

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE**

Thayna Rhayane de Brito Almeida

**INFLUÊNCIA DA CAPRINOCULTURA SOBRE A ASSEMBLEIA DE ESCORPIÕES
(Arachnida: Scorpiones) DA CAATINGA**

RECIFE, PE
2024

THAYNA RHAYANE DE BRITO ALMEIDA

INFLUÊNCIA DA CAPRINOCULTURA SOBRE A ASSEMBLEIA DE
ESCORPIÕES (Arachnida: Scorpiones) DA CAATINGA

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-
graduação em Biodiversidade – UFRPE, como um
dos requisitos para a obtenção do título de mestre
em Biodiversidade

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Jorge de Moura

Coorientador: Dr. André Felipe de Araujo Lira

Recife, PE

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B862i

Almeida, Thayna Rhayane de Brito
Influência da caprinocultura sobre a assembleia de escorpiões (Arachnida: Scorpiones) da caatinga / Thayna Rhayane de Brito Almeida. - 2024.
47 f. : il.

Orientador: Geraldo Jorge Barbosa de Moura.
Coorientador: Andre Felipe de Araujo Lira.
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Recife, 2024.

1. Cabra. 2. Aracnídeos. 3. Regiões semiáridas. 4. Efeito antrópico. I. Moura, Geraldo Jorge Barbosa de, orient. II. Lira, Andre Felipe de Araujo, coorient. III. Título

CDD 333.95

*“A gente corre o tempo todo atrás de um tal de ideal
Baseado num formato que talvez não seja o ideal
Nem pra você, nem pra mim.”*

- Charlie Brown Jr.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, a mim mesma por não ter desistido, mesmo quando não existia motivos para continuar e tudo era um vazio inexplicável e uma insignificância dolorida. Foi difícil, na verdade é difícil, mas estou aqui, não tão firme nem tão forte, mas continuando com meus sonhos. Em seguida, agradeço a minha família, que mesmo que às vezes de um jeito extremamente tóxico e maluco, sempre me apoiam. A minha avó paterna, Sandra, obrigada por ter me proporcionado o privilégio de continuar estudando. E aos meus irmãos, Smith e Rhannye, que apesar de tóxicos sempre me apoiam, além de serem obrigados a ouvir tu sabia que o pepino é da mesma família da melancia?” toda vez que estamos perto de um pepino. Amo vocês, e talvez nem seja porque fomos obrigados a crescer juntos, na mesma casa, por todos esses anos.

Aos meus amigos, sou grata pela amizade. Em especial ao meu amigo Alessandro, que desde o ensino médio, faz parte das minhas loucuras, me ouve falar de todos os absurdos que acontecem na minha vida, e sempre fica do meu lado, mesmo quando estou mais do que 100% errada e infringindo todos os direitos humanos. Obrigada amigo, por estar comigo em todas as situações insalubres que me envolvo por livre e espontânea vontade. Também agradeço a Rhamon, que no meu pior momento me obrigava sair e a ser feliz.

A vida acadêmica me ensinou que não se faz nada sozinha, e assim, agradeço ao meu mestrado por ter colocado pessoas incríveis no meu caminho. Faço parte de uma equipe composta por pessoas incríveis. Mas agradeço em especial à André Otávio e Matheus, vocês foram uma surpresa boa, e considero vocês mais do que amigos, friends. Sempre digo e sempre irei dizer que sem vocês ainda estaria coletando. Sou muito grata pela disponibilidade de tempo, que mesmo sem me conhecer toparam, inocentemente, em ir comigo para o campo mais traumático da minha vida (até o momento). Sem vocês minhas coletas teriam sido uma tragédia, muito obrigada. Por falar em campo, após os campos mórbidos, tive a alegria da bonança. E por isso agradeço a Alexandre Silva que nos receberam em sua casa com muito carinho e receptividade, além e me ajudaram nas coletas, coletando e marcando transecto. Também agradeço a Rivaldo e família, que assim como Alexandre, todos foram muito atenciosos e carinhosos, além de também nos auxiliaram durante as coleta. Sendo assim, obrigado a ambos pelas carinho, receptividade e pelas refeições fartas.

Por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus orientadores, que fizeram possível toda essa experiência de pós-graduação. Sempre digo que sou muito privilegiada em ter ambos os orientadores profissionais incríveis. Sendo assim, Obrigada Geraldo Moura, por ter aceitado meu projeto e ter confiado em mim para execução dele. Ao prof. André disponho de toda admiração e respeito. Ao longo de aproximadamente 7 anos, André, me mostrou como deve ser a relação de orientando e orientador e como deve ser um profissional de verdade. Espero um dia ter 10% da dedicação e do profissionalismo que você tem. Além de orientador, considero André um grande amigo, e não é exagero dizer que ele é uma das pessoas mais incríveis que eu já conheci dentro da universidade. André nunca mediu esforços para me ajudar ou ajudar qualquer um de seus orientandos. Sempre esteve presente, e me ensinou tudo o que eu sei, além de sempre ter subido a minha bolinha em relação aos meus conhecimentos acadêmicos. Acho que nunca falei isso, mas a sua orientação e amizade foi um dos motivos que me manteve na pesquisa e que me incentivam a continuar. O amor que eu tenho pela pesquisa e pelos aracnídeos eu aprendi com você, e espero, um dia, poder retribuir isso. Muito Obrigada, André, por sempre ter me tratado como igual, por ter confiado em mim, e ter me dado a oportunidade de crescer como pesquisadora. Esse mestrado não teria acontecido sem seu apoio.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO

Tabela 1 - Environmental structure in Brazilian seasonal dry tropical forests areas with the presence and absence of goats.....	30
Tabela 2 - Diversity of scorpions in Brazilian seasonal dry tropical forest areas with the presence and absence of goats.....	32
Tabela 3 - Principal components analysis (PCA) of body traits of the scorpion species <i>Jaguajir rochae</i> (Borelli, 1910) and <i>Bothriurus rochai</i> Mello-Leitão, 1932.....	33

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO

Figura 1 - Study area in Pernambuco state. A) Location of the three sampling sites in the Brazilian semiarid region. Caatinga vegetation B) without goat presence and C) with goat.....	28
Figura 2 - Variation in the structure of the environment and composition of scorpion species according to goat farming in the Brazilian seasonal dry tropical forest.....	31

Sumário

LISTA DE TABELAS.....	6
CAPÍTULO.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
CAPÍTULO.....	7
Sumário.....	8
RESUMO.....	9
Abstract.....	10
Introdução.....	11
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
1.2 CAATINGA.....	13
1.3 CAPRINOCULTURA.....	16
1.4 ESCORPIÕES.....	19
OBJETIVOS.....	22
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
HIPÓTESES.....	22
Exotic goats negatively impact diversity and body traits of scorpion (Arachnida: Scorpiones) in seasonal dry tropical forest.....	24
Abstract.....	25
Introduction.....	26
Materials and methods.....	27
Sampling procedures.....	27
Environmental characterization.....	29
Data analyses.....	29
Results.....	30
Discussion.....	33
References.....	36
Referências bibliográficas.....	39

RESUMO

A exploração da vegetação natural possui efeito direto na qualidade ambiental em diversas regiões, especialmente as inseridas no domínio do semiárido brasileiro. Na Caatinga, maior faixa de Floresta Tropical Sazonalmente Seca do continente americano, atividades antrópicas são um dos principais problemas para a conservação do bioma. Entre as atividades antrópicas desenvolvidas na Caatinga, a criação de bodes é uma das mais prejudiciais à qualidade da vegetação natural. Isso ocorre, principalmente, pela forma do manejo da caprinocultura de pastagem livre na região. A pastagem livre compromete a estrutura do habitat onde os caprinos ocorrem, e conseqüentemente leva ao desequilíbrio de outros animais, em especial as espécies habitat-dependentes, como os escorpiões. Portanto, esse trabalho avaliou os potenciais efeitos causados pela pastagem livre de bodes sobre a assembleia de escorpiões da Caatinga. Especificamente foram mensurados os efeitos da caprinocultura sobre a diversidade (riqueza, abundância e composição) da assembleia de escorpiões, bem como traços corporais dos animais. A amostragem ocorreu em três municípios localizados no estado de Pernambuco, Brasil. Em cada município, foram instalados 24 transectos (12 em áreas com influência dos caprinos e 12 sem a influência dos caprinos) 10m×30m distantes entre si por 20m onde foram realizadas buscas ativas noturnas (19:00-22:00h) com auxílio de lanternas UV. Cada transecto foi percorrido durante uma hora por uma dupla de coletores. No total foram coletados 396 escorpiões distribuídos em seis espécies e duas famílias. Os nossos resultados mostraram que a diversidade de escorpiões foi significativamente afetada pela caprinocultura, com a riqueza e a abundância sofrendo uma redução nas áreas com influência dos bodes. A composição de espécies também foi afetada, ocorrendo um favorecimento de espécies habitat-generalistas em detrimento das espécies habitat-especialistas. Por fim, os traços corporais dos escorpiões foram negativamente afetados pela presença dos caprinos com os escorpiões apresentando menor tamanho e massa corporal. A pastagem livre dos bodes em áreas de vegetação natural da Caatinga, resultou em uma simplificação da estrutura do ambiente, impactando negativamente a assembleia de escorpiões.

Palavras-chave: Cabra, aracnídeos, regiões semiáridas, efeito antrópico

Abstract

Exploration of natural vegetation has a direct effect on environmental quality in several regions, especially those included in the Brazilian semi-arid region. In the Caatinga, the largest range of Seasonally Dry Tropical Forest in South America, anthropic activities are one of the main conservation issues of the biome. Among the anthropic activities carried out in the Caatinga, the goat breeding is the most harmful to the natural vegetation quality. This is mainly due to the management of pasture goat farming in the region. Free grazing compromises the structure of the habitat where goats occur, and consequently leads to the imbalance of other animals, especially habitat-dependent species, such as scorpions. Therefore, this work evaluated the potential effects caused by goat-free grazing on the Caatinga scorpion assemblage. Specifically, the goat-effects farming on the diversity (richness, abundance, and composition) of the scorpion assemblage as well as the body condition of the animals were measured. Sampling took place in three municipalities located in the state of Pernambuco, Brazil. In each municipality, 24 transects were installed (6 in areas with influence by goats and 6 without the goat influence) with 10mx30m, apart by 20m each. Active searches were carried out at night (19:00-22:00h) with the aid of UV flashlights. Each transect was covered for one hour by a pair of collectors. In total, 396 scorpions distributed in six species were collected. Our results showed that scorpion's diversity was significantly affected by goat farming, with richness and abundance being reduced in areas influenced by goats. Species composition was also affected, favoring habitat-generalist species over habitat-specialist species. Finally, the body condition of scorpions was negatively affected by the presence of goats, with scorpions having smaller body size and mass. The free grazing of goats in areas of Caatinga natural vegetation resulted in a simplification of the environment structure, negatively impacting the assemblage of scorpions.

