychometrika**, v. 29, n. 1, 1964.

KURSA, M. B.; RUDNICKI, W. R. Feature selection with the boruta package. **Journal of Statistical Software**, v. 36, n. 11, p. 1–13, 2010.

LANNA, F. M. et al. Identifying traits that enable lizard adaptation to different habitats. **Journal of Biogeography**, v. 49, n. 1, p. 104–116, 2022.

LEBRIJA-TREJOS, E. et al. Functional traits and environmental filtering drive community assembly in a species-rich tropical system. **Ecology**, v. 91, n. 2, p. 386–398, 2010.

LOMBARDI, L. et al. Habitat-related differences in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) abundance, distribution, and activity. **Journal of Mammalogy**, v. 84, n. 1, p. 26–36, 2003.

LOSOS, J. B. Phylogenetic Perspectives on Community Ecology. **Ecology**, v. 77, n. 5, p. 1344–1354, 1996.

LOSOS, J. B. Phylogenetic niche conservatism, phylogenetic signal and the relationship between phylogenetic relatedness and ecological similarity among species. **Ecology Letters**, v. 11, n. 10, p. 995–1003, 2008.

LUISELLI, L. Do lizard communities partition the trophic niche? A worldwide meta-analysis using null models. **Oikos**, v. 117, n. 3, p. 321–330, 2008.

MACARTHUR, R. H.; PIANKA, E. R. On Optimal Use of a Patchy Environment. **The American Naturalist**, v. 100, n. 916, p. 603–609, 1966.

MACEDO, W. DE S. et al. Análise do componente arbóreo em uma área de ecótono Cerrado-Caatinga no sul do Piauí, Brasil. **Scientia Plena**, v. 15, n. 1, p. 1–11, 2019.

MADELLA-AURICCHIO, C. R.; AURICCHIO, P.; SOARES, E. S. Reptile species composition in the middle Gurguéia and comparison with inventories in the Eastern Parnaíba river Basin, State of Piauí, Brazil. **Papeis Avulsos de Zoologia**, v. 57, n. 28, p. 375–386, 2017.

MAY, R. M.; CRAWLEY, M. J.; SUGIHARA, G. Communities : patterns. In: **Theoretical Ecology**. 3. ed. [s.l: s.n.]. p. 111–131.

MESQUITA, D. O. et al. Ecology of a Cerrado Lizard Assemblage in the Jalapão Region of Brazil. **Copeia**, v. 2006, n. 3, p. 460–471, 2006.

MESQUITA, D. O. et al. Juxtaposition and Disturbance: Disentangling the Determinants of Lizard Community Structure. **Biotropica**, v. 47, n. 5, p. 595–605,

2015.

MESQUITA, D. O. et al. Species Composition, Biogeography, and Conservation of the Caatinga Lizards. In: SILVA, J. M. C. DA; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Eds.). . **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. 1. ed. [s.l.: s.n.]. p. 151–180.

MESQUITA, D. O.; COSTA, G. C.; COLLI, G. R. Ecology of an Amazonian Savanna Lizard Assemblage in Monte Alegre, Pará State, Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 1, n. 1, p. 61–71, 2006.

MILLING, C. R. et al. Habitat structure modifies microclimate: An approach for mapping fine-scale thermal refuge. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 6, p. 1648–1657, 2018.

MOKANY, K. et al. A working guide to harnessing generalized dissimilarity modelling for biodiversity analysis and conservation assessment. **Global Ecology and Biogeography**, v. 31, n. 4, p. 802–821, 2022.

NOGUEIRA, C. et al. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: Distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. **Journal of Biogeography**, v. 38, n. 10, p. 1907–1922, 2011.

NOGUEIRA, C.; COLLI, G. R.; MARTINS, M. Local richness and distribution of the lizard fauna in natural habitat mosaics of the Brazilian Cerrado. **Austral Ecology**, v. 34, n. 1, p. 83–96, 2009.

NOGUEIRA, C.; VALDUJO, P. H.; FRANÇA, F. G. R. Habitat variation and lizard diversity in a Cerrado area of Central Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 40, n. 2, p. 105–112, 2005.

OKSANEN, J.; SIMPSON, G. L.; BLANCHET, F. G. **Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5–7**. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2022.

ORTEGA, Z. et al. Disentangling the role of heat sources on microhabitat selection of two Neotropical lizard species. **Journal of Tropical Ecology**, v. 35, n. 4, p. 149–156, 2019.

PETERSON, A. T. Ecological niche conservatism: A time-structured review of evidence. **Journal of Biogeography**, v. 38, n. 5, p. 817–827, 2011.

PETERSON, A. T.; SOBERÓN, J.; SÁNCHEZ-CORDERO, V. Conservatism of Ecological Niches in Evolutionary Time. **Science**, v. 285, n. 5431, p. 1265–1267, 1999.

PIANKA, B. E. R.; VITT, L. J. Lizards : Windows to the Evolution of Diversity Raptors of Western North America. **Canadian Field-Naturalist**, n. page 7, p. 141–142, 2004.

PIANKA, E. R. The structure of lizard communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 53–74, 1973.

RABOSKY, D. L. et al. Species interactions mediate phylogenetic community structure in a hyperdiverse lizard assemblage from arid Australia. **American Naturalist**, v. 178, n. 5, p. 579–595, 2011.

RIBEIRO, L. B.; FREIRE, E. M. X. Thermal ecology and thermoregulatory behaviour

- of *Tropidurus hispidus* and *T. semitaeniatus* in a caatinga area of northeastern Brazil. **Herpetological Journal**, v. 20, n. 3, p. 201–208, 2010.
- RICKLEFS, R. E. **The Economy of Nature**. [s.l.] Macmillan, 2008a.
- RICKLEFS, R. E. Estrutura da Comunidade. In: **A Economia da Natureza**. [s.l.] Macmillan, 2008b.
- RODRIGUES, F. DA S.; PRUDENTE, A. L. DA C. The snake assemblage (Squamata: Serpentes) of a cerrado-caatinga transition area in castelo do piauí, state of piauí, Brazil. **Zoologia**, v. 28, n. 4, p. 440–448, 2011.
- RODRIGUES, M. T. Herpetofauna da Caatinga. In: **Ecologia e Conservação da Caatinga**. [s.l.: s.n.]. p. 181–236.
- SALES, R. F. D.; RIBEIRO, L. B.; FREIRE, E. M. X. Feeding ecology of *Ameiva ameiva* in a caatinga area of northeastern Brazil. **Herpetological Journal**, v. 21, n. 3, p. 199–207, 2011.
- SANTOS, D. P. et al. Physical-hydric attributes in latossolo amarelo under systems of use in the cerrado/ caatinga ecotone areas in Piauí state, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 93, n. 4, p. 1–14, 2021.
- SCHEFFERS, B. R. et al. Microhabitats reduce animal's exposure to climate extremes. **Global Change Biology**, v. 20, n. 2, p. 495–503, 2014.
- SCHOENER, T. W. Population growth regulated by intraspecific competition for energy or time: Some simple representations. **Theoretical Population Biology**, v. 4, n. 1, p. 56–84, 1973.
- SEARS, M. W. et al. Configuration of the thermal landscape determines thermoregulatory performance of ectotherms. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 38, p. 10595–10600, 2016.
- SILVA, J. M. C. DA et al. **The Caatinga: Understanding the Challenges**. [s.l.: s.n.].
- SILVA, H. F. et al. Seasonal variation in the occurrence of fungi associated with forest species in a cerrado-caatinga transition area. **Revista Arvore**, v. 44, p. 1–9, 2020.
- SILVA, M. B.; CARVALHO, L. S.; RODRIGUES, V. Reptiles in an ecotonal area in northern state of Piauí, Brazil. **Boletim do Museu Biológico Mello Leitão**, v. 37, n. 4, p. 437–455, 2015.
- SOCOLAR, J. B. et al. How Should Beta-Diversity Inform Biodiversity Conservation? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 31, n. 1, p. 67–80, 2016.
- SOMERS, K. M. Multivariate allometry and removal of size with principal components analysis. **Systematic Biology**, v. 35, n. 3, p. 359–368, 1986.
- STEIN, A.; GERSTNER, K.; KREFT, H. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. **Ecology Letters**, v. 17, n. 7, p. 866–880, 2014.
- SUEIRO, M. C.; BORTOLUS, A.; SCHWINDT, E. Habitat complexity and community composition: Relationships between different ecosystem engineers and the associated macroinvertebrate assemblages. **Helgoland Marine Research**, v. 65, n. 4, p. 467–477, 2011.

- TEIXEIRA, M. G. et al. The Brazilian Caatinga protected areas: an extremely unbalanced conservation system. **Environmental Conservation**, v. 48, n. 4, p. 287–294, 2021.
- TERRA, M. DE C. N. S. et al. Water availability drives gradients of tree diversity, structure and functional traits in the Atlantic-Cerrado-Caatinga transition, Brazil. **Journal of Plant Ecology**, v. 11, n. 6, p. 803–814, 2018.
- TEWKSBNRY, J. J.; HUEY, R. B.; DEUTSCH, C. A. Putting the heat on tropical animals. **Science**, v. 320, n. 5881, p. 1296–1297, 2008.
- TONINI, J. F. R. et al. Fully-sampled phylogenies of squamates reveal evolutionary patterns in threat status. **Biological Conservation**, v. 204, p. 23–31, 2016.
- TORRES-CARVAJAL, O.; ETHERIDGE, R.; QUEIROZ, K. D. E. A systematic revision of Neotropical lizards in the clade Hoplocercinae (Squamata: Iguania). **Zootaxa**, v. 44, p. 1–44, 2011.
- TUCKER, D. B. et al. Methodological congruence in phylogenomic analyses with morphological support for teiid lizards (Sauria: Teiidae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 103, p. 75–84, 2016.
- VANZOLINI, P. E. Distributional patterns of South American lizards. **Academia Brasileira de Ciências**, p. 12–16, 1988.
- VASCONCELLOS, A. et al. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 471–476, 2010.
- VECHIO, F. D. et al. The herpetofauna of Parque Nacional da Serra das Confusões, state of Piauí, Brazil, with a regional species list from an ecotonal area of Cerrado and Caatinga. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 3, 2016.
- VERAS, D. S. et al. Differences in land use modify odonata assemblages in the cerrado-caatinga ecotone. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, p. 1–11, 2020.
- VIEIRA, O. Q.; DE OLIVEIRA, T. G. Non-volant mammalian species richness in the ecotonal Brazilian midnorth: Checklist for Maranhão state. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 2, p. 1–14, 2020.
- VILLASEÑOR, N. R. et al. Strong influence of local habitat structure on mammals reveals mismatch with edge effects models. **Landscape Ecology**, v. 30, n. 2, p. 229–245, 2015.
- VITT, L. J. et al. Detecting variation in microhabitat use in low-diversity lizard assemblages across small-scale habitat gradients. **Journal of Herpetology**, v. 41, n. 4, p. 654–663, 2007.
- VITT, L. J.; PIANKA, E. R. Deep history impacts present-day ecology and biodiversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 22, p. 7877–7881, 2005.
- W. L. BROWN, J.; WILSON, E. O. Character Displacement. **Systematic Zoology**, v. 5, n. 2, p. 49–64, 1956.
- WERNECK, F. P.; COLLI, G. R.; VITT, L. J. Determinants of assemblage structure in Neotropical dry forest lizards. **Austral Ecology**, v. 34, n. 1, p. 97–115, 2009.

WHITING, A. S. et al. Comparing alignment methods for inferring the history of the new world lizard genus *Mabuya* (Squamata: Scincidae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 38, n. 3, p. 719–730, 2006.

WINCK, G. R. et al. Lizard assemblage from a sand dune habitat from southeastern Brazil: A niche overlap analysis. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 88, p. 677–687, 2016.

WINEMILLER, K. O.; PIANKA, E. R. Organization in Natural Assemblages of Desert Lizards and Tropical Fishes. **Ecological Monographs**, v. 60, n. 1, p. 27–55, 1990.

WOOD, S. N. **Generalized additive models: An introduction with R**. 2. ed. [s.l: s.n.].

12 CAPÍTULO II

Efeito da Variação do Micro-habitat na Ocorrência de Lagartos na Serra Vermelha,
Área de transição entre biomas Caatinga e Cerrado no Nordeste do Brasil

13 INTRODUÇÃO

As características físicas e climáticas do micro-habitat podem ser um fator determinante na composição e organização das comunidades biológicas (CARVALHO; BARROS, 2017; COSTA et al., 2020; VILLASEÑOR et al., 2015), onde a complexidade e heterogeneidade da paisagem se relaciona com os nichos disponíveis, influenciando diretamente a riqueza de espécies (STEIN; GERSTNER; KREFT, 2014; SUEIRO; BORTOLUS; SCHWINDT, 2011). A compreensão de como as variações no micro-habitat afetam os padrões de ocorrência das espécies no ambiente é fundamental para o entendimento dos processos que culminam em uma comunidade diversa e também para a determinação de áreas com prioridade para preservação (SOCOLAR et al., 2016).

Áreas de transição entre ecossistemas tendem a ser extremamente complexas na composição do habitat e micro-habitat, comumente abrigando comunidades ricas em espécies (LOMBARDI et al., 2003; RICKLEFS, 2008; VECHIO et al., 2016). Ao exibir características físicas e biológicas de ambos os ecossistemas ao longo de um gradiente, os ecótonos tem um enorme potencial ecológico, sendo uma importante ferramenta no estudo de dispersão, repartição de nicho e substituição de espécies (GONÇALVES et al., 2017; KARK, 2013).