Keywords: caprine, arachnids, semi-arid regions, anthropic-effect

Introdução

A criação de herbívoros exóticos em pasto é uma das atividades humanas mais antigas e desenvolvidas ao redor do mundo (Nori, 2007). Segundo Steinfeld *et al.*, (2006), terras dedicadas à criação de animais torna viável o desenvolvimento econômico de cerca de 1,2 bilhões de famílias ao redor do mundo. Além disso, representa mais de 40% da produção agrícola mundial (Steinfeld *et al.*, 2006). No Brasil, a prática é considerada uma importante fonte de subsistência para inúmeras famílias socioeconomicamente vulneráveis que vivem, principalmente, em regiões rurais do país (Albuquerque; Melo, 2018)

O nordeste brasileiro apresenta um extenso território semiárido, com grande densidade demográfica, ultrapassando 22 milhões de habitantes (Albuquerque; Melo, 2018). Nessa região está inserida o domínio do bioma Caatinga, caracterizando como a maior faixa de Floresta Tropical Sazonalmente Seca da América do Sul (Silva *et al.*, 2018). A Caatinga apresenta acentuadas características ambientais, como o baixo índice pluviométrico anual (≤ 800 mm); forte sazonalidade, além de marcantes limitações socioeconômicas (IBGE; 2017; Albuquerque; Melo, 2018). Tendo em vistas as limitações ambientais e sociais da região, para possibilitar o desenvolvimento humano na região, é necessária a adoção de diversas adaptações nas práticas agrícolas e rurais (Lima, 2014; Albuquerque; Melo, 2018; Jamelli *et al.*, 2021).

Conhecidos popularmente como “pé-duros”, os bodes representam um dos herbívoros com maior adaptabilidade para regiões áridas e semiáridas (Melo, 2017; Albuquerque; Melo, 2018). No Brasil, a Caatinga abriga o maior rebanho de bodes, com cerca de 9 milhões de animais, representando em torno de 96% do total de caprinos do país (IBGE, 2017). Em sua maioria, a criação desses herbívoros em áreas de Caatinga é desenvolvido através do manejo doméstico realizado por famílias da região (Johnson *et al.*, 1986; Costa *et al.*, 2008; Albuquerque; Melo 2018; Menezes *et al.*, 2020; Jamelli *et al.*, 2021). A prática consiste na aplicação da pastagem livre, na qual os animais permanecem livre, alimentando-se da vegetação natural do local (Johnson *et al.*, 1986; Costa *et al.*, 2008; Albuquerque; Melo 2018; Menezes *et al.*, 2020; Jamelli *et al.*, 2021).

Dessa forma, a criação de caprinos em áreas de Caatinga vai em contrapartida da importância socioeconômica da atividade (Vieira, 2015; Melo, 2017; Jamelli *et al.*, 2021). Pois a caprinocultura é considerada uma das principais fontes de degradação da vegetação natural do bioma considerado um dos ambientes com maior vulnerabilidade à degradação ambiental por práticas antrópicas (Melo, 2017; Vieira *et al.*, 2015; Melo, 2017; Jamelli *et al.*, 2021). Sendo assim, a pastagem livre pode ocasionar modificações de curto e longo prazo na estrutura

da vegetação, alterando a dinâmica natural das espécies vegetais e acelerando processos degradativos, como a desertificação da região (Vieira *et al.*, 2015; Benthein *et al.*, 2018; Menezes *et al.*, 2020).

Atualmente, sabe-se que a vegetação da Caatinga é responsável pela oferta de alimento e abrigo para diversos grupos de animais (ex. Mamíferos, aves, peixes, anfíbios e artrópodes), incluindo espécies endêmicas (6% para mamíferos, 50% para peixes) (Silva *et al.*, 2017; 2018). Entre os artrópodes que ocorrem em áreas de Caatinga, os escorpiões apresentam dependência da estrutura vegetal em regiões secas, onde a estrutura vegetal é responsável pela modulação da assembleia desses animais e age diretamente no desenvolvimento dos indivíduos (Foerster *et al.*, 2020; Lira *et al.*, 2021a).

Sendo assim, áreas com uma maior complexidade vegetal abrigam um maior número de espécies de escorpiões do que áreas com uma baixa complexidade vegetal (Foerster *et al.*, 2020; Lira *et al.*, 2021a). Em adição, a estrutura vegetal não influencia somente a diversidade, mas também afeta os parâmetros corporais desses aracnídeos (Lira *et al.*, 2021b). Portanto, Lira *et al.* (2021b) reportam que áreas com maior degradação apresentam indivíduos menores em comparação à áreas com menos degradação.

Portanto, os escorpiões são predadores generalistas, desempenhando um importante papel ecológico no controle populacional de inúmeras espécies de artrópodes, principalmente em áreas com características limitantes, como em regiões áridas e semiáridas ao redor do mundo (Polis 1990; Stockmann, 2010). Sendo assim, o potencial efeito negativo causado pela pastagem livre de bodes sobre a vegetação natural de Caatinga pode contribuir na redução da diversidade desses aracnídeos e dessa forma, contribuir para o desequilíbrio populacional de inúmeras espécies de invertebrados.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.2 CAATINGA

O semiárido brasileiro ocupa cerca de 20% do território total do país, sendo a maior parte ocupada pela Caatinga (Reddy, 1983). O bioma, exclusivo do Brasil, é considerado a maior e mais diversa floresta tropical sazonalmente seca das Américas (Prado, 2006; Oliveira-Filho *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2018). Está presente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Sergipe, Alagoas, Bahia, grande parte dos estados de Pernambuco e da Paraíba, parte sul e leste do Piauí e do norte de Minas Gerais (IBGE, 2004; Silva *et al.*, 2004). Possui uma área que engloba em torno de 750.000 km², representando aproximadamente, 9,9% do território nacional (IBGE 2004; Silva *et al.*, 2004). O clima semiárido é predominante na região, com temperatura média anual variando em torno de 25° a 30°C, com baixo índice pluviométrico anual (300 a 800 mm), além de forte sazonalidade (IBGE, 2017). Os períodos secos e chuvosos podem variar drasticamente, podendo não ser previsíveis como em outras regiões do país (Nimer, 1972; Albuquerque; Melo 2018). De forma geral, o período de chuvas é curto, errático, escasso, e com duração de aproximadamente três meses consecutivos (Prado, 2003). Além disso, áreas constituídas por arenito e rochas cristalinas não porosas, apresentam rápido escoamento e baixa retenção hídrica. Fato que dificulta a retenção de água das precipitações (Mares *et al.*, 1985). Os períodos de estiagem são mais longos e com maior severidade nas áreas centrais do bioma (Prado, 2003). Durando em torno de 7 a 10 meses (Reddy, 1983; Nimer, 1972; Prado, 2003). Entretanto, podem ocorrer secas prolongadas, com duração de anos (Nimer, 1972). Já em algumas áreas elevadas, como serras e brejos de altitude, o clima é bastante distinto por conta da ocorrência de chuvas orográficas (Andrade-Lima, 1982), assim como a diminuição na temperatura, esses pontos tornam-se áreas méxicas, sendo mais úmidas e tornando-se refúgio para ocorrência de espécies de plantas e animais que não ocorrem nos territórios baixos da Caatinga (Santos *et al.*, 2007; Rodal *et al.*, 2008).

Tendo em vista as distintas e complexas características ambientais, por muito tempo acreditou-se que a Caatinga representava apenas uma resposta à degradação de outras florestas tropicais úmidas que ocorrem ao seu redor, como por exemplo da Mata Atlântica (Alves, 2009). Além de, por muito tempo, influenciar a descrição do bioma como um ambiente inóspito, hostil e pobre em biodiversidade (Alves, 2009). Contudo, a vegetação da Caatinga é bastante heterogênea, podendo ser dividida em pelo menos 13 diferentes fisionomias, constituídas por uma extensa floresta tropical sazonalmente seca, com vegetação

do tipo savana (Coimbra-Filho; Câmara, 1996; Pennington *et al.*, 2009). Deste modo, as características ambientais únicas, como os longos períodos de seca tornam a riqueza de paisagem da Caatinga ecologicamente diversa, contribuindo para a evolução de linhagens de organismos com características únicas, adaptadas às condições ambientais locais (Queiroz *et al.*, 2017). Apesar disso, existem poucos trabalhos que detalham a diversidade e riqueza da região, contudo, ressaltam uma diversidade rica em espécies e endemismos (Queiroz *et al.*, 2017). Isso se dá pela dificuldade de replicação, pela carência de profissionais e pelo difícil acesso em muitas regiões longínquas da Caatinga (Lewinsohn; Prado 2002; Albuquerque *et al.*, 2012).

Apesar da sua expressiva diversidade, o bioma vem sendo negligenciado, e toda sua biota sofre com altas taxas de degradação, desmatamento, desertificação e mudanças climáticas, tornando assim, a Caatinga um dos biomas brasileiros mais ameaçados pela atividade antrópica no país (Leal *et al.*, 2005; Antongiovanni *et al.*, 2020; MMA, 2021). Atualmente em torno de 80% do bioma já foi alterado por meio de atividade humana, tendo aproximadamente 94% do seu território sujeito à desertificação (Silva *et al.*, 2017; MMA, 2021). Apesar dos impactos humanos no território da Caatinga existirem há mais de 25.000 de anos (Heredia, 1994), através de atividades de subsistência, como a caça, a pesca e a coleta de frutos, (Heredia, 1994), nos dias atuais, a criação de estradas e rodovias auxiliam no desenvolvimento da caça ilegal levando a superexploração vertebrados, como espécies de mamíferos, aves, répteis e também de peixes (Alves *et al.*, 2009; Barbosa *et al.*, 2016). Além disso, áreas onde há o desenvolvimento de agricultura e pastos apresentam grande pressão sobre a biodiversidade, solo e sistema hídrico local, e assim possuem um menor número de espécies quando comparadas às áreas onde não há o desenvolvimento de tais atividades (Pereira; Azevedo-Júnior, 2011). Tais problemáticas, mostram que o uso constante e irregular dos recursos naturais afeta negativamente a biodiversidade local, além de prejudicar o desenvolvimento de atividades econômicas que apresentam grande dependência aos recursos naturais para seu desenvolvimento (Pereira; Azevedo-Júnior, 2011).