A Caatinga e o Cerrado são ecossistemas tropicais limítrofes, apresentando um conjunto de características biofísicas singular ao longo de seu gradiente de transição (ARAÚJO et al., 2021; CASTRO et al., 2021; MACEDO et al., 2019; SANTOS et al., 2021). A Caatinga é uma floresta tropical sazonalmente seca exclusivamente brasileira, um ecossistema semiárido caracterizado principalmente por uma fitofisionomia composta por cactáceas e árvores decíduas/semidecíduas (SILVA et al., 2017). Aproximadamente metade da vegetação original da Caatinga já foi perdida, e mesmo que os fragmentos restantes sejam grandes e relativamente bem conectados, baixa porcentagem dessa área é protegida (ANTONGIOVANNI; VENTICINQUE; FONSECA, 2018; TEIXEIRA et al., 2021). O Cerrado por sua vez, é uma savana, considerado um dos *hotspots* de biodiversidade do mundo devido a sua imensa riqueza de espécies e um elevado risco de extinção (DA SILVA; BATES, 2002; HOFMANN et al., 2021). A exploração excessiva da terra para atividade agropecuária e a altíssima taxa de incêndios naturais e antrópicos são as principais causas de perda de habitat e diversidade no bioma (COSTA et al., 2020).

Estudos com foco nas comunidades que ocupam as áreas de transição entre a Caatinga e o Cerrado estão cada vez mais em evidencia, podendo ser citados exemplos observando taxocenoses de mamíferos (VIEIRA; DE OLIVEIRA, 2020), fungos (SILVA et al., 2020), aves (GONÇALVES et al., 2017), plantas (TERRA et al., 2018; MACEDO et al., 2019), insetos (CASTRO et al., 2021; VERAS et al., 2020), anfíbios (BENÍCIO et al., 2014), serpentes (RODRIGUES; PRUDENTE, 2011) e herpetofauna (DA SILVA; DA ROCHA; NOGUEIRA-PARANHOS, 2016; VECHIO et al., 2016), mas ainda poucos buscam entender acerca dos padrões de interação que regem essas comunidades (BEIRÃO et al., 2017).

Quando buscando compreender padrões que determinem riqueza, abundância e substituição de espécies em um gradiente ambiental, as taxocenoses de lagartos são modelos excelentes (PIANKA; VITT, 2004). Devido a sensibilidade a variações ambientais e climáticas, curto espaço de tempo entre as gerações, deslocamento relativamente limitado e ampla variedade de hábitos explorados, os lagartos se tornam eficientes modelos ecológicos, exibindo confiabilidade na observação padrões de interação biótica e abiótica ainda que com curto período de amostragem (CAMARGO; SINERVO; SITES, 2010; MESQUITA et al., 2015).

Animais ectotérmicos, como os lagartos, tem a performance de suas atividades diretamente relacionada a temperatura do meio, tornando necessário que esses animais termoreguem, ocupando o micro-habitat de acordo com sua temperatura preferencial (ORTEGA et al., 2019; SEARS et al., 2016). A temperatura e umidade do micro-habitat por sua vez é altamente dependente de características físicas e biológicas do ambiente (e.g., altitude, formações geológicas, composição florística) (BRAMER et al., 2018), tornando esses animais extremamente sensíveis a mudanças ambientais, sobretudo na região tropical, onde esses animais costumam trabalhar em taxas termicas muito próximas de sua capacidade de tolerancia (TEWKSBURY; HUEY; DEUTSCH, 2008).

Nas áreas mais secas do Brasil, o fogo também é uma característica extremamente importante a ser considerada quando avaliando o habitat e o micro-habitat, uma vez que o incêndio tem poder de modificar a paisagem diminuindo a quantidade de árvores, cobertura do dossel e exposição do solo (COSTA et al., 2020), e consequentemente, os padrões de ocorrência de várias espécies (ARGIBAY; SPARACINO; ESPINDOLA, 2020; KLINK et al., 2020).

As diferenças estruturais e climáticas encontradas entre os ambientes florestados e abertos podem funcionar como uma barreira de dispersão entre os lagartos, formando taxocenoses estruturadas pelas características divergentes desses habitats (NOGUEIRA; COLLI; MARTINS, 2009). Tendo em vista o crescente aumento na temperatura global e a perda/fragmentação do habitat, a tendência é de que lagartos de regiões tropicais atualmente ocupando ambientes de paisagem aberta migrem para as áreas florestadas próximas buscando micro-habitats que sejam adequados a sua faixa termica preferencial (HUEY et al., 2009), especialmente aquelas espécies que já possuem uma distribuição ampla (LANNA et al., 2022) e que ocorrem em ambientes com eventos climáticos extremos (SCHEFFERS et al., 2014), promovendo competição com os lagartos especialistas de áreas florestadas, podendo levar a um cenário de futura perda de diversidade.

Considerando o que foi explanado, a proposta do presente estudo é avaliar como as variáveis da estrutura física e climática do micro-habitat se relacionam com alterações nos padrões de diversidade de lagartos em uma região de transição entre os biomas Caatinga e Cerrado no nordeste do Brasil, bem como averiguar quais as principais variáveis ligadas a substituição de espécies em um gradiente aberto-florestado regulado pelo fogo, partindo da hipótese de que os padrões de riqueza e abundância das espécies estão intimamente relacionados com a composição estrutural e climática do micro-habitat.

14 MATERIAIS E MÉTODOS

14.1 Área de estudo

Realizamos a amostragem para o presente estudo no município de Redenção do Gurguéia (Piauí), em uma região conhecida como Serra Vermelha, localizada na transição entre os biomas Caatinga e Cerrado no nordeste do Brasil. A Serra Vermelha foi recentemente anexada ao território que compreende o Parque Nacional da Serra das Confusões (BRASIL, 2010), região que comporta uma notória riqueza da herpetofauna (VECHIO et al., 2016). A média anual de temperatura no município é de 27 °C e a pluviosidade é baixa (774 mm/ano), possuindo períodos de chuva (novembro – abril) e seca severa (maio – outubro) (ALVES et al., 2020; CLIMATE-DATA.ORG, 2022). A região é muito heterogênea na composição dos habitats, alternando rapidamente entre paisagens abertas de vegetação esparsa e os chamados “baixões”, florestas compostas principalmente de árvores semidecíduas localizadas nas regiões entre cânions (CASTRO et al., 2009).

14.2 Amostragem de dados biológicos

Buscando capturar lagartos na Serra Vermelha, determinamos 4 pontos de amostragem localizados em áreas com diferentes características de vegetação, os quais dois deles foram nas florestas de baixões (Baixão dos Porcos = BPO; Baixão do Paraguaia = BPA) e outros 2 nas áreas de vegetação mais abertas da região (Cerrado Fazenda = CFA; Cerrado Sobrinho = CSO), para amostrar a maior variedade de micro-habitats possível.

Em cada ponto traçamos um transecto contendo estações de armadilhas do tipo *pitfall* posicionadas a aproximadamente 25 metros umas das outras. Cada estação de armadilha do tipo *pitfall* é formada por quatro baldes de 35 litros enterrados no chão dispostos numa formação semelhante a um Y (um balde central com outros três

equidistantes entre si), onde o limite superior fica ao mesmo nível do solo. O balde central se conecta aos baldes periféricos através cercas feitas com lonas de plástico escuro e estacas de madeira (cada cerca possui 50 cm de altura e cinco metros de comprimento), dessa forma os lagartos ao realizarem suas atividades normais são capturados através do método da “interceptação e queda”. Instalamos 50 estações de armadilhas, 25 nas áreas de baixões (13 em “Baixão do Paraguaia” e 12 no “Baixão dos Porcos”) e 25 nas áreas abertas (13 em “Cerrado Estrada” e 12 em “Cerrado Sobrinho”), totalizando um esforço amostral de 200 baldes.

A revisão das armadilhas foi realizada diariamente durante a realização de duas expedições, tendo a primeira ocorrido entre novembro e dezembro de 2019 (28 dias), enquanto que a segunda entre janeiro e fevereiro de 2020 (28 dias), totalizando 56 dias de esforço amostral, coletando os indivíduos capturados de acordo com o limite definido pela licença emitida pelo IBAMA.

14.3 Caracterização do micro-habitat (variáveis estruturais)

Para caracterizar o micro-habitat de acordo com sua estrutura física, mensuramos dentro de um raio de 5 metros do balde central de cada estação de armadilha as seguintes variáveis: (1) distância da árvore mais próxima; (2) porcentagem de exposição do solo; (3) porcentagem de cobertura do dossel; (4) massa de serrapilheira; (5) número de troncos caídos; (6) número de cupinzeiros; (7) quantidade de buracos no chão; (8) número de plantas lenhosas; (9) altitude.

A variável 1 foi mensurada com auxílio de uma fita métrica, medindo a distância do balde central a até vegetação lenhosa com diâmetro do tronco >20cm mais próxima. Variáveis 2 e 3 foram mensuradas de forma semelhante, onde posicionamos uma moldura de 50 x 50 cm diretamente no solo (variável 2) e a 1 metro do chão (variável 3) em 3 pontos aleatórios dentro de um raio de 5 metros do balde central, então fotografamos a moldura a um metro de distância (câmera direcionada ao solo no caso da variável 2; câmera posicionada no solo e direcionada ao céu na variável 3). Posteriormente em um editor de imagens adicionamos linhas horizontais e verticais dentro das molduras, formando uma grade contendo 100 células idênticas. Células com mais de 50% da área

preenchida foram consideradas como cobertas e com menos de 50% da área preenchida foram consideradas vazias. O número de células cobertas representa a porcentagem de cobertura naquele ponto, então calculamos a média do percentual encontrado nos três pontos aleatórios afim de chegar ao valor que representa a estação de armadilha.

Após realizadas as fotografias necessárias para mensuração da variável 2, retiramos toda a serrapilheira contida dentro da área da moldura e então realizamos a pesagem dessa serrapilheira utilizando uma balança de mão Pesola® para chegarmos aos valores da variável 4, então calculamos a média e a utilizamos como valor para representar a densidade de serrapilheira em cada estação. Contabilizamos os valores referentes as variáveis 5, 6 e 7 de forma ativa em um raio de 5 metros do balde central (foram considerados como troncos fragmentos lenhosos com diâmetro maior que 20cm).

Averiguamos o número de plantas lenhosas em três pontos aleatórios girando um bastão de um metro a 60 cm de distância do solo e contabilizando o número de toques em plantas lenhosas de qualquer tamanho. A média dos valores encontrados nos três pontos foram utilizados para representar a armadilha. A variável 9 foi amostrada através de um aparelho de GPS. Após a obtenção dos dados, os mesmos foram submetidos a uma transformação logarítmica na base 10.

14.4 Caracterização do micro-habitat (variáveis microclimáticas)

Utilizando o registrador de dados HOBO® U23-001^a da Onset, averiguamos oito variáveis microclimáticas para o presente estudo: (1) temperatura média; (2) temperatura mínima; (3) temperatura máxima; (4) amplitude de variação da temperatura; (5) umidade relativa média; (6) umidade relativa mínima; (7) umidade relativa máxima; (8) amplitude de variação da umidade relativa.

O número de registradores de dados disponíveis foi menor do que o número de armadilhas instaladas no presente estudo (23 registradores de dados para 50 armadilhas), impossibilitando que as variáveis microclimáticas de cada *pitfall* fossem mensuradas individualmente. Dessa forma, posicionamos os registradores de dados ao longo do comprimento total dos transectos, de forma que eles compilassem o máximo da variação

microclimática presente em cada ponto de amostragem. Posteriormente, tratamos os dados utilizando o método de regressão da krigagem universal. Este é um método geoestatístico de mapeamento de variáveis em locais inexplorados a partir de um conjunto de dados conhecido (interpolação). Esse método utiliza de modelos espaciais entre observações para atribuir valores referentes a variáveis ambientais em pontos não amostrados, possibilitando gerar valores as variáveis microclimáticas referente a cada uma das armadilhas individualmente, preenchendo as lacunas de dados em escala temporal e espacial (GRÄLER; PEBESMA; HEUVELINK, 2016).

14.5 Análises estatísticas

Anteriormente a serem submetidas as análises estatísticas, as variáveis estruturais e microclimáticas amostradas foram testadas para colinearidade, tendo como objetivo remover das análises variáveis redundantes. Uma variável estrutural e cinco variáveis microclimáticas apresentaram problemas de colinearidade e foram removidas do conjunto de dados (altitude; temperatura média; umidade relativa média; umidade relativa mínima; amplitude de variação da temperatura; temperatura máxima).

Através do pacote *vegan* (OKSANEN; SIMPSON; BLANCHET, 2022), buscamos observar o gradiente ambiental da área de estudo de acordo com as variáveis amostradas submetendo nosso conjunto de dados a uma análise de componentes principais (PCA). Posteriormente, submetemos os dados a dois escalonamentos multidimensionais não-métricos (nMDS) (KRUSKAL, 1964), método de ordenação indireta que produz uma representação geométrica dos pontos amostrados. Na primeira nMSD buscamos observar diferenças na estrutura do micro-habitat entre os transectos ao longo do gradiente ambiental, e em um segundo escalonamento observamos diferenças na ocorrência dos lagartos entre os transectos. Ainda utilizando o pacote *vegan*, realizamos uma análise de correlação canônica (CCA) (BRAAK, 1986) afim de verificar a relação entre o conjunto de variáveis do micro-habitat e a ocorrência das espécies de lagartos.

Diferenças na riqueza e abundância de lagartos entre os transectos foram averiguadas através de modelos lineares generalizados (GLM) utilizando uma

distribuição de erros da família Poisson (FARAWAY, 2016). Posteriormente, utilizamos testes Tukey para fazer comparações par-a-par entre as médias encontradas para cada transecto utilizando o pacote *multcomp* (HOTHORN; BRETZ; WESTFALL, 2008).

Através do pacote *iNEXT* (HSIEH; MA; CHAO, 2016), foi calculada a riqueza estimada em cada transecto amostrado na Serra Vermelha, utilizando modelos de interpolação e extrapolação baseado em números de Hill ($q=0$). Incorporando dados de abundância, também foi possível através do *iNEXT* calcular o índice de entropia de Shannon ($q=1$) e o inverso do índice de concentração de Simpson ($q=2$) (CHAO et al., 2014), tradicionais índices de diversidade ecológica. Valores de riqueza e diversidade estimados foram computados através de 1000 amostras do tipo bootstrap.