Todavia, as perturbações antrópicas na Caatinga podem ser classificadas como crônicas e agudas (Albuquerque *et al.*, 2017). Sendo assim, entende-se como perturbação crônica a junção de múltiplas práticas humanas que causam leves, mas constantes distúrbios ao ambiente (Antongiovanni *et al.*, 2020). Tais alterações modificam a estrutura ambiental levando a perda de habitat, além de causar variações na estrutura natural da biodiversidade, dos processos ecológicos e dos serviços ecossistêmicos da região (Leal *et al.*, 2014). As perturbações crônicas passaram a ocorrer no bioma através da ocupação portuguesa em

meados do século XVII como consequência da colonização da Caatinga, e início ao crescimento populacional em seu território (Tabarelli *et al.*, 2017). O desenvolvimento humano na região ocasionou o início da pecuária extrativista, realizada principalmente ao longo de leitos de grandes rios e utilizando a vegetação nativa como pasto natural (Hemming, 1978). Consequentemente, tais fatores contribuíram para o aumento da exploração em larga escala dos recursos naturais da região (Hemming, 1978). Atualmente, as perturbações crônicas na Caatinga têm como principal fonte o uso direto dos recursos naturais. Seja ele para utilização das comunidades locais, ou para a produção e desenvolvimento de áreas urbanas ou obtenção de recursos financeiros e produtos manufaturados (Foley *et al.*, 2005). Apesar de poucos estudos detalham o principal agente da degradação crônica na região, sabe-se que o desmatamento em grande escala, para fins de obtenção de biomassa destinada ao uso industrial da produção de gesso e para a mineração corroboram para a grande perturbação local (MMA, 2021; Melo, 2017; Schulz *et al.*, 2017). Além disso, em conjunto com o desmatamento, atividades agropecuárias dependentes da vegetação natural, o uso indevido e constante do solo, as queimadas realizadas tanto para produção agrícola quanto para criação de pasto, são consideradas agentes de perturbação antrópica crônica no bioma (Albuquerque *et al.*, 2017). As ações antrópicas agudas passaram a ser observadas no território do bioma apenas nos anos 1950 com a grande e rápida expansão de monoculturas e rodovias no território da Caatinga (Tabarelli *et al.*, 2017). Portanto, são consideradas ações agudas as perturbações que elevam a fragmentação e consequentemente a perda de habitat florestal natural na região da Caatinga (Ribeiro *et al.*, 2015). Atualmente, perturbações agudas têm como principal fonte a rápida transformação de áreas naturais em estradas, reservatórios e em áreas para o desenvolvimento de agricultura comercial e extrativista (Ribeiro *et al.*, 2015; MMA, 2021).

Sendo assim, nos tempos atuais, alterações ambientais de origem antrópica na Caatinga podem ser divididas em três agentes causadores, sendo eles a perturbações agudas oriundas da rápida modificação dos ambientes naturais em ambientes antropogênicos, a perturbação crônica relativa à agropecuária de subsistência desenvolvida por famílias residentes em território do bioma e, por fim, a introdução de organismos exóticos seja por atividades paisagísticas, pecuárias ou para o cultivo em monoculturas (Nascimento *et al.*, 2014; Almeida *et al.*, 2015; Ribeiro *et al.*, 2015; Albuquerque *et al.*, 2017). Portanto, as alterações antrópicas em conjunto com as distintas características ambientais, aceleram processos naturais. Levam a sérios problemas ambientais como a desertificação, e assim inviabilizam a utilização da terra pela população e pelos organismos dependentes de tal

recurso (Sá; Angelotti, 2009; Magrin *et al.*, 2014). Ao longo dos anos, o uso do solo e a fragmentação de áreas de floresta em regiões de Caatinga vem causando alterações, em suas paisagens levando a degradação ambiental (Matsushita *et al.*, 2006). Portanto, é de suma importância o entendimento da origem de tais problemáticas, para o desenvolvimento de esforços governamentais, não governamentais e de estudos que visem a conciliação da conservação da Caatinga e do desenvolvimento humano que depende de seus recursos (Velloso *et al.*, 2002).

1.3 CAPRINOCULTURA

A criação de herbívoros domésticos, como caprinos, ovinos e bovinos, é uma das atividades mais antigas e mais desenvolvidas ao longo da história humana (Nori, 2007). Atualmente, a criação de rebanhos representa uma importante fonte de renda para mais de 200 milhões de pessoas ao redor do mundo (Nori, 2007). Entretanto, a herbivoria por animais exóticos de pastejo representa uma das principais fontes de degradação da vegetação e do solo, principalmente regiões semiáridas (Leal *et al.*, 2003; Nori, 2007). Isso ocorre principalmente em consequência do manejo dos animais, onde em muitas regiões é desenvolvida através da pastagem em áreas de vegetação natural ou em áreas modificadas para o pasto (Nori, 2007). Sendo assim, devido ao manejo inadequado e também ao sobrepastejo desses herbívoros, há a modificações da estrutura natural da vegetação e também do solo (Perevolotsky; Haimov, 1992). Tal problemática é agravada e mais evidente em regiões semiáridas (Díaz *et al.*, 2007). Devido à marcante sazonalidade, aos longos períodos de secas e chuvas erráticas que influenciam diretamente na característica da paisagem, do solo, e também formação e distribuição da biota local (Díaz *et al.*, 2007).

Além disso, a pastagem pode ter seus efeitos agravados devido a algumas adaptações presentes na vegetação de regiões secas. Como por exemplo a sincronicidade do ciclo de vida das plantas com o período das chuvas em determinadas localidades (Díaz *et al.*, 2007). Ou seja, por conta da escassez de água, muitas espécies apresentam modificações, onde a floração, frutificação, e também a deciduidade passam a ser conjuntas (Díaz *et al.*, 2007). Tal característica somada à grande demanda alimentar dos animais, impulsiona o maior consumo da vegetação nos períodos de maior produtividade de biomassa (Milchunas; Lauenroth, 1993). Resultando na modificação da estrutura da biodiversidade, na redução da reprodução das espécies, redução da capacidade de competição, além de ocasionar a limitação do crescimento, do recrutamento e da distribuição geográfica da vegetação, sobretudo nas espécies que apresentem um curto ciclo de vida, como por exemplos espécies de herbáceas

(Perevolotsky; Haimov, 1992; Adler *et al.*, 2002; Kirk *et al.*, 2019). Além da diminuição da diversidade vegetal (Adler *et al.*, 2002), a pastagem tem como consequência o pisoteio do solo, que ocasiona no empobrecimento, compactação, diminuição da matéria orgânica do solo, além da mineralização causada pela deposição de fezes (Piñeiro *et al.*, 2010). E assim, esses fatores contribuem e facilitam o consumo de biomassa superficial, facilitando processos degradantes como por exemplo o sequestro de carbono e a desertificação dessas regiões secas (Piñeiro *et al.*, 2010; Schulz *et al.*, 2017).

Na Caatinga a criação de animais domésticos exóticos se iniciou com a chegada dos europeus no século XVII (Ribeiro, 1995; Ab'Saber, 2003; Andrade, 2005). Portanto, desde a introdução portuguesa, há pelo menos 350 anos, o ecossistema vem sendo amplamente pastoreado por caprinos, e em menor grau por bovinos e ovinos (Furtado, 1967; Melo, 2018). Ademais, devido as distintas características ambientais, a necessidade da adoção de animais resistentes à escassez hídrica foi necessária (Albuquerque; Melo, 2018). Sendo assim, conhecida popularmente como “pé-duro”, a *Capra hircus* é uma espécie crioula de caprinos, domesticada através do cruzamento de espécies selvagens oriundas da Europa ocidental e do sudoeste da Ásia (Johnson *et al.*, 1986; Albuquerque; Melo, 2018). Extremamente resistentes e adaptadas às condições rústicas da Caatinga, atualmente, no bioma há cerca de 9 milhões desses caprinos, representando em torno de 92% de todas as cabeças de cabras presentes no Brasil (IBGE, 2006). A maioria dos animais estão distribuídos, principalmente entre as zonas rurais dos estados do Nordeste do país, representando a espécie exótica de herbívoro com maior predominância na região (Medeiros *et al.*, 2000; Leal *et al.*, 2003; IBGE, 2006). Assim como em outras regiões semiáridas, a criação de caprinos possui grande importância econômica, representando uma das principais fontes de subsistência para em torno de 28 milhões de pessoas situadas na região da Caatinga (Girão, 2004; Albuquerque; Melo, 2018; Melo, 2017). Possuindo sua a carne, leite, couro e também o animal vivo amplamente comercializados, principalmente por famílias que se encontram em situação socioeconômica vulnerável (Furtado, 1967; Medeiros *et al.*, 1995; Girão, 2004). Além da importância socioeconômica, os caprinos também apresentam importância cultural para a população catingueira, sendo utilizados como meio de transporte de cargas, é atração em feiras e festivais locais (Barboza *et al.*, 2007).

No bioma, a caprinocultura é majoritariamente desenvolvida através do manejo familiar (Medeiros *et al.*, 1994). Realizada por meio de métodos extensivos altamente dependentes dos recursos naturais, com pouca ou nenhuma suplementação de alimento e água por parte dos donos (Medeiros *et al.*, 1994). Sendo assim, o manejo basicamente consiste na

realização da pastagem livre, onde o rebanho permanece solto em áreas de vegetação natural, se alimentando livremente sem delimitações de território (Medeiros *et al.*, 1994; Albuquerque; Melo 2018). Cabras são herbívoros generalistas considerados a espécie exótica de maior voracidade no consumo de plantas e frutos na Caatinga (Leal *et al.*, 2003; Leal *et al.*, 2017). A dieta destes animais é realizada através do forrageio, onde podem consumir folhas, frutos, sementes, raízes, flores, cascas e também serapilheira (Bakke *et al.*, 2010). Durante os períodos chuvosos a base alimentar desses animais consiste principalmente em espécies herbáceas dicotiledôneas, já durante os períodos de déficit hídrico, quando há escassez de alimento, consomem espécies lenhosas pouco usuais para a alimentação de herbívoros (Leal *et al.*, 2003; Bakke *et al.*, 2010; Parente *et al.*, 2012).

Atualmente as altas taxas de lotação (podendo chegar a até 11 cabras/km²) em áreas de caatinga contribuem para a modificação ambiental, via redução da vegetação natural e compactação do solo, causando uma menor taxa de infiltração da água, modificando a ciclagem dos nutrientes e prejudicando mananciais (Silva *et al.*, 2014; Albuquerque; Melo, 2018). Portanto, tendo em vista o contexto ambiental da Caatinga, a pastagem excessiva também representa uma considerável fonte de impacto, sendo uma das principais causas da degradação ambiental, em conjunto com a caça e o desmatamento, atividades bastante presentes no bioma (Furtado, 1967; Albuquerque; Melo, 2018). Além disso, o nível do impacto se agrava pelo grande alcance territorial dos caprinos. Jamelli *et al.*, (2015) mostra que durante o forrageio, caprinos podem percorrer uma área de até 100 ha, e se deslocar em até 2,6 km/h. Entretanto, o trabalho relata uma maior preferência por áreas abertas. Ou seja, há maior proporção de forrageio em áreas de sucessão vegetal, com pouco consumo em áreas de mata fechada. Sugerindo assim, que na Caatinga, diferentemente de outras regiões semiáridas, a pastagem por caprinos age em maior escala como uma barreira para a regeneração florestal, possuindo um menor papel como agente degradador de áreas naturais (Jamelli *et al.*, 2015).

A herbivoria por caprinos ainda possui outro fator preocupante. Como a competição por recursos entre esses animais e espécies nativas. Oliveira *et al.*, (2017) mostrou que o consumo de uma espécie de palmeira pelos caprinos interfere na obtenção de recursos e no ciclo de vida de coleópteros e de uma espécie de roedor. Onde a retirada dos frutos e flores pelo consumo dos caprinos prejudica a percepção da planta pelas espécies nativas que dependem de seus recursos para alimentação (roedores e besouros) e reprodução (besouros), assim prejudicando o desenvolvimento desses animais (Oliveira *et al.*, 2017). A questão pode ser mais abrangente e afetar diversas espécies nativas que dependem exclusivamente de uma

determinada espécie vegetal (Leal *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, 2017). Visto que caprinos não possuem seletividade alimentar e podem consumir diversas espécies de plantas (Leal *et al.*, 2003). Além disso, a interferência do sobrepastejo sobre a dinâmica da biodiversidade e recursos naturais do bioma também possui efeito prejudicial ao desenvolvimento socioeconômico das famílias que vivem no território do bioma (Silva *et al.*, 2016). Os impactos negativos diminuem na obtenção de recursos naturais essenciais para a manutenção de atividades diárias, e assim, reduz a qualidade de vida dos residentes da região (Silva *et al.*, 2016). Tendo em vista que a região compõe um dos locais com maior índice de subdesenvolvimento, atividades como a caprinocultura possuem grande importância econômica e necessitam dos recursos naturais para o seu desenvolvimento (Leal *et al.*, 2003; Buainain 2013; Silva *et al.*, 2016). Entretanto, até o momento há poucos projetos políticos e pesquisas que visam o desenvolvimento sustentável da caprinocultura na região (Silva *et al.*, 2016). Apesar disso, entender o efeito da caprinocultura extensiva é de suma importância, tanto para a manutenção da biodiversidade quanto para garantir a subsistência sustentável de inúmeras famílias, evitando a utilização da Caatinga além da sua capacidade de carga (Leal *et al.*, 2005; Gariglio *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2016)

1.4 ESCORPIÕES

Os escorpiões são artrópodes terrestres, quelicerados pertencentes à classe Arachnida (Stockmann; Flay, 2010). Conhecidos popularmente como lacraus, esses animais descendem do extinto grupo Gigantostráceos (Eurypterida), que ocupavam ambientes marinho por volta de 450 milhões de anos, durante o Período Siluriano (Brownell; Polis, 2001). O plano corporal dos escorpiões pouco difere morfológicamente dos seus antepassados do Período Siluriano, sendo considerados um dos grupos morfológicamente mais basais entre os aracnídeos (Shultz, 2007). Entretanto, tal característica demonstra o sucesso e potencial de adaptação desses animais a diferentes realidades ambientais (Shultz, 2007; Brazil; Porto, 2011).

Os escorpiões são predadores sedentários, de hábito noturno e solitário, e realizam a caça através do forrageio utilizando a estratégia denominada como senta-e-espera (McCormick; Polis 1990). Tal comportamento, consiste, basicamente, no escorpião permanecer imóvel em um abrigo à espera da aproximação da presa (Stockmann; Ythier 2010; Dehghani *et al.*, 2016). Se alimentam, geralmente, de outros artrópodes, como grilos, baratas e outros aracnídeos, incluindo escorpiões (Polis, 1990). Sendo assim, os escorpiões são predadores responsáveis pelo controle populacional de inúmeras outras espécies de artrópodes

(Polis 1990). Após a captura da presa, a mesma é subjugada com auxílios da quelas e pedipalpos, podendo ou não ocorrer a inoculação da peçonha (Mullen; Sissom, 2019). O uso da peçonha pode variar de acordo com a resistência oferecida ou pelo tamanho da presa (Mullen; Sissom, 2019). Além disso, a maioria das espécies só apresentam interações sociais durante os períodos reprodutivos, onde machos se tornam mais ativos e realizam o forrageio em busca de fêmeas através do rastreamento do feromônio através dos pentes (Lourenço, 2000; Taylor *et al.*, 2012; Mullen; Sissom, 2019).

Atualmente os escorpiões representam 1,5% dos aracnídeos, estimando-se um total de 2762 de espécies, 18 famílias e 213 gêneros (Rein, 2023, Prendini; Wheeler, 2005). Desse total, metade ocorre na Região Neotropical (Lourenço, 2002a). Os escorpiões são considerados um dos grupos mais bem sucedidos, pois possuem ampla distribuição geográfica, ocorrem em todos os continentes, com exceção apenas da Antártica, e em quase todos os biomas, com exceção da tundra, taiga, áreas boreais e com áreas de grandes altitudes (Polis, 1990; Sissom, 1990; Lourenço, 2002a). Apesar da sua ampla distribuição e de algumas espécies serem consideradas ecologicamente generalistas, muitas espécies possuem padrões ecológicos característicos, e exibem forte dependência em relação ao habitat e ao micro-habitat em que ocorrem (Lourenço; Eickstedt, 2009; Lira, 2018b; Mullen; Sissom, 2019). Fatores como a estação do ano, a presença ou ausência de predadores, o estágio de desenvolvimento, adulto ou juvenil, e sexo podem influenciar a dinâmica de distribuição desses animais relação ao micro-habitat em que ocorrem (Lira *et al.*, 2013; Lira *et al.*, 2018). Além disso, a colonização de diferentes micro-habitats pela mesma ou diferentes espécies evita a competição intra e interespecífica, diminuindo a disputa pela mesma presa e também o canibalismo entre os indivíduos (Lira *et al.*, 2013; Lira *et al.*, 2018). Sendo assim, de forma geral, os escorpiões são encontrados em locais onde a temperatura e umidade são amenas, e que ofereçam abrigo, como cascas de árvores, troncos caídos, entre folhagem, frestas de rochas, cavernas, e em buracos e tocas (Stockmann; Flay, 2010; Brazil; Porto, 2011; Mullen; Sissom, 2019).

Em regiões áridas e semiáridas, os escorpiões possuem uma alta densidade e riqueza de espécies (Polis, 1990; Jiménez-Jiménez, 2010). Além disso, representam um importante grupo de predadores, sendo um dos responsáveis pelo fluxo e dinâmica populacional de diversos grupos de artrópodes, desempenhando, assim o papel de agentes do controle populacional de diversas espécies (Polis, 2001; Brown, 2004; McCormick; Polis 1990). Estudos mostram que as assembleias de escorpiões são sensíveis a estrutura ambiental do habitat em que ocorrem (Foord *et al.*, 2015; Lira *et al.*, 2016). Portanto, devido às características ambientais de regiões

semiáridas, fatores como o tipo de solo, a topografia, hidrologia, disponibilidade de alimento, temperatura, complexidade do habitat e nível de precipitações, possuem forte influência na disposição desses aracnídeos nessas regiões (Polis, 1990; Dias *et al.*, 2006). Estudos prévios relatam, que escorpiões apresentam um maior número de espécies em ambientes mais complexos, que oferecem uma maior diversidade de micro-habitat, como por exemplo, em áreas arbustivas, e um número baixo de espécies em ambientes simples, como em áreas arenosas (Druce *et al.*, 2007; Lira *et al.*, 2021).

Na Caatinga, o interesse para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à ecologia, história natural e comportamento desses aracnídeos vem crescendo ao longo dos anos (Sarmiento *et al.*, 2008; Lira *et al.*, 2018; 2021; Silva *et al.*, 2019). Atualmente, são registradas em torno de 28 espécies, oito gêneros e três famílias de escorpiões na região da Caatinga (Porto *et al.*, 2014). Desse valor, 25% são considerados endêmicos da região (Porto *et al.*, 2014). Além disso, as espécies da Caatinga, representam 21% das espécies registradas para todo o Brasil, representando 72,5% das espécies registradas para o Nordeste (Porto *et al.*, 2014). Portanto, podem ser encontrados na Caatinga os representantes dos seguintes gêneros, *Bothriurus* (Bothriuridae), *Ananteris*, *Isometrus*, *Physoctonus*, *Jaguajir*, *Ischnotelson*, *Tityus*, *Trogloorhopalurus* (Buthidae) e *Hadrurochactas* (Chactidae) (Porto *et al.*, 2014, Esposito *et al.*, 2017). Assim como em outras áreas semiáridas, a escorpiofauna da Caatinga se mostra altamente dependente das condições ambientais do local em que ocorre. Lira *et al.*, (2021), mostraram que em uma ecoregião de Caatinga, a abundância desses aracnídeos foi afetada pela característica, complexidade e heterogeneidade ambiental, possuindo um efeito positivo em áreas com maior presença de arbustos, sub-bosques e rochas. Além disso, diferentemente de em algumas regiões úmidas, onde durante o período de chuvas, os escorpiões podem se mostrar menos ativos, os escorpiões da Caatinga apresentam um aumento na sua atividade de forrageio (Dias *et al.*, 2006; Araujo *et al.*, 2010; Cala- Riquelme; Colombo, 2010; Lira *et al.*, 2013). Isso ocorre, pois dependendo do ambiente semiárido os animais podem sincronizar o período reprodutivo com o período inicial ou final das precipitações, quando há mais disponibilidade de recursos, há mais umidade e a temperatura é mais amena (Pinto-da-Rocha *et al.*, 2007).

Sendo assim, o crescente impacto antrópico presente em uma região extremamente complexa como a Caatinga, pode significar sérios danos ambientais (Leal *et al.*, 2005). Tendo em vista a grande dependência da qualidade ambiental para o bom desenvolvimento de um importante grupo de predadores como os escorpiões, é de suma importância entender os padrões comportamentais, a diversidade e riqueza desses animais, para assim garantir o

funcionamento da biodiversidade local, evitando surgimento de novas espécies pragas de uma região bastante ameaçada como a Caatinga.

OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

Investigar o efeito da criação de bodes em áreas naturais da Caatinga sobre a assembleia de escorpiões.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar o impacto da criação de bodes sobre a riqueza, abundância e composição de escorpiões na Caatinga;
2. Analisar o tamanho e peso corporal destes aracnídeos em áreas com e sem criação de bodes

HIPÓTESES

1. A criação de bodes em áreas naturais causa impactos negativos reduzindo a riqueza e abundância de escorpiões da Caatinga;
2. A composição da assembleia de escorpiões será afetada, com as espécies habitat-generalistas ocorrendo nas áreas onde a caprinocultura é aplicada;
3. A criação de bodes influenciará negativamente nos padrões corporais dos escorpiões.

OS RESULTADOS SERÃO APRESENTADOS E DISCUTIDOS NA FORMA DE
CAPÍTULO E SUBMETIDOS PARA PUBLICAÇÃO PARA REVISTA
CIENTÍFICA *Journal of Arid Environments*

Exotic goats negatively impact diversity and body traits of scorpion (Arachnida: Scorpiones) in seasonal dry tropical forest

Thayna R. Brito-Almeida¹; Stênio Í.A. Foerster²; José R. Lima³, Meykson A. Silva³, Geraldo J.B. Moura¹; André F.A. Lira⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil

²Department of Zoology, University of Tartu, Tartu, Estonia

³Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil

⁴Colección Nacional de Arácnidos, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

Abstract

Extensive grazing carried out freely by exotic goats represents an important source of anthropogenic degradation in seasonally dry tropical forests of Brazil. The presence of these herbivores may negatively impact the local fauna through the reduction of habitat complexity. In this study, we investigate the effect of goat farming in scorpion assemblage from Brazilian seasonally dry tropical forest. Scorpions were sampled in 36 areas (18 with goats and 18 without goats) distributed in three sites in the seasonally dry tropical forest of Brazil. At each location, we recorded a set of local variables such as litter depth, diameter at breast height of trees, vegetation density (trees and shrubs) and detritus (stones and fallen logs). In total, 396 scorpions were collected, distributed across six species and two families. Our results showed that scorpion diversity was negatively affected, with species richness and abundance reduced in areas influenced by goats. Furthermore, in these sites, the composition of the species was also affected, with habitat-generalist species favoring habitat-specialist species. Finally, sites with free pasture of goats presented scorpions with reduced body traits (body mass and size) than sites without goats. Furthermore, habitat degradation caused by free grazing of goats negatively affects the assemblage of scorpions in terms of their diversity and body traits the seasonally dry tropical forest of Brazil.

Keywords: Introduced herbivores, community ecology, semiarid, arachnids

Introduction

The breeding of exotic herbivores in pasture areas is one of the oldest and most developed human activities around the world (Nori, 2007). According to Steinfeld et al. (2006), land dedicated to raising these animals makes economic development viable for around 1.2 billion families. Furthermore, pastures represent more than 30% of global agricultural production (Motta-Delgado et al., 2019). In Brazil, the practice is considered one of the essential sources of subsistence for countless families, especially for socioeconomically vulnerable families that live mainly in rural regions of the country (Menezes et al., 2021). For example, goats are preferred by small-scale landless farmers because they require low initial investment and are able to digest low-quality food as dry matter (Nair et al., 2021). In this way, goats represent one of the herbivores with greater adaptability and resistance to environmental conditions in semiarid regions (Melo, 2018; Albuquerque and Melo, 2018). Furthermore, much of the development of goat livestock activity in Brazil occurs in the semi-arid region (Escareño et al., 2012). In this region, goat farming constitutes an important source of income and food for countless families (Melo, 2018; Albuquerque and Melo, 2018).

Despite its important socioeconomic role, goat farming is considered one of the main anthropogenic sources of degradation of native vegetation of the ecosystem (Melo, 2018; Menezes et al., 2021). Following the global breeding pattern, the majority of these animals are managed through domestic breeding, exploiting native resources through free pasture (Jamelli et al., 2021; Menezes et al., 2021). In this form of management, animals feed freely on native vegetation, without territorial delimitations (Melo, 2018; Jamelli et al., 2021). Therefore, goat grazing in native areas may cause short- and long-term changes in vegetation structure, altering the natural dynamics of plant species, compacting the soil through constant trampling (Mor-Mussery et al., 2021; Lins et al., 2022). Furthermore, accelerating degradation processes, slowing the regeneration process and removing the natural habitat of native species in the region (Menezes et al., 2021; Lins et al., 2022). Therefore, despite its social and economic importance, goat farming represents an environmental risk through constant vegetation exploitation.

The Brazilian semi-arid region exhibits the largest portion of seasonally dry tropical forest (SDTF) biome in South America (Moro et al., 2016). This region presents distinct ecological processes and accentuated environmental characteristics, such as low annual rainfall (≤ 800 mm) and strong seasonality that directly influence the entire landscape dynamics (Medeiros et al., 2022). However, due to the intensification of human activities carried out in

the region, most of the ecosystem has already been altered by chronic disturbances, due to the improper use and exploitation of its natural resources (Antongiovanni et al., 2020). According to these authors, the territory where SDTF occurs in Brazil is considered one of the country regions most vulnerable to environmental degradation.

Previous studies, carried out in Brazilian SDTF, showed that vegetation structure plays a key role in the maintenance of arthropod communities (e.g., Neves et al., 2014; Creão-Duarte et al., 2016). Arthropods are crucial elements of the ecosystem, due to providing important ecosystem services (Ebeling et al., 2018). Among the ecosystem services of the arthropod, predation has an important influence on the health of the ecosystem (Schwab et al., 2021; Zhang et al., 2021). In semi-arid ecosystems, scorpions stand out as arthropod predators for having high species richness and density (Polis, 1990). These animals possess specific environmental requirements (Lira et al., 2018) making them particularly vulnerable to changes in their habitat. For example, in the Brazilian SDTF, areas with higher vegetation complexity harbor a greater number of species of these arachnids than areas with low complexity (Foerster et al., 2020; Lira et al., 2021a). According to these authors, the reduction in vegetation complexity caused by human actions favors generalist species to the detriment of habitat-specialist species. Furthermore, habitat change negatively influences the body traits of scorpions, where in degraded areas they present smaller individuals when compared to individuals from preserved areas (Lira et al., 2020). Therefore, in this study, we evaluated the impacts of free-range goat farming on scorpion assemblages from Brazilian SDTF. Specifically, we analyzed the effects of goat farming on scorpion diversity (species richness, abundance, and composition) and body traits (body size and mass). Testing the following hypotheses: i) areas with the presence of goats will present a reduction in the richness and abundance of scorpions, ii) the presence of goats will favor the presence of generalist species to the detriment of habitat-specialist species, and iii) scorpions for the areas with goat-free pasture, they will present reduced body traits (size and mass).

Materials and methods

Sampling procedures

Fieldwork was conducted in the three sites from the Brazilian SDTF (Fig. 1) between May and August 2022. Annual rainfall at the sampling sites ranges from 400 to 652 mm, and the temperature ranges from 21.5 to 24.8 °C (Climate Data, 2024). The studied areas were

classified as hypertrophic Caatinga characterized by the shrubby-arboreal vegetation. Each site was sampled during the rainy season (rainfall ranges from 43 to 48 mm) due to the increased foraging activity of scorpions (Lira et al., 2018).

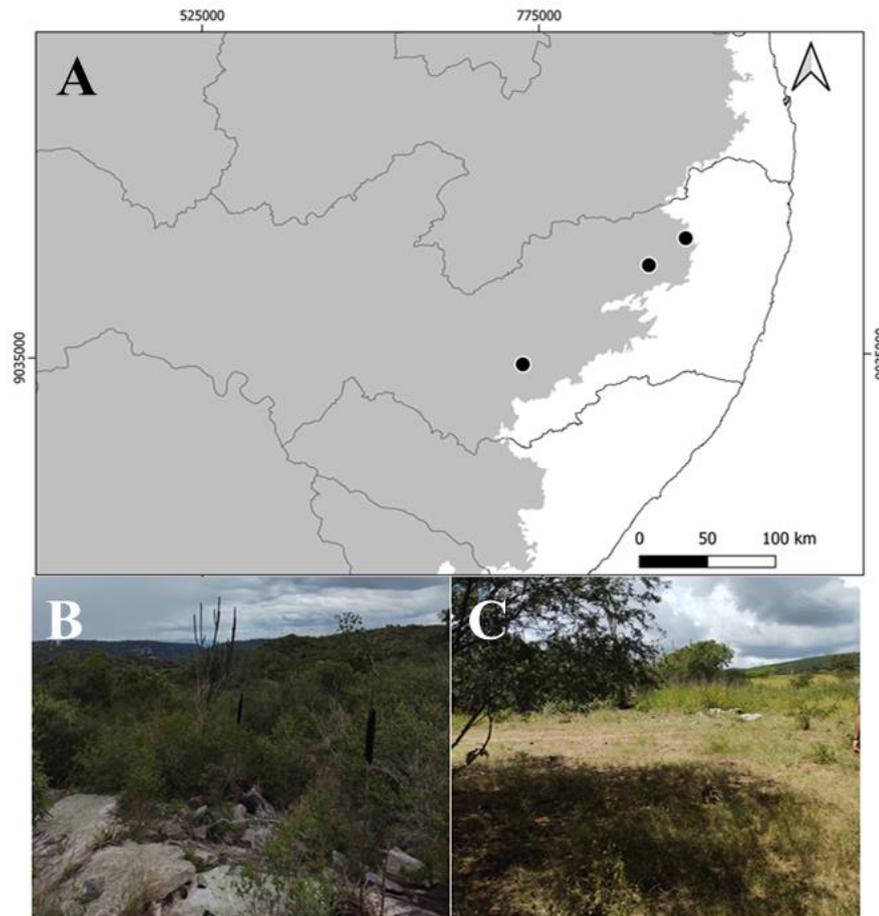


Figure 1. Study area in Pernambuco state. A) Location of the three sampling sites in the Brazilian semiarid region. Caatinga vegetation B) without goat presence and C) with goat.

In each sampling site, 12 areas of native vegetation were selected a distance from each other of at least 500 m, six of which were used for goat-free grazing and six without the presence of these animals. In each area (with and without goats), four transects (30 m long) were established as sampling units. Transects were 20 m apart from each other. Scorpions located up to five m away from both sides of each transect were collected, resulting in 14,400 m² of sampled area per site. The sampling was carried out at night, between 19:00-21:00 h, and scorpions were captured with the aid of tweezers. Each transect was conducted during 1 hour by a pair of collectors equipped with ultraviolet flashlights. All scorpions recorded in the transects were collected, individually labeled, and stored in 70% ethanol. Specimens were identified according to Lourenço (2002) and Esposito et al. (2017). For each adult individual, the following parameters were measured as body traits: fresh body mass obtained using a

precision digital scale (0.001 g), the length of prosoma, metasoma V segment, movable finger, and width and height of the pedipalp chelae through a digital caliper (0.01 mm). The voucher specimens were deposited in the Arachnological Collection of the Universidade Federal de Pernambuco, Brazil.