Utilizando o pacote *mgcv* (WOOD, 2017), construímos modelos mistos aditivos generalizados (GAMM) com uma distribuição de erro da família Poisson, para observar mudanças nos padrões de riqueza e abundância através da variação do micro-habitat ao longo do gradiente ambiental. A seleção das variáveis a serem submetidas aos modelos aditivos generalizados foram realizadas através do pacote *Boruta* (KURSA; RUDNICKI, 2010), que utiliza de um algoritmo baseado em Random Forest para classificar variáveis relevantes na alteração de riqueza e abundância.

Por fim, realizamos uma modelagem de dissimilaridade generalizada (GDM) utilizando o pacote *gdm* (FERRIER et al., 2007; MOKANY et al., 2022) para avaliar a relevância das variáveis ambientais e da distância entre os pontos na substituição de espécies ao longo do gradiente ambiental. Afim de averiguar a significância do modelo, comparamos a taxa de explicação na substituição de espécies apontada pela GDM com 1000 permutações de modelos nulos das variáveis ambientais. Todas as análises aqui descritas foram realizadas no software R versão 4.1.2 (2021-11-01) "Bird Hippie" (R-Core Team, 2022).

15 RESULTADOS

15.1 Gradiente ambiental

Amostramos na Serra Vermelha quatro transectos dispostos separadamente em áreas com diferentes características de habitat. A análise de componentes principais (PCA) descreveu a variação entre os transectos como um gradiente onde o aumento na amplitude de variação da umidade relativa, temperatura mínima e exposição do solo, se relaciona com a diminuição da cobertura do dossel, número de plantas lenhosas e peso da serrapilheira (Tabela 8, Figura 4). Já o escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) descreve a região amostrada como um gradiente de aumento na exposição do solo, número de cupinzeiros e troncos caídos, ligados a diminuição da cobertura do dossel, número de plantas lenhosas e quantidade de serrapilheira (Figura 4).

Ambos os métodos de ordenação descrevem a área amostrada como um gradiente entre áreas de vegetação fechada, mais sombreada e de solo coberto por folhio, para um ambiente de vegetação esparsa, exposto a incidência solar. Considerando esses aspectos, fica clara a observação de dois grupos distintos considerando o habitat das áreas amostradas, um composto pelos transectos florestados chamados de “baixões” e o outro pelos transectos de área aberta nomeados “cerrado” (Figura 4).

15.2 Padrões de abundância, riqueza e diversidade

Capturamos um total de 770 lagartos de 15 espécies e 9 famílias na Serra Vermelha (Tabela 9). A abundância diferiu significativamente em toda a área amostrada ($\chi^2=334.76$, $P<0.001$), bem como quando comparados os transectos par a par (Tabela 14), sendo maior nos transectos “Cerrado Fazenda” e “Cerrado Sobrinho” e menor nos transectos “Baixão do Paraguaia” e “Baixão dos Porcos” (Tabela 9, Figura 6). *Tropidurus oreadicus* foi a espécie mais abundante ($N = 521$), representando 67% das capturas

realizadas, seguido de *Micrablepharus maximiliani* (N=49) e *Brasiliscincus heathi* (N = 41), que quando somados a *T. oreadicus* representam 79.35% das capturas.

A riqueza de espécies não variou significativamente entre os transectos (Tabela 13), contudo, o estimador de riqueza assintótica considera que a taxocenose deve conter cerca de quatro espécies além daquelas que foram observadas (riqueza observada: 15 / riqueza estimada: 19.5 ± 7.2 ; Tabela 2), estando elas dispostas entre os transectos “Baixão do Paraguaia” e “Baixão dos Porcos” (riqueza observada: BPA = 9 / BPO = 11 ; riqueza estimada: BPA = 11.2 ± 3.3 / BPO = 11.5 ± 1.0 ; Tabela 10), considerando que para os transectos “Cerrado Fazenda” e “Cerrado Sobrinho” a curva de espécies estimadas atingiu a assíntota (Figura 7). Os índices de diversidade de Simpson e Shannon conferem valores de diversidade consideravelmente maiores (observada e estimada) as áreas de baixões, superando aqueles relatados para as áreas de “cerrado” (Tabela 10) e para a taxocenose completa.

15.3 Preditores de ocorrência, riqueza e abundância

O nMDS mostra uma alta sobreposição no uso do habitat entre as espécies presentes nos dois transectos de “baixão” e nos dois transectos do “cerrado”, aparentando existir segregação na ocorrência das espécies entre os habitats (Figura 5). A influência das variáveis do micro-habitat em relação a ocorrência das espécies foi avaliada através da análise de correlação canônica (CCA), que revelou uma forte associação entre *Colobosaura modesta*, *Phyllopezus policularis*, *Glaucomastix venetacauda* e *Hoplocercus spinosus* com valores elevados de cobertura do dossel, serrapilheira e vegetação lenhosa. Outras espécies que se mostraram particularmente relacionadas a certas variáveis foi *Polychrus acutirostris* que se relacionou principalmente com a temperatura mínima, e *Ameivula ocellifera* que demonstrou maior vínculo com a amplitude de variação da umidade relativa (Figura 10, tabela 5).

As 17 variáveis de caracterização do micro-habitat amostradas foram classificadas em relação a sua importância na diversidade de lagartos da Serra Vermelha através do pacote *Boruta*, onde foram selecionadas 14 variáveis ambientais relevantes para predição da abundância dos lagartos e sete para predição de riqueza (Figuras 9). A partir das

variáveis apontadas, foi construído um modelo misto aditivo generalizado (GAMM), o qual revelou uma relação inversamente proporcional entre a “cobertura do dossel” e a abundância dos lagartos e entre a “umidade relativa mínima” e a riqueza de espécies (Figura 8).

15.4 Substituição de espécies

A influência das variáveis ambientais, climáticas e geográficas na substituição de espécies foi avaliada através de uma modelagem de dissimilaridade generalizada (GDM), onde foi registrado que as variáveis estruturais e climáticas do micro-habitat somadas com a distância entre os pontos amostrados explicam 31.58% da substituição de espécies de lagartos entre os transectos (Tabela 12).

A estrutura física do micro-habitat explica por si só 29.71% da substituição das espécies, enquanto as características microclimáticas 26.92%. Quando unidas, essas variáveis chegam a 31.58%. A distância entre os transectos explica 9.96% da variação das espécies, contudo, quando somada as variáveis do micro-habitat, não acrescentam valor de explicação na substituição de espécies da comunidade.

Peso da serrapilheira, cobertura do dossel e a amplitude de variação da temperatura foram os melhores preditores de substituição de espécies na Serra Vermelha. A composição de espécies parece variar abruptamente após atingir certa quantidade de serrapilheira e cobertura do dossel (Figura 11). Padrão similar pode ser observado para a amplitude de variação da temperatura, porém de forma mais branda.

A substituição de espécies parece aumentar conforme se aumenta a altitude nas áreas amostradas, se estabilizando após atingir determinado valor. As variáveis microclimáticas amplitude de variação na umidade relativa, umidade relativa mínima e temperatura média também se mostram influentes na substituição de espécies da região, apresentando um padrão de substituição gradativo conforme diferenciam (Figura 11).

16 DISCUSSÃO

A riqueza de lagartos amostradas para o presente estudo (15 espécies, 9 famílias) condiz com o que é relatado para região da Serra Vermelha (Marques *et al.*, não publicado), apesar da ausência das espécies *Iguana iguana* e *Salvator merianae* (difícilmente capturadas em armadilhas de interceptação e queda). Ainda que a riqueza estimada para a taxocenose indique a existência de aproximadamente mais quatro espécies, observando a riqueza estimada de cada ponto de amostragem, a espécies desconhecidas parecem ser justamente *I. iguana* e *S. merianae* que não foram capturadas nas armadilhas. Ao adicionar ambas as espécies como pertencentes a taxocenose, o estimador de riqueza atinge a assíntota (Marques *et al.*, não publicado), reforçando a robustez dos nossos resultados.

Diferenças entre os habitats amostrados (Baixões e Cerrados) foram importantes na determinação de padrões distintos de diversidade de lagartos numa curta escala espacial na Serra Vermelha. A riqueza de espécies não variando significativamente ao longo da área de estudo, ao mesmo tempo em que a abundância foi diferente entre todos os transectos, resultaram em índices de diversidade calculada discrepantes, sendo as áreas florestadas consideradas mais diversas, padrão que é corroborado pelo modelo misto aditivo generalizado, que demonstrou que uma maior cobertura do dossel está diretamente relacionada a um maior número de espécies. Tal padrão contrasta com o que é relatado para taxocenoses de lagartos em gradientes partindo de ambientes abertos a matas ciliares e de galeria no domínio do Cerrado, onde a maior riqueza e diversidade são encontradas nas áreas abertas (BARROS *et al.*, 2022; NOGUEIRA; COLLI; MARTINS, 2009; VITT *et al.*, 2007).

Distúrbios no ecossistema tem o poder de alterar de forma expressiva a estrutura e a dinâmica de interações nas comunidades (FUKAMI, 2001; KNELMAN *et al.*, 2019), em uma área de transição entre o Cerrado e a Amazônia por exemplo, inundações sazonais foram responsáveis por significativa mudança na estrutura da taxocenose de lagartos (MESQUITA *et al.*, 2015). Na região da Serra Vermelha, os incêndios são os maiores responsáveis por distúrbio na composição do habitat (ARGIBAY; SPARACINO; ESPINDOLA, 2020), onde áreas isoladas do fogo apresentam maior densidade de árvores, cobertura do dossel e serrapilheira enquanto que os incêndios são responsáveis

pela diminuição drástica dessas variáveis, influenciando diretamente a estrutura da taxocenose de lagartos (COSTA et al., 2020). A ação direta do fogo na região influenciando os padrões de ocorrência dos lagartos não foi testada no presente estudo, apesar de sua presença ser reconhecida. Ainda durante nosso período de amostragem, uma das áreas de “cerrado” amostrada foi acometida por um incêndio, esse chegou a danificar uma das estações de armadilhas instaladas.

A maior diversidade de lagartos encontrada nas áreas abertas do Cerrado parece estar atrelada a maior cobertura geográfica e estabilidade climática desse tipo de habitat ao longo do bioma (KLINK et al., 2020; WERNECK et al., 2012), porém, na Serra Vermelha as florestas de baixões são estáveis e relativamente bem protegidas de incêndios naturais, uma vez que a topografia dos baixões limita o avanço do fogo, permitindo que a vegetação se desenvolva e por consequência aumente a diversidade de microhabitats disponíveis (ARGIBAY; SPARACINO; ESPINDOLA, 2020). Essa característica torna o ambiente florestado da Serra Vermelha um importante refúgio para espécies sensíveis a eventos de queimada e permite a ocorrência de espécies especializadas a áreas de vegetação densa, possivelmente explicando o padrão não esperado de maior diversidade em relação as áreas abertas.

Ainda que no Cerrado um grande número de plantas possuam adaptações a exposição ocasional ao fogo, a recorrência de incêndios atuam como filtros ecológicos, afetando a distribuição e abundância das espécies (KLINK et al., 2020). Em uma região de Cerrado *strito sensu*, incêndios severos favoreceram a ocorrência da espécie de lagarto *Tropidurus itembere*, que triunfou em um habitat limpo pelo fogo (COSTA et al., 2020), padrão muito similar ao observado na Serra Vermelha por uma espécie congênere e de hábito semelhante, *T. oreadicus*.

Além da riqueza, um dos fatores de maior importância no cálculo de diversidade é a equitabilidade, índice que leva em consideração abundância relativa de cada espécie na comunidade (CHAO et al., 2014), onde quanto maior a uniformidade entre o número de indivíduos de cada espécie, maior a diversidade. Tendo isso em vista, a proeminente abundância de algumas espécies nas áreas abertas, especialmente *Tropidurus oreadicus*, levam a menores índices de diversidade nos transectos de “cerrado” da Serra Vermelha, mesmo que a riqueza entre as áreas abertas e florestadas não tenham diferido significativamente (Tabela 13).

Uma significativa diferença na composição de espécies de lagartos entre habitats abertos/florestados é registrada para o Cerrado, essa é reforçada pela presença de espécies especialistas nas áreas abertas e nas áreas florestadas (COSTA et al., 2020; NOGUEIRA; COLLI; MARTINS, 2009), onde as características contrastantes dos habitats agem como barreiras para dispersão dessas espécies. Esse padrão é parcialmente visualizado na Serra Vermelha, onde a maioria das espécies registradas são de ampla distribuição e hábito generalista, estando os especialistas concentrado nas áreas florestadas da região.

Colobosaura modesta e *Hoplocercus spinosus*, espécies típicas do Cerrado, se mostraram especialistas no presente estudo, sendo amostradas exclusivamente nas florestas dos baixões, tendo a ocorrência intimamente relacionada a valores elevados de cobertura do dossel, peso de serrapilheira e número de plantas lenhosas (Figura 10), arquétipo condizente com o registrado para ambas as espécies (BARROS et al., 2022; MESQUITA et al., 2017). *Phyllopezus policularis* e *Tropidurus semitaeniatus* também foram espécies amostradas exclusivamente nos transectos florestados, e apesar de serem raras (n=1). Devido ao hábito verticalizado que apresentam (arborícola/saxícola), a relação de ambas as espécies com as áreas florestadas se mostra verdadeira considerando que a presença de árvores e afloramentos rochosos são características marcantes nos baixões e pouco ou nunca presentes nas áreas abertas. *Glaucmastix venetacauda* também foi rara (n=1), contudo, tem o hábito considerado generalista, podendo ser encontrado tanto nas áreas florestas como em áreas abertas/arenosas do Parque Nacional da Serra das Confusões (ARIAS et al., 2011), dessa forma, a relação da espécie com a área florestada encontrada no presente estudo pode ser devido à baixa densidade de captura e não por afinidade direta a esse tipo de habitat.