Environmental characterization

We adapted the procedures used by Lira et al. (2021a) to characterize the Caatinga areas; therefore, four local variables were measured inside each transect area. (i) Vegetation: all live vegetation greater than 1.5 m (trees) and 1 m (shrub) above ground that touched the transect tape was recorded; (ii) diameter at breast height (DBH): for each tree (with more than 1.5 m above ground) counted, the DBH was measured with a tape; (iii) detritus: all stones with a diameter greater than 5 cm and all logs with a length greater than 10 cm were counted; (iv) depth of the leaf litter: the corners of four quadrats (25 × 25 cm) were measured.

Data analyses

Initially to visualize the environmental structure of areas with and without goats, a principal component analysis (PCA) was carried out. The effects of local variables on the species richness and abundance of scorpions in areas with and without goat farming were analyzed using generalized linear models (GLM) applying Poisson (species richness) and negative binomial (abundance) distributions. The variable 'goat' was added as a predictor variable and before analysis; the other local variables were log-transformed. The models were reduced based on the Akaike information criterion (AIC), where the predictor variables excluded from models with lower AIC were considered no significant. The normality of residuals was visually assessed using Q-Q plots, and the presence of outliers was tested using Cook's distance. GLMs were performed in the R software using the MASS package (R Development Core Team, 2023).

The variation in species composition between areas with and without goat farming was analyzed using the percentage dissimilarity index (Legendre and De Cáceres, 2013) using a multivariate analysis of permutational variance (PERMANOVA) through 1,000 permutations (McArdle and Anderson, 2001). Then the effect of local variables on species composition for each area (with and without goats) was carried out using a distance-based redundancy analysis (dbRDA) (McArdle and Anderson, 2001). The significance of the relationships was analyzed

using 1,000 permutations. These analyzes were performed in R software using the vegan package (Oksanen et al., 2019).

Finally, the effect of environmental variables and goat farming on scorpion body traits was analyzed using linear models (LM). A priori, body traits metrics were log-transformed and then summarized on a single axis of a principal component analysis (PCA). Through this approach, we assume that axis 1 of the PCA captures the overall size of specimens (Foerster et al. 2024). These analyzes were performed using R software (R Development Core Team, 2023).

Results

The first two axes of the PCA retained 37% of the variation, showing that the structure of the environment is different between areas with and without goats (Fig. 2). Areas with goats showed lower values of local variables compared to areas without goats (Table 1). In total, 396 scorpions were collected, distributed among six species of Buthidae and two species of Bothriuridae (Table 2). *Jaguajir rochae* (Borelli, 1910) (n = 140 individuals), *Bothriurus rochai* Mello-Leitão, 1932 (n = 95), *Tityus pusillus* Pocock, 1983 (n = 65) and *Ananteris mauryi* Lourenço, 1982 (n = 57) represented 89% of the total sampled. The other species, *Ananteris* sp. (n = 19), *B. asper* Pocock, 1893 (n = 9), *Physoctonus debilis* (C. L. Koch, 1840) (n = 7) and *T. stigmurus* (Thorell, 1876) (n = 4) corresponded to 11% of the sampling.

Local variables	Vegetation area	
	Goat absence	Goat presence
Leaf litter depth (cm)	0.34±0.77	0
DBH (cm)	7.09±11.02	3.19±9.01
Vegetation (n)	24.58±16.93	5.51±13.23
Detritus (n)	25.52±35.20	14.16±22.40

*DBH = Diameter at breast height

Table 1. Environmental structure in Brazilian seasonal dry tropical forest areas with the presence and absence of goats.

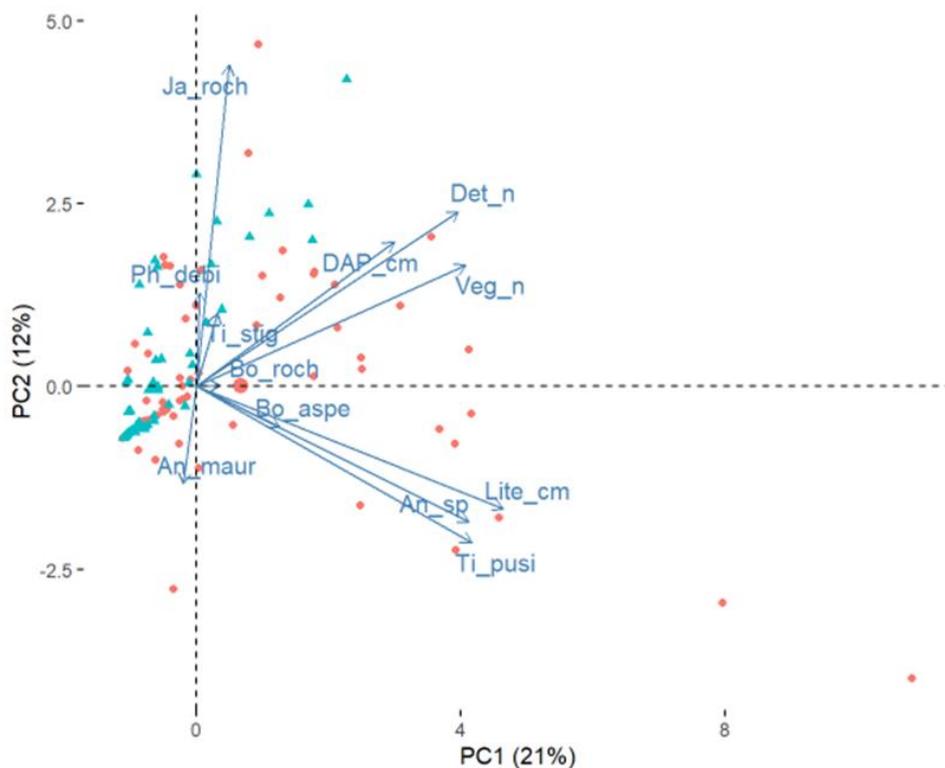


Figure 2. Variation in the structure of the environment and composition of scorpion species according to goat farming in the Brazilian seasonal dry tropical forest.

The number of species ranged from 3-7 in scorpion assemblages in areas without goats and from 0-4 species in areas with goats. The species richness of these arachnids was sensitive to variation in the structure of the environment. In the reduced model, the local variables DBH and detritus were retained. These variables positively affected the richness of scorpion species (DBH: Estimate = 0.1927, $p = 0.0066$; detritus: Estimate = 0.2668, $p = 0.0002$). In terms of abundance, the variation was 63-126 and 0-100 individuals for areas without and with goats, respectively. The abundance of scorpions was also sensitive to variations in the structure of the environment. In the reduced model, the local variables leaf litter depth, vegetation, and detritus were retained. However, only the detritus was significantly and positively affected the abundance of scorpions (Estimate = 0.3519, $p = 0.0005$).

Scorpion species	Pasture	
	Goat absence	Goat presence
Buthidae		
<i>Ananteris</i> sp.	19	0
<i>Ananteris mauryi</i> Lourenço, 1982	57	0
<i>Jaguajir rochae</i> (Borelli, 1910)	73	67
<i>Physoctonus debilis</i> (C.L. Koch, 1840)	1	6
<i>Tityus pusillus</i> Pocock, 1893	65	0
<i>Tityus stigmurus</i> (Thorell, 1876)	3	1
Bothriuridae		
<i>Bothriurus asper</i> Pocock, 1893	8	1
<i>Bothriurus rochai</i> Mello- Leitão, 1932	29	66

Table 2. Diversity of scorpions in Brazilian seasonal dry tropical forest areas with the presence and absence of goats.

The composition of scorpions differed between areas with the presence and absence of goats (PERMANOVA: $F_{1,74} = 2.0824$, $p = 0.0179$). *Tityus pusillus* and *Ananteris* spp. were absent in areas with goat presence (Table 2). Furthermore, the structure of the habitat influenced the composition of scorpions in areas with and without goats differently. In areas with the presence of goats, the variation in composition was explained by detritus ($F = 2.7321$, $p = 0.0059$, $R^2 = 0.0743$) while in the absence of goats, the variation in the composition of scorpion species was explained by the depth of the leaf litter ($F = 4.1631$, $p = 0.0009$, $R^2 = 0.1011$).

Due to the number of individuals collected in areas with and without goats, body traits analyze were carried out for the species *J. rochae* and *B. rochai*. The axis 1 of the PCA captured 52.3% and 48.6% of the size variation in the body traits of *J. rochae* and *B. rochai*, respectively. For both species, body traits were negatively positioned with PC1 (Table 3) and

responsive to local variables (*J. rochae*: $F_{1,90} = 7.5140$, $p = 0.0073$; *B. rochai*: $F_{3,52} = 4.9710$, $p = 0.0041$). Detritus was negatively related to PC1 for *J. rochae* (Estimate = -0.4526, $p = 0.0074$), indicating that areas with a greater amount of detritus support larger individuals. For *B. rochai*, negative relationships were found between PC1 and DBH (Estimate = -0.4844, $p = 0.0182$) and the presence of goats (Estimate = -1.5558, $p = 0.0174$) and a positive relationship with the amount of detritus (Estimate = 0.4534, $p = 0.0281$).

Body traits	<i>Jaguajir rochae</i>		<i>Bothriurus rochai</i>	
	PC1	PC2	PC1	PC2
Fresh mass	-	-	-	0.004
	0.401	0.274	0.398	
Prosoma length	-	-	-	-
	0.378	0.417	0.085	0.901
Metasoma V segment length	-	-	-	0.379
	0.468	0.023	0.337	
Pedipalp chela length	-	-	-	-
	0.169	0.403	0.393	0.097
Pedipalp chela height	-	0.524	-	-
	0.414		0.460	0.151
Pedipalp chela width	-	0.495	-	0.113
	0.425		0.407	
Movable finger length	-	-	-	0.017
	0.312	0.261	0.435	

Table 3. Principal components analysis (PCA) of body traits of the scorpion species *Jaguajir rochae* (Borelli, 1910) and *Bothriurus rochai* Mello-Leitão, 1932.

Discussion

In the present work, we evaluated the effect of the presence of goats grazing freely in areas of native vegetation on the scorpion assemblage of Brazilian SDTF. Our results show differences in the structure of the environment (37% variation) between areas with and without goat occurrence. Environments without the presence of goats have a higher number of detritus (rocks and fallen logs) and vegetation. Trampling by exotic herbivores in dry regions causes surface breaking and shaking (Warren et al., 1986). According to these authors, trampling

causes soil debris to break down, mainly rocks and boulders, resulting in an increase in surface irregularity and making it difficult for water to infiltrate the soil. Furthermore, goat trampling may negatively affect plant establishment (Kidron, 2016). In the Brazilian SDTF, goats represent a generalist consumer of native vegetation, being responsible for the removal of numerous plant species (Pfister et al., 1988; Menezes et al., 2021). Given their high voracity, goats are capable of significantly reducing herb biomass and seedlings survival in regions of the Brazilian semi-arid region (Menezes et al., 2021; Lins et al. 2022). Therefore, the presence of grazing goats in the Brazilian SDTF areas is capable of modifying the structure of the vegetation, reducing the complexity of the environment.