Polychrus acutirostris foi a única espécie encontrada exclusivamente nas regiões abertas da Serra Vermelha, padrão semelhante ao que já foi registrado para a espécie em gradientes aberto-florestado (BARROS et al., 2022; NOGUEIRA; VALDUJO; FRANÇA, 2005). *Ameivula ocellifera*, *Brasiliscincus heathi* e *Hemidactylus brasilianus* apesar de demonstrarem um padrão de ocorrência ligado as áreas abertas (Figura 5; Figura 10), também ocupam as áreas florestadas da Serra Vermelha, ainda que com menor abundância.

A proeminência no número de espécies generalistas/oportunistas e de ampla distribuição encontradas nas áreas abertas da Serra Vermelha parece ser um reflexo causado pelo filtro ambiental poderoso que é o fogo na região, onde a simplificação do número de nichos disponíveis favorece a ocupação dessas espécies. Em contrapartida, a elevada incidência de especialistas relacionados a áreas florestadas nesse ecótono Cerrado-Caatinga evidencia a importância da manutenção dos baixões para preservação da riqueza da taxocenose, que apesar de serem relativamente bem protegidos dos incêndios naturais, ainda são profundamente afetados pelos incêndios e modificações antrópicas (ARGIBAY; SPARACINO; ESPINDOLA, 2020). Conforme o aumento da temperatura e a perda do habitat perduram na região, a tendência é que as espécies generalistas e de ampla distribuição que atualmente ocupam as áreas abertas pressionem competitivamente as espécies ocupando as áreas florestadas (HUEY et al., 2009), as quais não possuem oportunidade de dispersão, levando a um cenário de significativa diminuição na riqueza local.

A relação direta entre o microclima e as variáveis estruturais do micro-habitat são reconhecidas (MILLING et al., 2018) e puderam ser observadas na Serra Vermelha. Tal relação pode ser observadas através da modelagem de dissimilaridade generalizada, onde mesmo após a remoção das variáveis colineares, as variáveis microclimáticas acrescentaram apenas 1.87% na explicação do padrão de substituição além do considerado pelas variáveis estruturais.

A distância entre os transectos não acrescentou poder explicativo além dos já considerados pelas variáveis do micro-habitat, indicando que a distância entre os pontos amostrados representa apenas uma fração do que é a variação da estrutura e do clima do micro-habitat na Serra Vermelha. As variáveis estruturais “peso da serrapilheira” e “cobertura do dossel” foram as mais importantes na explicação da substituição de espécies entre as áreas abertas e florestadas, seguido da variável microclimática “amplitude de variação da temperatura”. O padrão de substituição apresentado pelas três principais variáveis é similar, característica que é esperada uma vez que a cobertura do dossel e presença de vegetação influenciam diretamente na amplitude de variação da temperatura (MILLING et al., 2018).

A riqueza de lagartos presentes no gradiente aberto-florestado da Serra Vermelha é compatível com a riqueza demonstrada para o Parque Nacional da Serra das Confusões,

considera uma área de impressionante riqueza herpetológica (VECHIO et al., 2016), sendo a influência do habitat na diversidade dessas espécies significativa e fundamentalmente atrelada a sua estrutura, onde a variação microclimática registrada para região agiu como um reflexo de suas modificações. Ainda que o monitoramento das alterações do microclima reflita padrões de riqueza e diversidade e sejam primordiais no estudo da ecologia de animais ectotérmicos tropicais, esse ainda não substitui a avaliação da condição física do habitat quando buscando compreender padrões de diversidade de lagartos, especialmente em uma escala temporal curta.

A presença/supressão do fogo está diretamente relacionada na variação dos valores de cobertura do dossel, peso da serrapilheira e número de plantas lenhosas (COSTA et al., 2020), essas que foram as variáveis mais relevantes na determinação dos padrões de diversidade de lagartos da Serra Vermelha, levando a interpretação de que o fogo é um importante filtro ambiental na região, visto que as principais diferenças encontrados entre os habitats parecem estar atreladas aos eventos recorrentes de queimadas nas regiões abertas (ARGIBAY; SPARACINO; ESPINDOLA, 2020).

Os eventos de incêndio limpam o habitat e inibem a recuperação de uma vegetação arbórea e densa, favorecendo a ocorrência de algumas poucas espécies oportunistas, no caso da Serra Vermelha, *Tropidurus oreadicus*. Enquanto as áreas abertas abrigam uma relevante riqueza, especialmente de espécies generalistas, a alta complexidade do habitat encontrada nas áreas de baixões acomodam a maior parte das espécies especialistas e carregam a maior diversidade de espécies na região, tornando explícita a importância da manutenção das florestas de baixões para conservação da riqueza na Serra Vermelha, uma vez que são essas espécies as mais susceptíveis a serem excluídas da taxocenose.

17 TABELAS

Tabela 8 Análise de Componentes Principais (PCA) de 11 variáveis de estrutura e clima do micro-habitat ao longo de um gradiente aberto-florestado na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Estão representados autovalores dos dois primeiros eixos de ordenação (PC1, PC2).

Variável	PC1	PC2
Amplitude de variação da umidade relativa	1.1766	0.32646
Temperatura mínima	0.9603	-0.28789
% de exposição do solo	0.7081	0.78453
Troncos caídos	0.4061	-0.40223
Cupinzeiros	0.1163	-0.68372
Umidade relativa máxima	-0.4905	0.97285
Distância da árvore mais próxima	-0.5957	0.71205
Tocas no chão	-0.5974	-0.52148
Peso da serrapilheira	-1.1808	-0.04988
Número de plantas lenhosas	-1.2326	0.18025
% de Cobertura do dossel	-1.2414	-0.26804
Autovalores	3.9769	1.5476
Proporção explicada	0.3615	0.1407

Tabela 9 Espécies de lagartos amostradas na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil).

Espécies	Baixão do Paraguaia	Baixão dos Porcos	Cerrado Fazenda	Cerrado Sobrinho	Total
<i>Tropidurus oreadicus</i>	16	46	312	147	521
<i>Micrablepharus maximiliani</i>	12	26	5	6	49
<i>Brasiliscincus heathi</i>	2	0	24	15	41
<i>Ameivula ocellifera</i>	0	2	23	15	40
<i>Colobosaura modesta</i>	21	14	0	0	35
<i>Hemidactylus brasilianus</i>	0	2	12	8	22
<i>Coleodactylus meridionalis</i>	1	4	4	8	17
<i>Ameiva ameiva</i>	1	8	7	0	16
<i>Gymnodactylus geckoides</i>	2	0	0	11	13
<i>Hoplocercus spinosus</i>	4	2	0	0	6
<i>Copeoglossum nigropunctatum</i>	0	2	3	0	5
<i>Polychrus acutirostris</i>	0	0	1	1	2
<i>Glaucomastix venetacauda</i>	1	0	0	0	1
<i>Phyllopezus pollicaris</i>	0	1	0	0	1
<i>Tropidurus semitaeniatus</i>	0	1	0	0	1
Abundancia total	60	108	391	211	770
Média da abundância ± DP (por armadilha)	4.6 ± 2.7	9.0 ± 3.5	30.1 ± 11.8	17.6 ± 6.2	15.4 ± 12.1
Riqueza total	9	11	9	8	15
Média da riqueza ± DP (por armadilha)	2.8 ± 1.3	4.1 ± 1.3	4.2 ± 1.5	4.6 ± 1.4	3.9 ± 1.5
Riqueza Assintótica ± EP	11.2 ± 3.3	11.5 ± 1.0	9.0 ± 0.5	8.0 ± 0.48	19.5 ± 7.2

Tabela 10 Riqueza e diversidade de lagartos da Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Valores de riqueza e diversidade estimados foram calculados com base em números de Hill através do pacote iNEXT. BPA = Baixão do Paraguaia; BPO = Baixão dos Porcos; CFA = Cerrado Fazenda; CSO = Cerrado Sobrinho.

Área		Observada	Estimada	Erro Padrão
Total	Riqueza	15.0	19.5	7.2
Total	Diversidade de Shannon	3.8	3.9	0.2
Total	Diversidade de Simpson	2.1	2.1	0.1
BPA	Riqueza	9.0	11.2	3.3
BPA	Diversidade de Shannon	5.2	5.8	0.7
BPA	Diversidade de Simpson	4.1	4.4	0.6
BPO	Riqueza	11.0	11.5	1.0
BPO	Diversidade de Shannon	5.3	5.6	0.5
BPO	Diversidade de Simpson	3.8	3.9	0.4
CFA	Riqueza	9.0	9.0	0.6
CFA	Diversidade de Shannon	2.3	2.4	0.2
CFA	Diversidade de Simpson	1.5	1.6	0.1
CSO	Riqueza	8.0	8.0	0.5
CSO	Diversidade de Shannon	3.2	3.2	0.3
CSO	Diversidade de Simpson	2.0	2.0	0.2

Tabela 11 Modelo misto aditivo generalizado (GAMM) descrevendo a relação entre a riqueza e abundância de lagartos em relação as variáveis de estrutura e clima do micro-habitat em um gradiente aberto-florestado na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). GLE = Graus de liberdade efetivo; GLR = Graus de liberdade de Referência; t.max = Temperatura máxima; rh.sd = Amplitude de variação da umidade relativa; rh.mean = umidade relativa média; t.mean = Temperatura média; height = Altitude; rh.min = umidade relativa mínima; t.sd = Amplitude de variação da temperatura; t.min = Temperatura mínima; CAN = % Cobertura do dossel; rh.max = Umidade relativa máxima; SOI = % de exposição do solo; LLW = Peso da serrapilheira; NSH = Número de plantas lenhosas; NTD = Distância da árvore mais próxima.

	GLE	GLR	F	P
Abundância				
s(t.max)	1.007	1.007	2.227	0.144
s(rh.sd)	1.001	1.001	0.028	0.869
s(rh.mean)	1.011	1.011	0.004	0.975
s(t.mean)	0.997	0.997	0.007	0.932
s(height)	1.000	1.000	0.000	0.988
s(rh.min)	1.002	1.002	1.070	0.308
s(t.sd)	0.999	0.999	0.207	0.652
s(t.min)	1.000	1.000	0.530	0.472
s(CAN)	1.000	1.000	4.072	0.051
s(rh.max)	1.000	1.000	0.100	0.754
s(SOI)	1.000	1.000	1.365	0.251
s(LLW)	1.000	1.000	1.606	0.213
s(NSH)	1.000	1.000	0.018	0.893
s(NTD)	1.000	1.000	0.016	0.899
Riqueza				
s(rh.sd)	1.002	1.002	0.282	0.599
s(t.sd)	1.001	1.001	0.095	0.760
s(rh.min)	0.999	0.999	1.419	0.240
s(height)	1.000	1.000	0.006	0.940
s(t.mean)	1.000	1.000	0.844	0.363
s(CAN)	1.000	1.000	0.346	0.560
s(t.max)	1.000	1.000	0.618	0.436

Tabela 12 % de explicação da substituição das espécies de lagartos da Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil) ao longo de um gradiente aberto-florestado. Valores calculados a partir da modelagem de dissimilaridade generalizada (GDM).

Grupo de variáveis	% explicada
Estrutura Física	29.71
Microclima	26.92
Distância geográfica	9.96
Estrutura + Microclima	31.58
Estrutura + Distância	29.71
Microclima + Distância	26.92
Estrutura + Microclima + Distância	31.58

Tabela 13 Comparação da riqueza entre os transectos amostrados na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Valores foram calculados através de modelos lineares generalizados (GLM). BPA = Baixão do Paraguaia; BPO = Baixão dos Porcos; CFA = Cerrado Fazenda; CSO = Cerrado Sobrinho.

Áreas	Erro padrão	z	p
BPA - BPO	0.218	-1.657	0.3466
BPA - CFA	0.213	-1.772	0.2871
BPA - CSO	0.213	-2.241	0.1124
BPO - CFA	0.197	-0.087	0.9998
BPO - CSO	0.196	-0.588	0.9357
CFA - CSO	0.192	-0.514	0.9559

Tabela 14 Comparação da abundância entre os transectos amostrados na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Valores foram calculadas através de modelos lineares generalizados (GLM). BPA = Baixão do Paraguaia; BPO = Baixão dos Porcos; CFA = Cerrado Fazenda; CSO = Cerrado Sobrinho.

Áreas	Erro padrão	z	p
BPA - BPO	0.161	-4.148	0.0002
BPA - CFA	0.1386	-13.519	<.0001
BPA - CSO	0.1463	-9.142	<.0001
BPO - CFA	0.1087	-11.099	<.0001
BPO - CSO	0.1183	-5.661	<.0001
CFA - CSO	0.0854	6.284	<.0001

Tabela 15 Análise de correlação canônica relacionando as matrizes de dados ambientais com a ocorrência de lagartos na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Valores contidos nas células representam os autovalores referentes aos dois primeiros eixos canônicos (CCA1, CCA2).

Pontuação das espécies	CCA1	CCA2
Cbm	1.5457	0.19175
Pp	1.3873	-0.2459
Gv	1.344	-0.16725
Hos	1.2984	0.11044
Ts	0.8977	-0.25103
Mm	0.7027	0.00558
Aa	0.2756	-0.82511
Cpn	0.2194	-0.75631
Cm	-0.1061	0.30172
To	-0.1973	-0.06851
Gyg	-0.4816	1.40825
Hb	-0.5047	-0.03426
Bh	-0.5725	0.11697
Amo	-0.7043	-0.16645
Poa	-0.7109	0.61721
Pontuação das variáveis do micro-habitat	CCA1	CCA2
CAN	0.80015	0.08679
NSH	0.76184	-0.34979
LLW	0.65232	-0.11239
NTD	0.38767	-0.12011
BUR	0.2935	0.07022
rh.max	0.21132	-0.27804
TER	-0.08718	0.03888
LOG	-0.26487	0.30859
SOI	-0.3576	-0.44116
t.min	-0.62698	0.62691
rh.sd	-0.92704	-0.09456
Proporção explicada	48.21	13.08

18 FIGURAS

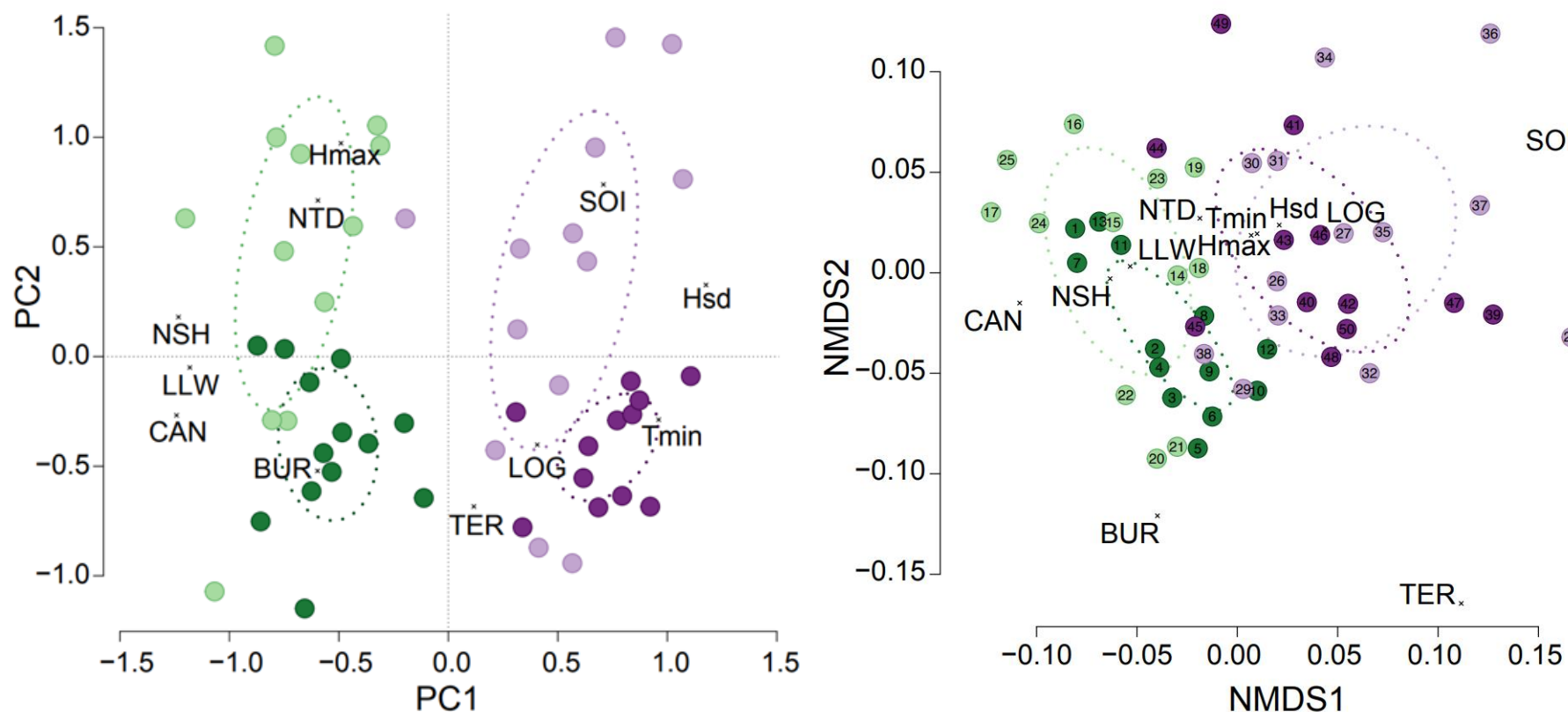


Figura 4 Análise de componentes principais (PCA) e escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) relacionando as matrizes de dados das variáveis de estrutura e clima do micro-habitat com as armadilhas instaladas na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Elipses e pontos verdes representam armadilhas dispostas entre os transectos de Baixão; Elipses e pontos roxos representam armadilhas dispostas nos transectos de “Cerrado”. Hsd = Amplitude de variação da umidade relativa; Tmin = Temperatura mínima; Hmax = Umidade relativa máxima; CAN = % Cobertura do dossel; SOI = % de exposição do solo; LLW = Peso da serrapilheira; NSH = Número de plantas lenhosas; NTD = Distância da árvore mais próxima; LOG = nº troncos caídos; TER = nº de cupinzeiros; BUR = nº de tocas no chão.

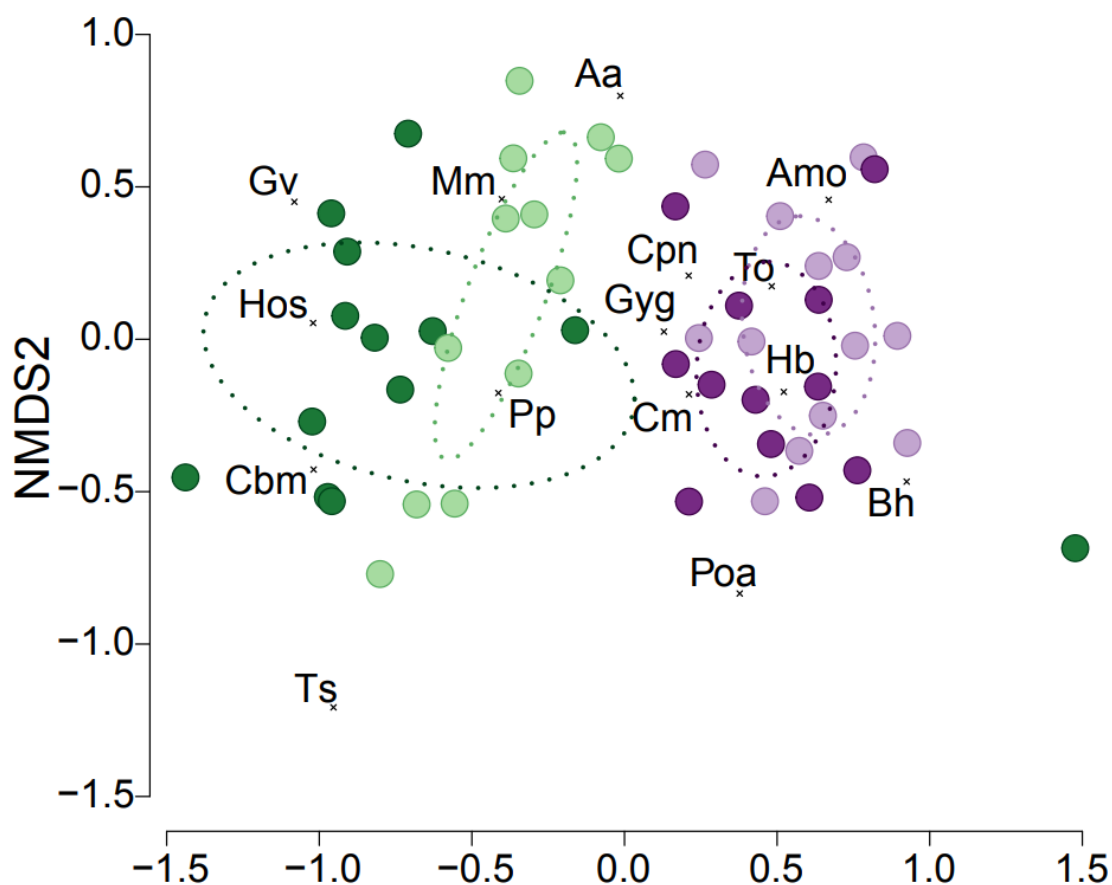


Figura 5 – Escalonamento multidimensional não-métrico relacionando as matrizes de dados de ocorrência de 15 espécies de lagartos amostrados na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil) com as armadilhas instaladas. Elipses e pontos verdes representam armadilhas dispostas nos transectos de baixões; Elipses e pontos roxos representam armadilhas e dispostas nos transectos de Cerrado. Aa: *Ameiva ameiva*; Amo: *Ameivula ocellifera*; Cm: *Coleodactylus meridionalis*; Cbm: *Colobosaura modesta*; Gyg: *Gymnodactylus geckoides*; Hb: *Hemidactylus brasiliensis*; Hos: *Hoplocercus spinosus*; Bh: *Brasiliscincus heathi*; Cpn: *Copeoglossum nigropunctatum*; Mm: *Micrablepharus maximiliani*; Pp: *Phyllopezus pollicaris*; To: *Tropidurus oreadicus*; Ts: *Tropidurus semitaeniatus*; Gv: *Glaucomastix venetacauda*; Poa: *Polychrus acutirostris*.

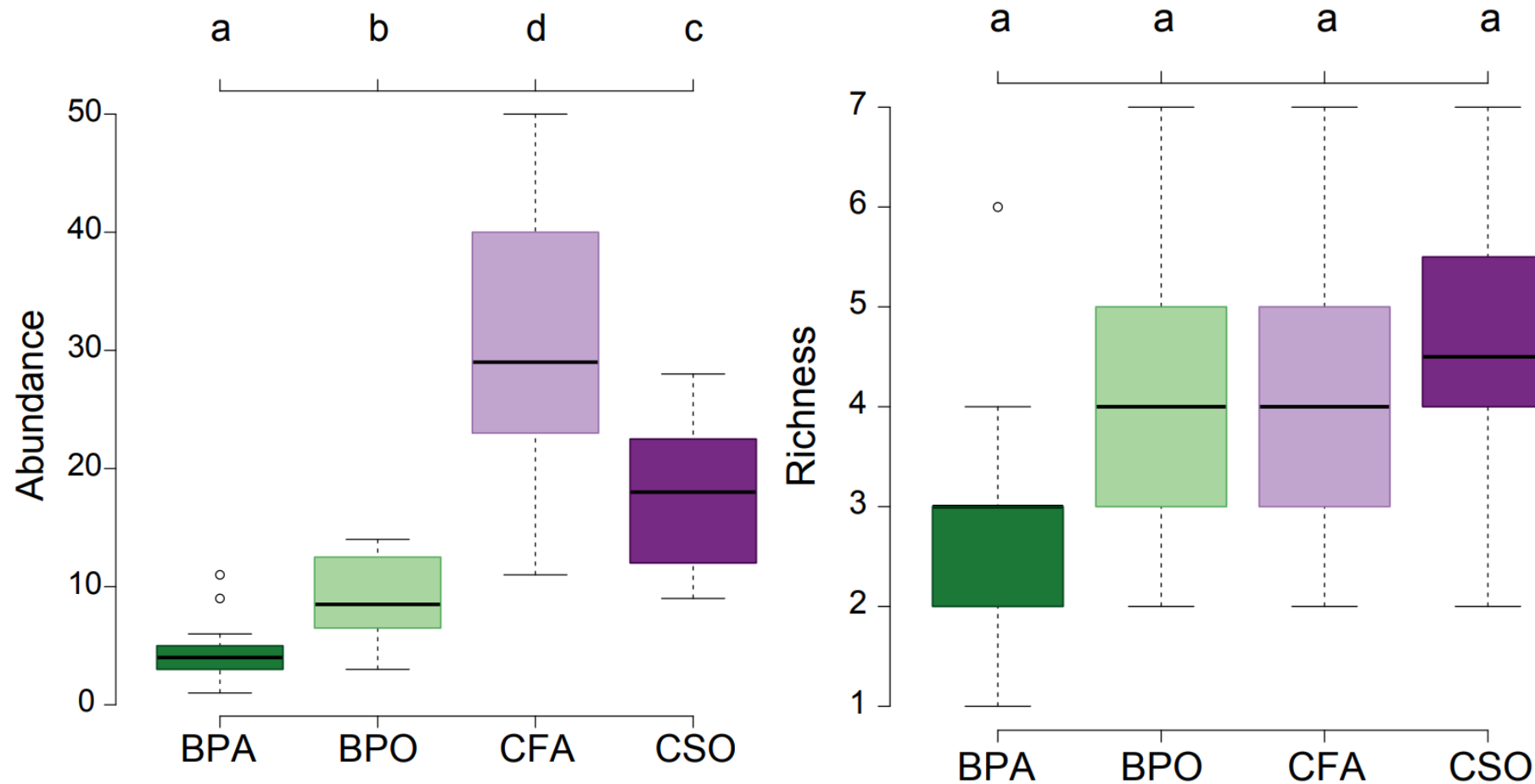


Figura 6 – Boxplot de abundância e riqueza de lagartos por armadilha, amostrados em um gradiente aberto-florestado na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Letras distintas dispostas na linha superior do gráfico indicam diferenças significantes entre os transectos comparados. Letras idênticas na linha superior do gráfico indicam diferenças não significantes entre os transectos comparados. Abundance = Abundância; Richness = Riqueza; BPA = Baixão do Paraguaia; BPO = Baixão dos Porcos; CFA = Cerrado Fazenda; CSO = Cerrado Sobrinho. Boxplots em verdes representam armadilhas dispostas entre os transectos de Baixão; Boxplots roxos representam armadilhas dispostas nos transectos de “Cerrado”.