Our results indicated that the environmental changes caused by the free grazing of goats influenced the species richness and abundance of scorpions. According to Foerster et al. (2020), increases in environmental heterogeneity increase the abundance and richness of scorpion species supported by the site. The density of detritus (stones and fallen logs) was positively related to the species richness and the abundance of scorpions. Considering that the Brazilian SDTF is an open forest formation with arboreal-shrubby vegetation, the detritus may act in two ways to maintain the scorpion assemblage. (i) provide food resources for animals, as in dry forests there is a positive relationship between environmental complexity and the number of invertebrates (Neves et al., 2014; Sousa-Souto et al., 2014; Leal et al., 2016). Previous studies reported the use of 12 groups of invertebrates as prey by Brazilian SDTF scorpions, including other scorpions and small vertebrates (Dionisio-da-Silva et al., *in press*); (ii) may prevent encounters between individuals and thus reduce intraguild predation and cannibalism. Habitat structure plays an important role in antagonistic relationships between predators (e.g., Bellone et al., 2017; Moreira et al., 2022). In an experimental laboratory study, it was shown that antagonistic intra- and interspecific interactions of scorpions were reduced with increasing arena complexity (Moreira et al., 2022). Therefore, free grazing by goats in areas of native vegetation is capable of indirectly influencing the diversity of the scorpion assemblage in the Brazilian SDTF.

In addition to the reduction in species richness and abundance, areas impacted by the presence of goats presented a composition of scorpion species different from those areas without goats. For example, habitat-specialist species such as *T. pusillus* and *Ananteris* spp. (Lira et al., 2018) were found only in goat-free areas with availability of leaf litter. These animals have a small body size and, like other arthropods, are easily susceptible to desiccation (Lira et al., 2021b; Nervo et al., 2021). For these scorpions, leaf litter, by maintaining humidity, plays a crucial role in their survival, especially in a region with high temperature and

evapotranspiration such as the Brazilian SDTF (Janzen and Schoener, 1968; Barrientos, 2012; Bujan et al., 2016). For goat-based areas, our results showed that the amount of detritus influenced the composition of species. In open forest areas, the amount of detritus may represent the availability of shelter. Scorpions have a size-structured assemblage with larger individuals acting as predators of smaller ones (Moreira et al., 2022). Therefore, the presence of larger amounts of detritus in a given location may favor the permanence of small species such as *B. asper*. On the contrary, the scorpions *J. rochae* and *B. rochai* were the most abundant species in the samples, occurring in areas with and without goats. These two species correspond to medium-large animals capable of colonizing a large part of the available microhabitats (Lira et al., 2018, 2021b) and are therefore capable of occurring even in degraded areas (Foerster et al., 2020).

Despite the occurrence of *J. rochae* and *B. rochai* in areas with goat farming, body traits showed a species-specific response to the presence of herbivores. Our results showed a variation of 52.3% and 48.6% in the body traits of *J. rochae* and *B. rochai*, respectively. Individuals of *J. rochae* demonstrated a decrease in their body traits related to the reduction in detritus. Habitat modification negatively affects the distribution of potential prey, thus predatory arthropods end up being directly harmed by the decrease in resource supply (Chen and Wise, 1999). Arthropods exposed to food shortages during the beginning of their development may show body reduction as adults (Filgueiras et al., 2015). Similar results were described for spiders and scorpions exposed to an environment with low prey availability, showing a decrease in their body size (Lichtenstein et al., 2016; Lira et al., 2020). According to Kotiaho et al. (1999) individuals that have a decrease in body traits have a short life cycle, either because they have low resources to escape predators or difficulty in capturing food. Therefore, the environmental changes caused by the free grazing of goats in areas of native vegetation may negatively impact the population of *J. rochae*.

For *B. rochai* populations, individuals with higher body traits were found in sites with trees with higher DBH values and areas with goat occurrence. On the other hand, lower values of body traits were related to an increase in the amount of detritus. According to Lira et al. (2021a) individuals of *B. rochai* dig their burrows close to vegetation in protected locations, which may avoid encounters with potential predators. Therefore, trees with higher DBH may favor the presence of larger individuals of *B. rochai* in the Brazilian SDTF areas. In addition, the rate of predation suffered by this species may be behind the relationship between the presence of goats and the amount of detritus with body traits. Polis et al. (1981) suggested that for arid regions, the main predators of scorpions are other larger scorpions. In the Brazilian

SDTF region, individuals of *B. rochai* are frequently preyed upon by individuals of *J. rochae* (Lira, person. obs.). Therefore, considering that areas with few detritus and the presence of goats negatively impact the *J. rochae* population, these impacts may be beneficial for *B. rochai* by decreasing the efficiency of an intraguild predator, thus allowing greater values of body traits.

Conclusions

In summary, our results showed that areas of native vegetation where goat-free grazing occurs have less local complexity than those areas without goats. This change in local complexity negatively influences the scorpion assemblage, resulting in a decrease in species richness and abundance. The results also showed a replacement of habitat-specialist species by habitat-generalist species. Finally, in addition to diversity, the body traits of scorpions were also influenced by the free-grazing activity of goats; however, we found a species-specific response. Considering that goat farming constitutes an important source of income for many families in semi-arid regions, we advocate that a new management method be implemented in order to mitigate the negative effects of goat farming on native fauna.

Acknowledgments

We thank to Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) to a masteral scholarship to TRBA. We also thank to Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) postdoctoral fellowship from the Universidad Nacional Autónoma de México to AFAL and the Estonian Research Council (PRG741) for providing financial support for this study to SÍAF.

References

- Albuquerque, U.P., Melo, F.P.L., 2018. Socioecologia da Caatinga. *Cienc. Cult.* 70, 40–44.
- Antongiovanni, M., Venticinque, E.M., Matsumoto, M., Fonseca, C.R., 2020. Chronic anthropogenic disturbance on Caatinga dry forest fragments. *J. Appl. Ecol.* 57, 2064–2074.
- Barrientos, Z., 2012. Dynamics of leaf litter humidity, depth and quantity: two restoration strategies failed to mimic ground microhabitat conditions of a low montane and premontane forest in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 60, 1041–1053.
- Bellone, D., Klapwijk, M.J., Björkman, C., 2017. Habitat heterogeneity affects predation of European pine sawfly cocoons. *Ecol. Evol.* 7, 11011–11020.
- Bujan, J., Yanoviak, S.P., Kaspari, M., 2016. Desiccation resistance in tropical insects: causes

and mechanisms underlying variability in a Panama ant community. *Ecol. Evol.* 6, 6282–6291.

Chen, B., Wise, D.H., 1999. Bottom-up limitation of predaceous arthropods in a detritus-based terrestrial food web. *Ecology* 80, 761–772.

Climate-Data, 2024. Climate-Data.org. Online at <https://pt.climatedata.org/america-do-sul/brasil/pernambuco>

Creão-Duarte, A.J., Hernández, M.I.M., Rothéa, R.R.A.D., Santos, W.E., 2016. Temporal variation of Membracidae (Hemiptera: Auchenorrhyncha) composition in areas of Caatinga with different vegetation structures. *Sociobiology* 63, 826–830.

Dionisio-da-Silva, W., Foerster, S.Í.A., Gallão, J.E., Lira, A.F.A., in press. What is for dinner? Prey consumption by Neotropical scorpions across contrasting environments. *J. Arachnol.*

Ebeling, A., Hines, J., Hertzog, L.R., Lange, M., Meyer, S.T., Simons, N.K., Weisser, W.W., 2018. Plant diversity effects on arthropods and arthropod-dependent ecosystem functions in a biodiversity experiment. *Basic Appl. Ecol.* 26, 50–63.

Escareño, L., Salinas-Gonzalez, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., Meza-Herrera, C., 2012. Dairy goat production systems: Status quo, perspectives and challenges. *Trop. Anim. Health Prod.* 45, 17–34.

Esposito, L.A., Yamaguti, H.Y., Souza, C.A., Pinto-da-rocha, R., Prendini, L., 2017. Systematic revision of the Neotropical club-tailed scorpions, *Physoctonus*, *Rhopalurus*, and *Troglorhopalurus*, revalidation of *Heteroctenus*, and descriptions of two new genera and three new species (Buthidae: Rhopalurusinae). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 415, 1-136.

Filgueiras, B.K.C., Tabarelli, M., Leal, I.R., Vaz-De-Mello, F.Z., Iannuzzi, L., 2015. Dung beetle persistence in human-modified landscapes: Combining indicator species with anthropogenic land use and fragmentation-related effects. *Ecol. Indic.* 55, 65–73.

Foerster, S.Í.A., Javois, J., Holm, S., Tammaru, T., 2024. Predicting insect body masses based on linear measurements: a phylogenetic case study on geometrid moths. *Biol. J. Linn. Soc.* 141, 71-86.

Foerster, S.Í.A., Lira, A.F.A., Almeida, C.G., 2020. Vegetation structure as the main source of variability in scorpion assemblages at small spatial scales and further considerations for the conservation of Caatinga landscapes. *Neotrop. Biol. Conserv.* 15, 533–550.

Jamelli, D., Bernard, E., Melo, F.P.L., 2021. Habitat use and feeding behavior of domestic free-ranging goats in a seasonal tropical dry forest. *J. Arid Environ.* 190, 104532.

Janzen, D. H., Schoener, T.W., 1968. Differences in insect abundance and diversity between wetter and drier sites during a tropical dry season. *Ecology*, 49, 96-110.

Kidron, G.J., 2016. Goat trampling affects plant establishment, runoff and sediment yields over crusted dunes. *Hydrol. Process.* 30, 2237–2246.

Kotiaho, J.S., Alatalo, R. V., Mappes, J., Parri, S., 1999. Honesty of agonistic signalling and effects of size and motivation asymmetry in contests. *Acta Ethol.* 2, 13–21.

Leal, C.R.O., Oliveira Silva, J., Sousa-Souto, L., Neves, F.S., 2016. Vegetation structure determines insect herbivore diversity in seasonally dry tropical forests. *J. Insect Conserv.* 20, 979–988.

Legendre, P., De Cáceres, M., 2013. Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. *Ecol. Lett.* 16, 951-963.