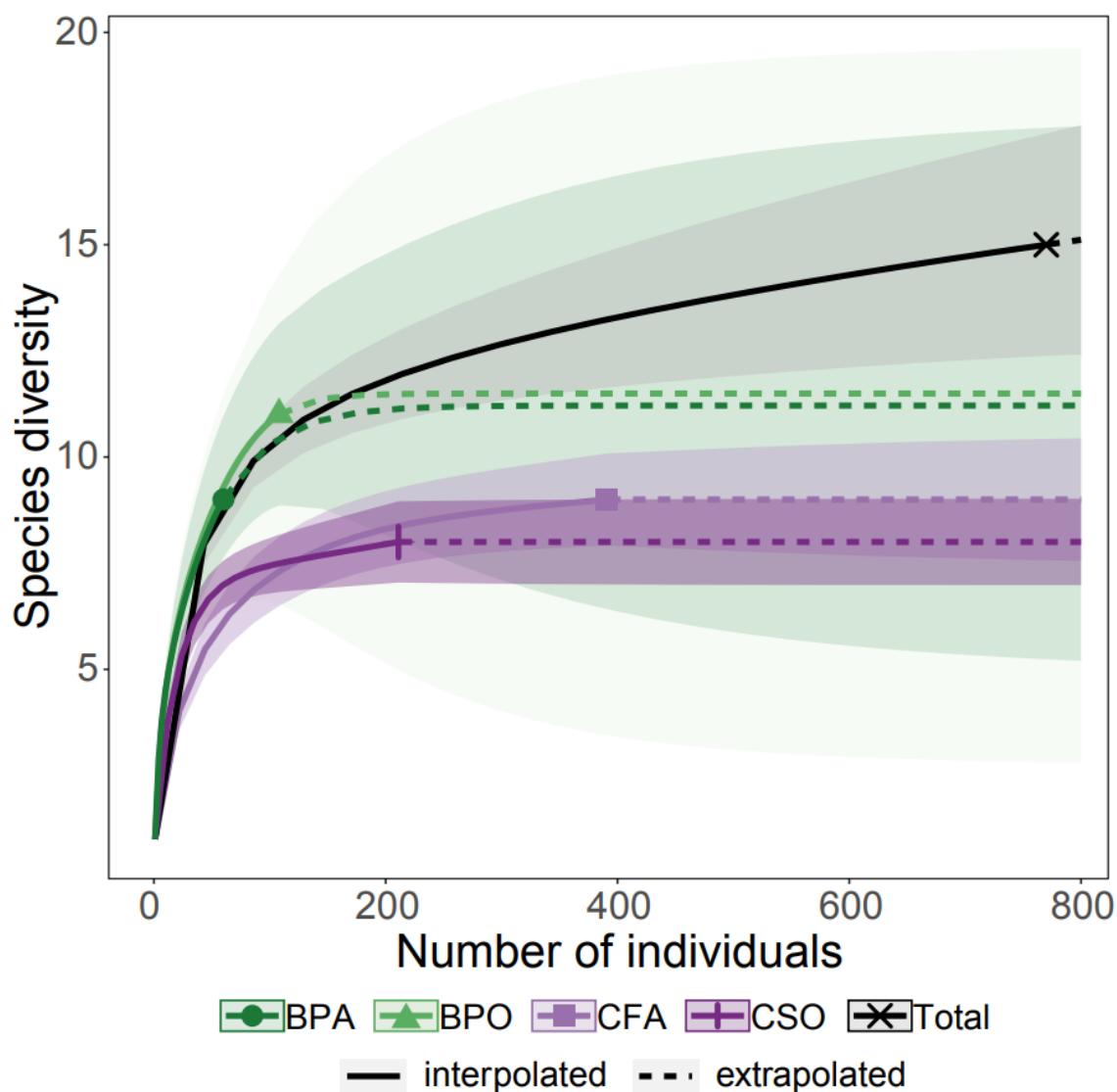


Figura 7 Curva de rarefação (linhas contínuas) e extrapolação (linhas pontilhadas) de lagartos amostrados na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Área sombreada representa intervalo de confiança (95%). BPA = Baixão do Paraguaia; BPO = Baixão dos Porcos; CFA = Cerrado Fazenda; CSO = Cerrado Sobrinho. Linhas verdes representam armadilhas dispostas entre os transectos de Baixão; Linhas roxas representam armadilhas dispostas nos transectos de “Cerrado. Linha escura representa a taxocenose completa. Species diversity = Diversidade de espécies; Number of individuals = número de indivíduos.

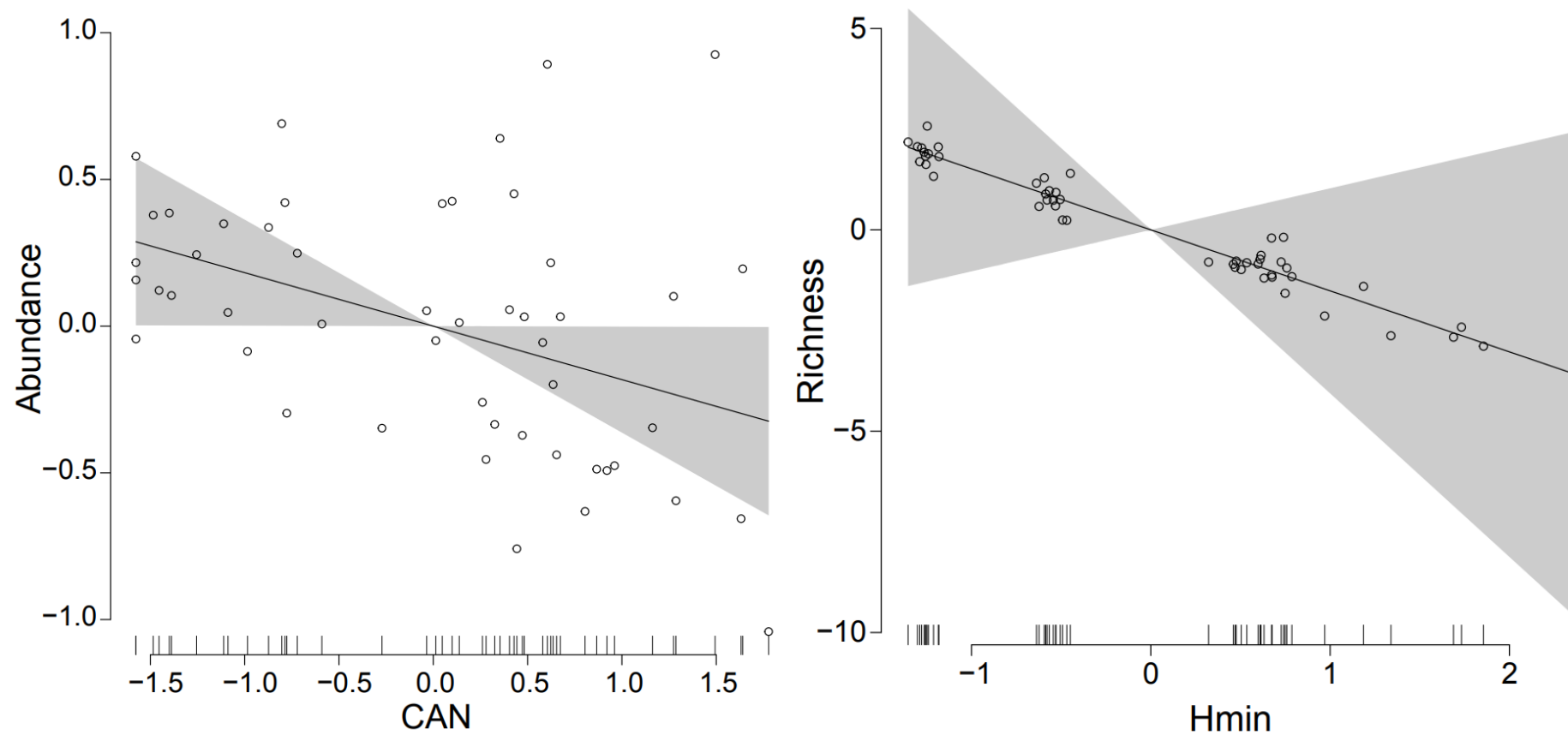


Figura 8 – Modelo misto generalizado (GAMM) descrevendo a relação entre a abundância e riqueza de lagartos com as variáveis ambientais relevantes selecionadas. Abundance = Abundância; Richness = Riqueza; CAN = % Cobertura do dossel; Hmin = umidade relativa mínima.

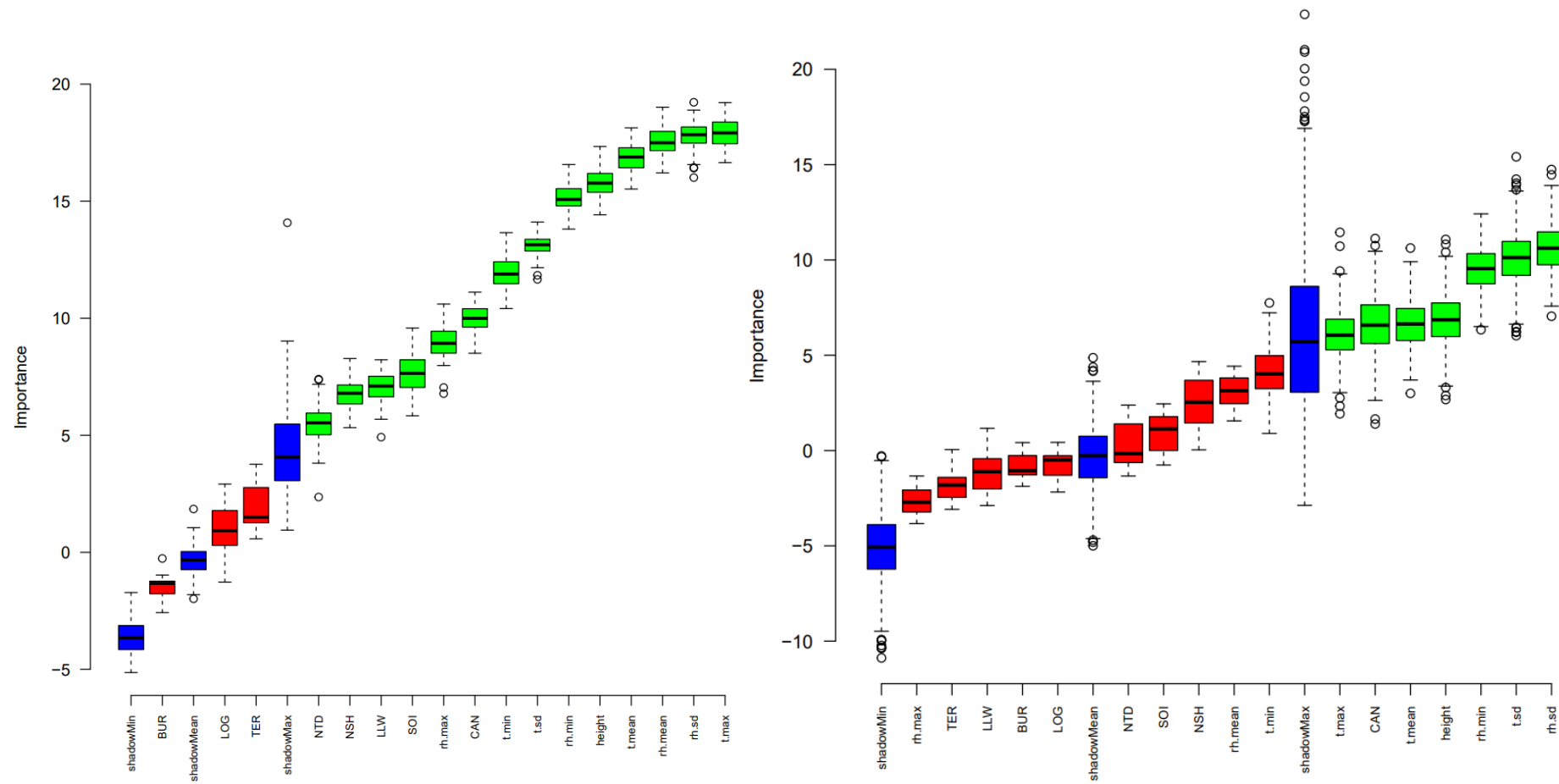


Figura 9 - Plot do Boruta ranqueando as variáveis que melhor predizem abundância e riqueza de lagartos na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Importance = Importância. ; t.max = Temperatura máxima; rh.sd = Amplitude de variação da umidade relativa; rh.mean = umidade relativa média; t.mean = Temperatura média; height = Altitude; rh.min = umidade relativa mínima; t.sd = Amplitude de

variação da temperatura; t.min = Temperatura mínima; CAN = % Cobertura do dossel; rh.max = Umidade relativa máxima; SOI = % de exposição do solo; LLW = Peso da serrapilheira; NSH = Número de plantas lenhosas; NTD = Distância da árvore mais próxima; BUR = número de tocas no chão; LOG = número de troncos caídos; TER = número de cupinzeiros

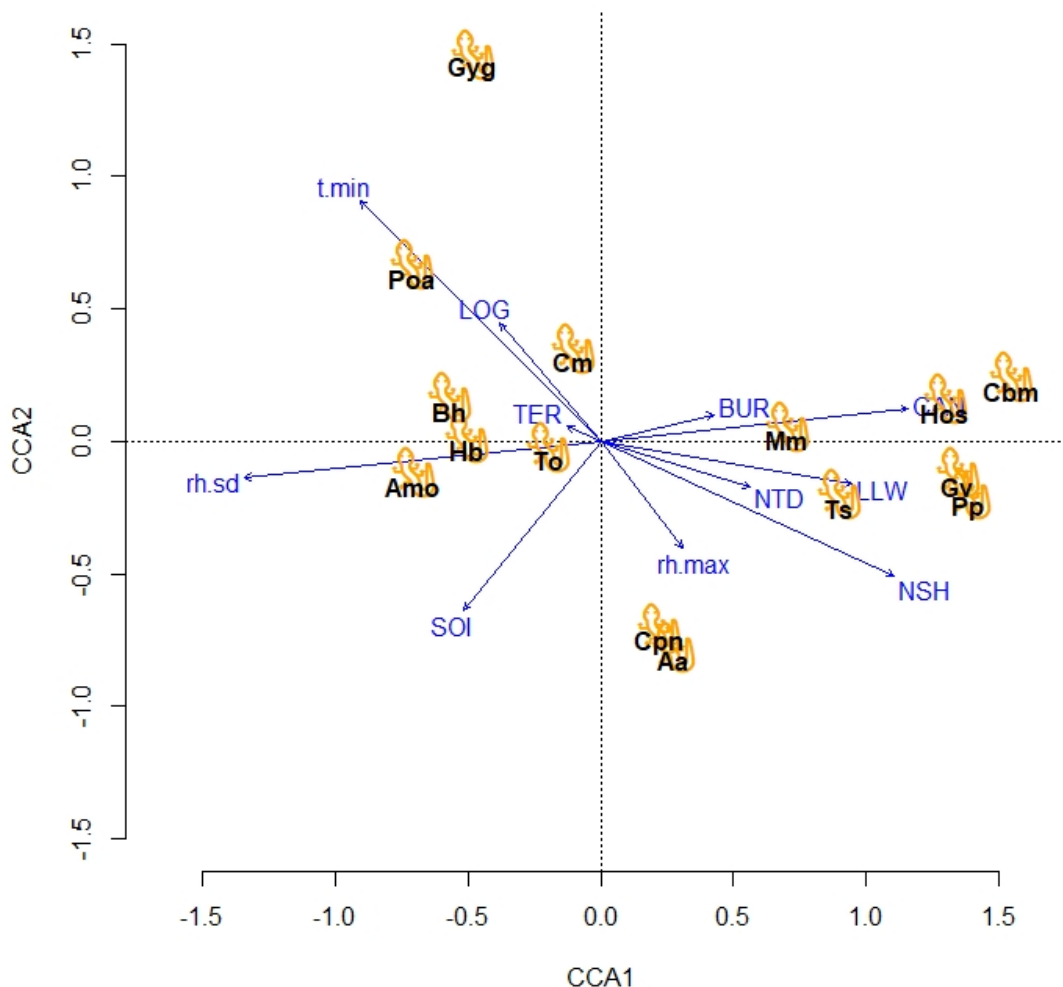
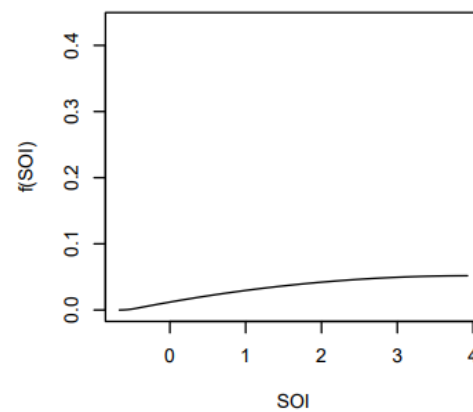
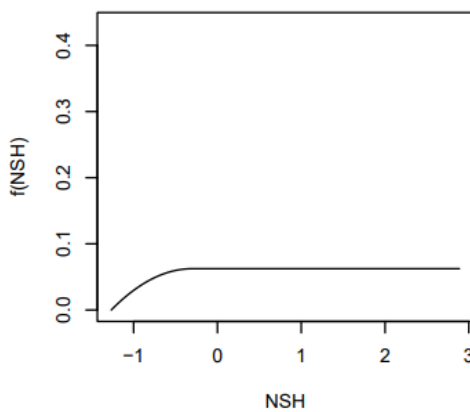
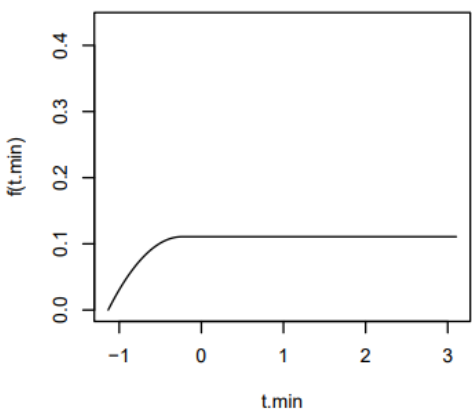
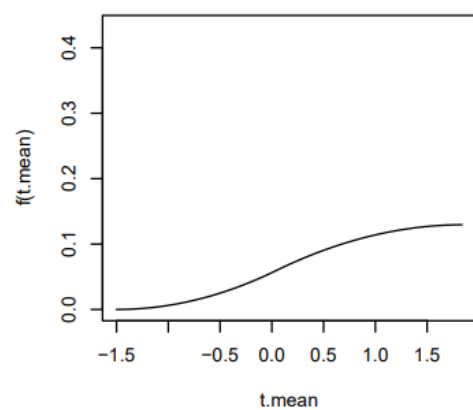
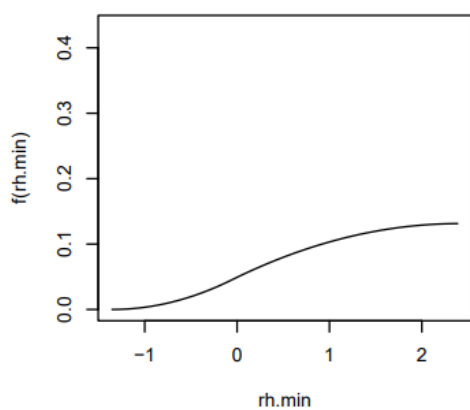
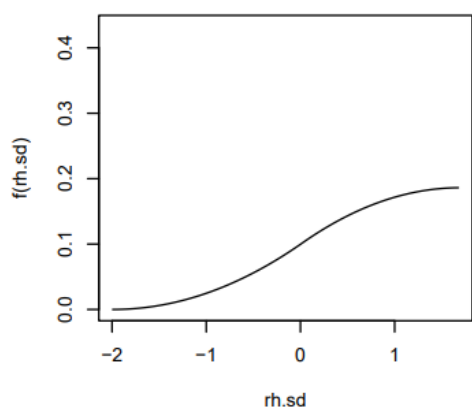
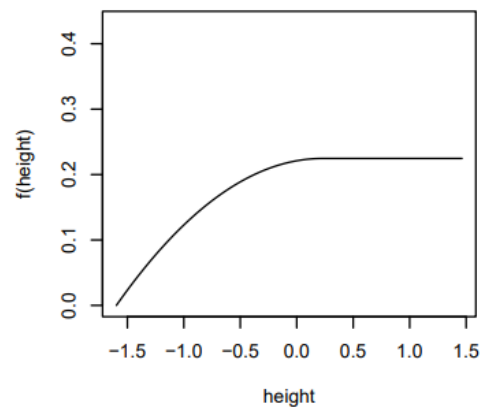
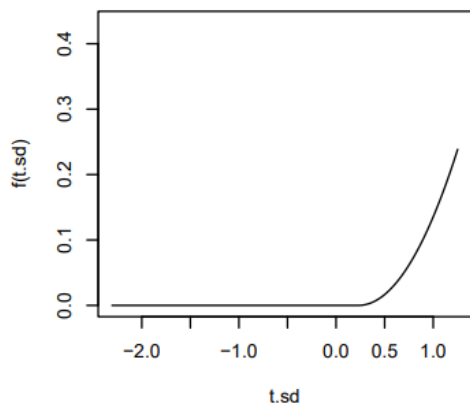
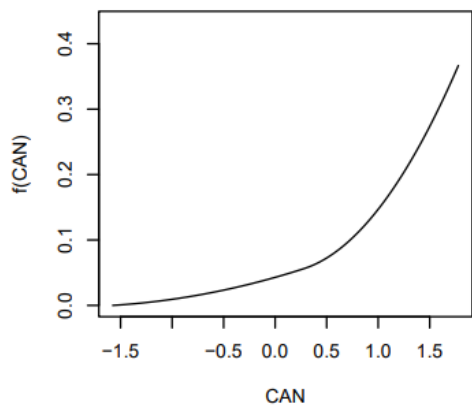
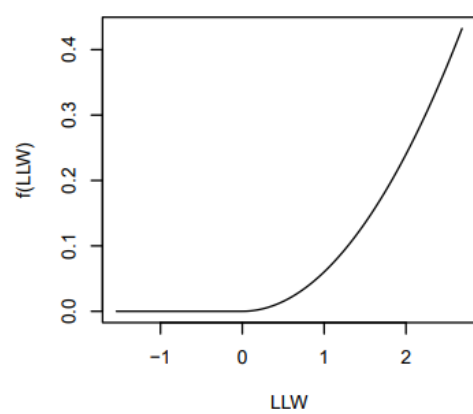
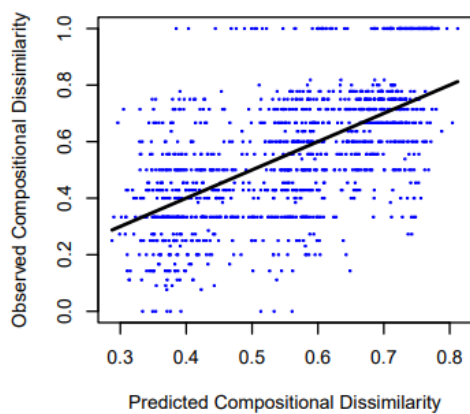
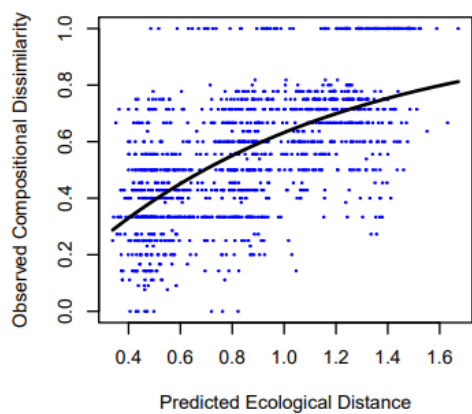


Figura 10 – Representação gráfica dos dois primeiros eixos canônicos (CCA1, CCA2) da análise de correlação canônica comparando as matrizes de dados da estrutura e clima do micro-habitat com a ocorrência de lagartos na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). Tamanho dos vetores representam significância na predição da ocorrência dos lagartos. Variáveis que estão associadas com a ocorrência de espécies de lagartos estão representadas proximamente a elas no gráfico. Aa: *Ameiva ameiva*; Amo: *Ameivula ocellifera*; Cm: *Coleodactylus meridionalis*; Cbn: *Colobosaura modesta*; Gyg: *Gymnodactylus geckoides*; Hb: *Hemidactylus brasilianus*; Hos: *Hoplocercus spinosus*; Bh: *Brasiliscincus heathi*; Cpn: *Copeoglossum nigropunctatum*; Mm: *Micrablepharus maximiliani*; Pp: *Phyllopezus pollicaris*; To: *Tropidurus oreadicus*; Ts: *Tropidurus semitaeniatus*; Gv: *Glaucomastix venetacauda*; Poa: *Polychrus acutirostris*.



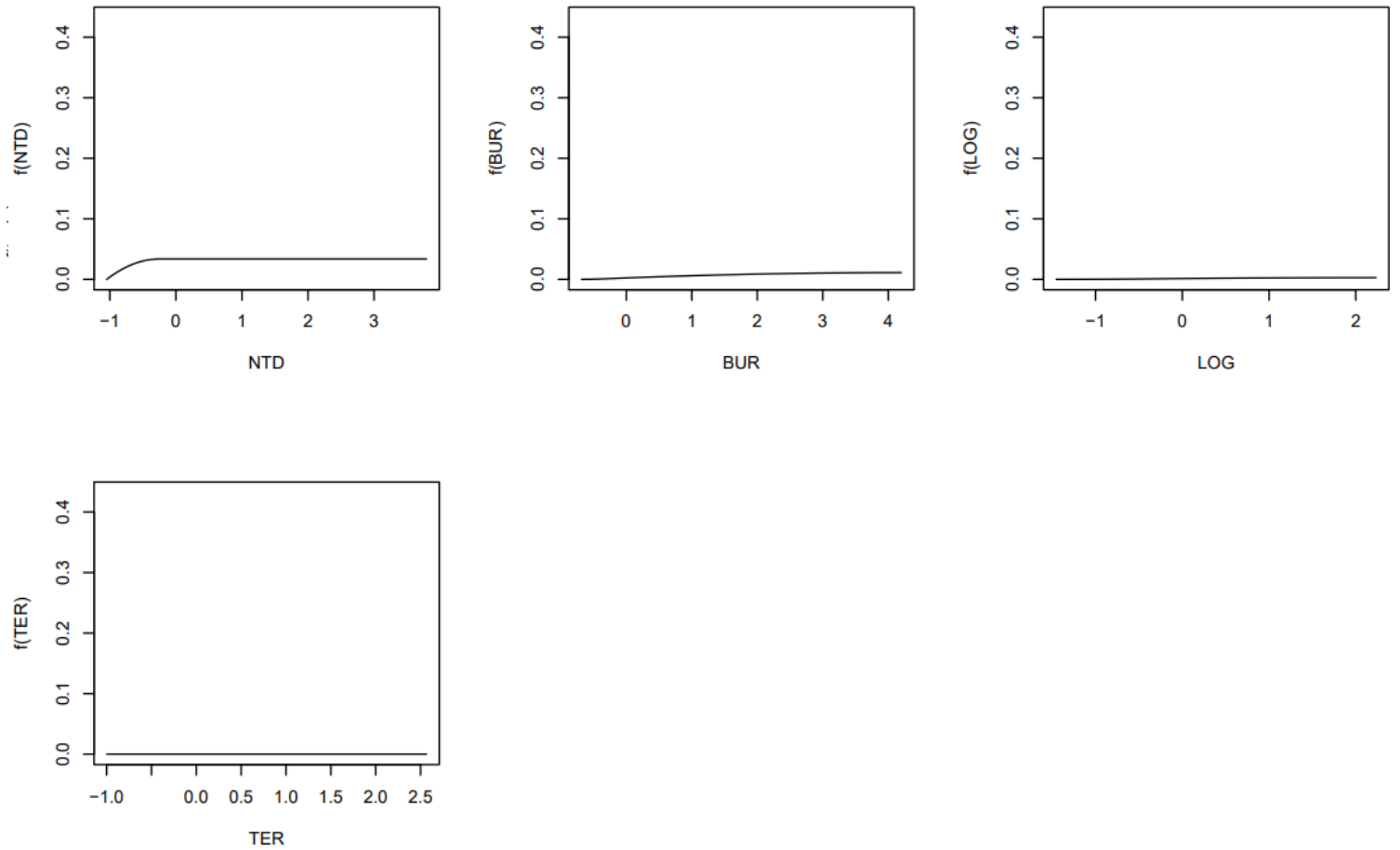


Figura 11 – Modelagem de dissimilaridade generalizada utilizando as variáveis estruturais e climáticas do micro-habitat como preditoras da substituição de espécies de lagartos em um gradiente aberto-florestado na Serra Vermelha (Redenção do Gurguéia, Piauí, Brasil). LLW = peso da serrapilheira; CAN = % de cobertura do dossel; t.sd = amplitude de variação da temperatura; height = altitude; rh.sd = amplitude de variação da umidade relativa; rh.min = umidade relativa mínima; t.mean = temperatura média; t.min = temperatura mínima; NSH = número de plantas lenhosas; SOI = % de exposição do solo; NTD = distância da árvore mais próxima; BUR = números de tocas no chão; LOG = número de troncos caídos; TER = número de cupinzeiros.

19 REFERENCIAS

- ALVES, L. E. R. et al. Parâmetros biofísicos aplicados no parque nacional da serra das confusões, piauí-brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 4, p. 597–604, 2020.
- ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; FONSECA, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. **Landscape Ecology**, v. 33, n. 8, p. 1353–1367, 2018.
- ARAUJO, A. S. F. et al. Distinct taxonomic composition of soil bacterial community across a native gradient of Cerrado-Ecotone-Caatinga. **Applied Soil Ecology**, v. 161, 2021.
- ARGIBAY, D. S.; SPARACINO, J.; ESPINDOLA, G. M. A long-term assessment of fire regimes in a Brazilian ecotone between seasonally dry tropical forests and savannah. **Ecological Indicators**, v. 113, n. February 2019, p. 106151, 2020.
- ARIAS, F. et al. Two new species of Cnemidophorus (Squamata: Teiidae) from the Caatinga, Northwest Brazil. **Zootaxa**, n. 3022, p. 1–21, 2011.
- BARROS, R. A. et al. Diversity patterns of lizard assemblages from a protected habitat mosaic in the Brazilian Cerrado savanna. **Journal of Tropical Ecology**, p. 1–11, 2022.
- BEIRÃO, M. V. et al. High butterfly beta diversity between Brazilian cerrado and cerrado–caatinga transition zones. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, n. 5–6, p. 849–860, 2017.
- BENÍCIO, R. A. et al. Comunidade de anuros em uma área de ecótono no nordeste do Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 9, n. 3, p. 511–517, 2014.
- BRAAK, C. J. F. TER. Canonical Correspondence Analysis : A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. **Ecology**, v. 67, n. 5, p. 1167–1179, 1986.
- BRAMER, I. et al. Advances in Monitoring and Modelling Climate at Ecologically Relevant Scales. **Advances in Ecological Research**, v. 58, p. 101–161, 2018.
- BRASIL. **Decreto de 30 de dezembro de 2010**Presidência da Republica, 2010.
- CAMARGO, A.; SINERVO, B.; SITES, J. W. Lizards as model organisms for linking phylogeographic and speciation studies. **Molecular Ecology**, v. 19, n. 16, p. 3250–3270, 2010.
- CARVALHO, L. R. S.; BARROS, F. Physical habitat structure in marine ecosystems: the meaning of complexity and heterogeneity. **Hydrobiologia**, v. 797, n. 1, p. 1–9, 2017.
- CASTRO, A. A. J. F. et al. Diversidade de Espécies e de Ecossistemas da Vegetação Remanescente da Serra Vermelha, Área de Chapada, Municípios de Curimatá, Redenção do Gurguéia e Morro Cabeça no Tempo, Sudeste do Piauí. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas**, n. 23, 2009.

- CASTRO, E. R. et al. Effects of Environmental Variables and Habitat Integrity on the Structure of the Aquatic Insect Communities of Streams in the Cerrado-Caatinga Ecotone in Northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 1, p. 21–31, 2021.
- CHAO, A. et al. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. **Ecological Monographs**, v. 84, n. 1, p. 45–67, 2014.
- Climate-Data.org. 2022. Historical average temperature. Available at [Clima Redenção do Gurguéia: Temperatura, Tempo e Dados climatológicos Redenção do Gurguéia - Climate-Data.org](https://clima.redencao.org.br/) . Acesso em: 10 agosto 2022.
- COSTA, B. M. et al. Long-term, fire-induced changes in habitat structure and microclimate affect Cerrado lizard communities. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 5, p. 1659–1681, 2020.
- DA SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographics patterns and coservation in the South American Cerrado: A tropical savanna hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225–233, 2002.
- DA SILVA, M. B.; DA ROCHA, W. A.; NOGUEIRA-PARANHOS, J. D. Checklist of reptiles of the Amazonia-Caatinga-Cerrado Ecotonal zone in eastern Maranhão, Brazil. **Herpetology Notes**, v. 9, n. February, p. 7–14, 2016.
- DE ALBUQUERQUE, U. P. et al. Caatinga revisited: Ecology and conservation of an important seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, v. 2012, 2012.
- FARAWAY, J. J. Generalized Linear Models. In: **Extending the Linear Model with R Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models**. 2. ed. Taylor & Francis Group, LLC, 2016. p. 151–173.
- FERRIER, S. et al. Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. **Diversity and Distributions**, v. 13, n. 3, p. 252–264, 2007.
- FUKAMI, T. Sequence effects of disturbance on community structure. **Oikos**, v. 92, n. 2, p. 215–224, 2001.
- GONÇALVES, G. R. et al. The relationship between bird distribution patterns and environmental factors in an ecotone area of northeast Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 140, p. 6–13, 2017.
- GRÄLER, B.; PEBESMA, E.; HEUVELINK, G. Spatio-temporal interpolation using gstat. **R Journal**, v. 8, n. 1, p. 204–218, 2016.
- HOFMANN, G. S. et al. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, v. 27, n. 17, p. 4060–4073, 2021.
- HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous inference in general parametric models. **Biometrical Journal**, v. 50, n. 3, p. 346–363, 2008.
- HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 12, p. 1451–1456, 2016.
- HUEY, R. B. et al. Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming.

Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 276, n. 1664, p. 1939–1948, 2009.

KARK, S. Effects of Ecotones on Biodiversity. In: **Encyclopedia of biodiversity**. p. 142–148.

KLINK, C. A. et al. The role of vegetation on the dynamics of water and fire in the cerrado ecosystems: Implications for management and conservation. **Plants**, v. 9, n. 12, p. 1–27, 2020.

KNELMAN, J. E. et al. Multiple, compounding disturbances in a forest ecosystem: Fire increases susceptibility of soil edaphic properties, bacterial community structure, and function to change with extreme precipitation event. **Soil Systems**, v. 3, n. 2, p. 1–16, 2019.

KRUSKAL, J. B. Multidimensional Scaling by Optimizing Goodness of Fit to a Nonmetric Hypothesis. **Psychometrika**, v. 29, n. 1, 1964.

KURSA, M. B.; RUDNICKI, W. R. Feature selection with the boruta package. **Journal of Statistical Software**, v. 36, n. 11, p. 1–13, 2010.

LANNA, F. M. et al. Identifying traits that enable lizard adaptation to different habitats. **Journal of Biogeography**, v. 49, n. 1, p. 104–116, 2022.

LOMBARDI, L. et al. Habitat-related differences in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) abundance, distribution, and activity. **Journal of Mammalogy**, v. 84, n. 1, p. 26–36, 2003.

MACEDO, W. DE S. et al. Análise do componente arbóreo em uma área de ecótono Cerrado-Caatinga no sul do Piauí, Brasil. **Scientia Plena**, v. 15, n. 1, p. 1–11, 2019.

MARRIS, E. The forgotten ecosystem. **Nature**, v. 437, n. 7061, p. 944–945, 2005.

MESQUITA, D. O. et al. Juxtaposition and Disturbance: Disentangling the Determinants of Lizard Community Structure. **Biotropica**, v. 47, n. 5, p. 595–605, 2015.

MESQUITA, D. O. et al. Species Composition, Biogeography, and Conservation of the Caatinga Lizards. In: SILVA, J. M. C. DA; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Eds.). . **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. 1. ed. p. 151–180.

MILLING, C. R. et al. Habitat structure modifies microclimate: An approach for mapping fine-scale thermal refuge. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 6, p. 1648–1657, 2018.

MOKANY, K. et al. A working guide to harnessing generalized dissimilarity modelling for biodiversity analysis and conservation assessment. **Global Ecology and Biogeography**, v. 31, n. 4, p. 802–821, 2022.

NOGUEIRA, C.; COLLI, G. R.; MARTINS, M. Local richness and distribution of the lizard fauna in natural habitat mosaics of the Brazilian Cerrado. **Austral Ecology**, v. 34, n. 1, p. 83–96, 2009.

NOGUEIRA, C.; VALDUJO, P. H.; FRANÇA, F. G. R. Habitat variation and lizard diversity in a Cerrado area of Central Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 40, n. 2, p. 105–112, 2005.

- OKSANEN, J.; SIMPSON, G. L.; BLANCHET, F. G. **Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5–7**. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2022.
- ORTEGA, Z. et al. Disentangling the role of heat sources on microhabitat selection of two Neotropical lizard species. **Journal of Tropical Ecology**, v. 35, n. 4, p. 149–156, 2019.
- PIANKA, B. E. R.; VITT, L. J. Lizards : Windows to the Evolution of Diversity Raptors of Western North America. **Canadian Field-Naturalist**, n. page 7, p. 141–142, 2004.
- R Core Team. (2022). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Retrieved from [R: The R Project for Statistical Computing \(r-project.org\)](https://www.R-project.org/) . Acesso em: 10 agosto 2022.
- RICKLEFS, R. E. Estrutura da Comunidade. In: **A Economia da Natureza**. Macmillan, 2008.
- RODRIGUES, F. DA S.; PRUDENTE, A. L. DA C. The snake assemblage (Squamata: Serpentes) of a cerrado-caatinga transition area in castelo do piauí, state of piauí, Brazil. **Zoologia**, v. 28, n. 4, p. 440–448, 2011.
- SANTOS, D. P. et al. Physical-hydric attributes in latossolo amarelo under systems of use in the cerrado/ caatinga ecotone areas in Piauí state, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 93, n. 4, p. 1–14, 2021.
- SCHEFFERS, B. R. et al. Microhabitats reduce animal's exposure to climate extremes. **Global Change Biology**, v. 20, n. 2, p. 495–503, 2014.
- SEARS, M. W. et al. Configuration of the thermal landscape determines thermoregulatory performance of ectotherms. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 38, p. 10595–10600, 2016.
- SILVA, J. M. C. DA et al. **The Caatinga: Understanding the Challenges**.
- SILVA, H. F. et al. Seasonal variation in the occurrence of fungi associated with forest species in a cerrado-caatinga transition area. **Revista Arvore**, v. 44, p. 1–9, 2020.
- SOCOLAR, J. B. et al. How Should Beta-Diversity Inform Biodiversity Conservation? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 31, n. 1, p. 67–80, 2016.
- STEIN, A.; GERSTNER, K.; KREFT, H. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. **Ecology Letters**, v. 17, n. 7, p. 866–880, 2014.
- SUEIRO, M. C.; BORTOLUS, A.; SCHWINDT, E. Habitat complexity and community composition: Relationships between different ecosystem engineers and the associated macroinvertebrate assemblages. **Helgoland Marine Research**, v. 65, n. 4, p. 467–477, 2011.
- TEIXEIRA, M. G. et al. The Brazilian Caatinga protected areas: an extremely unbalanced conservation system. **Environmental Conservation**, v. 48, n. 4, p. 287–294, 2021.
- TERRA, M. DE C. N. S. et al. Water availability drives gradients of tree diversity, structure and functional traits in the Atlantic-Cerrado-Caatinga transition, Brazil.

Journal of Plant Ecology, v. 11, n. 6, p. 803–814, 2018.

TEWKSBURY, J. J.; HUEY, R. B.; DEUTSCH, C. A. Putting the heat on tropical animals. **Science**, v. 320, n. 5881, p. 1296–1297, 2008.

VECHIO, F. D. et al. The herpetofauna of Parque Nacional da Serra das Confusões, state of Piauí, Brazil, with a regional species list from an ecotonal area of Cerrado and Caatinga. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 3, 2016.

VERAS, D. S. et al. Differences in land use modify odonata assemblages in the cerrado-caatinga ecotone. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, p. 1–11, 2020.

VIEIRA, O. Q.; DE OLIVEIRA, T. G. Non-volant mammalian species richness in the ecotonal Brazilian midnorth: Checklist for Maranhão state. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 2, p. 1–14, 2020.

VILLASEÑOR, N. R. et al. Strong influence of local habitat structure on mammals reveals mismatch with edge effects models. **Landscape Ecology**, v. 30, n. 2, p. 229–245, 2015.

VITT, L. J. et al. Detecting variation in microhabitat use in low-diversity lizard assemblages across small-scale habitat gradients. **Journal of Herpetology**, v. 41, n. 4, p. 654–663, 2007.

WERNECK, F. P. et al. Climatic stability in the Brazilian Cerrado: Implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot. **Journal of Biogeography**, v. 39, n. 9, p. 1695–1706, 2012.

WOOD, S. N. **Generalized additive models: An introduction with R**. 2. ed.

20 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A taxocenose de lagartos presente na Serra Vermelha é consideravelmente rica, sendo composta por espécies oriundas principalmente da Caatinga, mas também com forte influência do Cerrado, estando elas adaptadas as mais variadas condições ambientais encontradas na região. Estrutura na taxocenose pôde ser observada para o eixo trófico e morfométrico, indicando adaptações relacionadas a diminuição na sobreposição do nicho entre as espécies para esses nichos. A estrutura trófica parece ser determinada por uma influência combinada entre caracteres conservados durante a história evolutiva dos clados e interações ecológicas recentes, enquanto que a estrutura morfométrica parece ser uma resposta a filtros ambientais, fundamentalmente atrelando a estrutura observada com a relação filogenética entre as espécies. Ainda que a não tenha sido observada estrutura espacial significativa quando considerando a taxocenose como um todo, os lagartos da Serra Vermelha parecem se organizar espacialmente em relação a fitofisionomia do habitat, havendo diferenças significativas na diversidade de lagartos entre as áreas abertas sensíveis a penetração solar e ao fogo, e as áreas florestadas nos baixões da região, possibilitando a observações de espécies adaptadas as condições impostas por ambos os tipos de habitat.