Lichtenstein, J.L.L., DiRienzo, N., Knutson, K., Kuo, C., Zhao, K.C., Brittingham, H.A., Geary, S.E., Ministerio, S., Rice, H.K., David, Z., Scharf, I., Pruitt, J.N., 2016. Prolonged food restriction decreases body condition and reduces repeatability in personality traits in web-building spiders. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 70, 1793–1803.

Lins, L., Santos, D., Lira, R., Oliveira, F.M.P., Wirth, R., Menezes, T., Tabarelli, M., Leal, I.R., 2022. Exotic goats do not affect the seed bank but reduce seedling survival in a human-modified landscape of Caatinga dry forest. *For. Ecol. Manage.* 522, 120491.

Lira, A.F.A., Araujo, J.C., Rego, F.N.A.A., Foerster, S.I.A., Albuquerque, C.M.R., 2021a. Habitat heterogeneity shapes and shifts scorpion assemblages in a Brazilian seasonal dry

- tropical forest. *J. Arid Environ.* 186, 104413.
- Lira, A.F.A., DeSouza, A.M., Albuquerque, C.M.R., 2018. Environmental variation and seasonal changes as determinants of the spatial distribution of scorpions (Arachnida: Scorpiones) in Neotropical forests. *Can. J. Zool.* 96, 963–972.
- Lira, A.F.A., Foerster, S.I.A., Albuquerque, C.M.R., Moura, G.J.B., 2021b. Contrasting patterns at interspecific and intraspecific levels in scorpion body size across a climatic gradient from rainforest to dryland vegetation. *Zoology* 146, 125908
- Lira, A.F.A., Rego, F.N.A.A., Salomão, R.P., Albuquerque, C.M.R., 2020. Effects of habitat quality on body size of the litter dwelling scorpion *Tityus pusillus* in fragmented rainforest of Brazil. *J. Arachnol.* 48, 295-299.
- Lourenço, W. R., 2002. *Scorpions of Brazil*. Editions de l'If, Paris, 308 pp.
- McArdle, B.H., Anderson, M.J., 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology*, 82, 290-297.
- Medeiros, R., Andrade, J., Ramos, D., Moura, M., Pérez-Marin, A.M., Dos Santos, C.A.C., Silva, B.B., Cunha, J., 2022. Remote sensing phenology of the Brazilian Caatinga and its environmental drivers. *Remote Sens.* 14, 2637
- Melo, F.P.L., 2018. The socio-ecology of the Caatinga: Understanding how natural resource use shapes an ecosystem, in: Silva, J.M.C., Barbosa, L.C.F., Leal, I.R., Tabarelli, M. (Eds.), *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*, Springer. Cham, pp. 369–382.
- Menezes, T., Carmo, R., Wirth, R., Leal, I.R., Tabarelli, M., Laurênio, A., Melo, F.P.L., 2021. Introduced goats reduce diversity and biomass of herbs in Caatinga dry forest. *L. Degrad. Dev.* 32, 79–90.
- Moreira, M.O.M., Araújo, V.L.N., Foerster, S.Í.A., Moura, G.J.B., Lira, A.F.A., 2022. Relationship between body size and habitat heterogeneity on cannibalism and intraguild predation in scorpions. *Biologia.* 77, 2867–2873.
- Mor-Mussery, A., Abu-Glaion, H., Shuker, S., Zaady, E., 2021. The influence of trampling by small ruminants on soil fertility in semi-arid rangelands. *Arid L. Res. Manag.* 35, 189–197.
- Moro, M.F., Lughadha, E.N., Araújo, F.S., Martins, F.R., 2016. A phytogeographical metaanalysis of the semiarid Caatinga domain in Brazil. *Bot. Rev.* 82, 91–148.
- Motta-Delgado, P.A., Martínez, H.E.O., Rojas-Vargas, E.P., 2019. Indicators associated to pastures sustainability: A review. *Cienc. Tecnol. Agropecu.* 20, 409–430.
- Nair, M.R.R., Sejian, V., Silpa, M.V., Fonsêca, V.F.C., Costa, C.C.M., Devaraj, C., Krishnan, G., Bagath, M., Nameer, P.O., Bhatta, R., 2021. Goat as the ideal climate-resilient animal model in tropical environment: revisiting advantages over other livestock species. *Int. J. Biometeorol.* 65, 2229–2240.
- Nervo, B., Roggero, A., Chamberlain, D., Rolando, A., Palestrini, C., 2021. Dung beetle resistance to desiccation varies within and among populations. *Physiol. Entomol.* 46, 230–243.
- Neves, F.S., Silva, J.O., Espírito-Santo, M.M., Fernandes, G.W., 2014. Insect herbivores and leaf damage along successional and vertical gradients in a tropical dry forest. *Biotropica* 46, 14–24.
- Nori, M., 2007. *Mobile livelihoods, patchy resources & shifting rights: Approaching pastoral territories*. Rome: International Land Coalition.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P.R., 2019. *vegan: community ecology package*. R package version 2.5-5. <https://github.com/vegandevs/vegan>
- Pfister, J.A., Malechek, J.C., Balph, D.F., 1988. Foraging behaviour of goats and sheep in the Caatinga of Brazil. *J. Appl. Ecol.* 25, 379-388.
- Polis, G.A., 1990. *The Biology of Scorpions*. Stanford, Stanford University Press.
- Polis, G.A., Sissom, W.D., McCormick, S.J., 1981. Predators of scorpions: field data and a review. *J. Arid Environ.* 4, 309–326.

R Core Team. 2023. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.

Schwab, D., Wurz, A., Grass, I., Rakotomalala, A.A.N.A., Osen, K., Soazafy, M.R., Martin, D.A., Tschardt, T., 2021. Decreasing predation rates and shifting predator compositions along a land-use gradient in Madagascar's vanilla landscapes. *J. Appl. Ecol.* 58, 360–371.

Sousa-Souto, L., Santos, E.D.S., Figueiredo, P.M.F.G., Santos, A.J., Neves, F.S., 2014. Is there a bottom-up cascade on the assemblages of trees, arboreal insects and spiders in a semiarid Caatinga? *Arthropod. Plant. Interact.* 8, 581–591.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Haas, C.R.M., 2006. Livestock's long shadow. Environmental issues and options. LEAD-FAO, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 390pp.

Warren, S.D., Nevill, M.B., Blackburn, W.H., Garza, N.E., 1986. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50, 1336–1341.

Zhang, N.X., Stephan, J.G., Björkman, C., Puentes, A., 2021. Global change calls for novel plant protection: reviewing the potential of omnivorous plant-inhabiting arthropods as predators and plant defence inducers. *Curr. Opin. Insect Sci.* 47, 103–110.

Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino de; MELO, Felipe PL. Socioecologia da Caatinga. *Ciência e Cultura*, v. 70, n. 4, p. 40-44, 2018.

ADLER, P.; RAFF, D.; LAUENROTH, W. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia*, v. 128, p. 465-479, 2001.

ALBERT, James S.; REIS, Roberto (Ed.). Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes. Univ of California Press, 2011.

ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino et al. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *The Scientific World Journal*, v. 2012, 2012.

ALMEIDA, A. L. S.; ALBUQUERQUE, U. P.; CASTRO, C. C. Reproductive biology of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), an endemic fructiferous species of the caatinga (dry forest), under different management conditions in northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 75, n. 4, p. 330-337, 2011.

ALMEIDA, Cecília de Fátima CBR et al. Medicinal plants popularly used in the Xingó region—a semi-arid location in Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2006.

ALMEIDA, Walkiria R. et al. The alien flora of Brazilian Caatinga: deliberate introductions expand the contingent of potential invaders. *Biological Invasions*, v. 17, p. 51-56, 2015.

ALVES, Rômulo RN et al. Hunting strategies used in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, v. 5, p. 1-16, 2009.

ALVES, Jose Jakson Amancio. Geoeecologia da caatinga no semi-árido do Nordeste brasileiro.

CLIMEP: Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, v.2, n.1, p. 58-71, 2007.

ALVES, Jose Jakson Amancio; DE ARAÚJO, Maria Aparecida; DO NASCIMENTO, Sebastiana Santos.

Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.

ARAÚJO, C. S. et al. Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in northeastern Brazil. *Zoologia*, v. 27, n. 3, p. 372–376, 2010.

ARAÚJO FILHO, JA de; CRISPIM, Sandra Mara Araújo. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos

em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil. In: Conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de

Bovinos de Corte. Concórdia, SC: Universidade do Contestado, 2002. p. 1-7.

ARAÚJO, Helder Farias Pereira; SILVA, José Maria Cardoso da. The avifauna of the Caatinga: biogeography,

ecology, and conservation. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*, p. 181-210,

2017.
 ATHIAS, Renato; MACHADO, Marina. A saúde indígena no processo de implantação dos Distritos Sanitários: temas críticos e propostas para um diálogo interdisciplinar. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 17, n. 2, p. 425-431, 2001.

ANTONGIOVANNI, Marina et al. Chronic anthropogenic disturbance on Caatinga dry forest fragments. *Journal of Applied Ecology*, v. 57, n. 10, p. 2064-2074, 2020.

BARBOZA, Raynner Rilke D. et al. The role of game mammals as bushmeat in the Caatinga, northeast Brazil. *Ecology and Society*, v. 21, n. 2, 2016.

BARBOZA, Raynner RD; DE MS SOUTO, Wedson; DA S MOURÃO, José. The use of zootherapeutics in folk veterinary medicine in the district of Cubati, Paraíba State, Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 3, p. 1-14, 2007.

BEROIS, Nibia et al. Life cycle, reproduction and development in annual fishes. In: *Annual fishes: life history strategy, diversity and evolution*. Taylor and Francis Group: CRC Press, 2016. p. 33-45.

BARRETO, R. C. et al. Plantas ornamentais, produtoras de fibra e com sementes ornamentais. *Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial*. Recife: Associação Plantas do Nordeste, p. 227-266, 2005.

BELLINI, Bruno Cavalcante. Fauna de Collembola (Arthropoda) em áreas úmidas do semiárido. *Artrópodes do Semiárido*. Biodiversidade e Conservação (F. Bravo & A. Calor, eds.). Printmídia, Feira de Santana, p. 57-68, 2014.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Pobreza rural e desenvolvimento do semiárido nordestino: resistência, reprodução e transformação. *A nova cara da pobreza rural: desenvolvimento e a questão regional*. Brasília: IICA, p. 217-305, 2013.

BRAGAGNOLO, Chiara et al. Cultural services in the Caatinga. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*, p. 335-355, 2017.

BRESCOVIT, Antonio Domingos; OLIVEIRA, Ubirajara de; SANTOS, Adalberto José dos. Spiders (Araneae, Arachnida) from São Paulo State, Brazil: diversity, sampling efforts, and state-of-art. *Biota Neotropica*, v. 11, p. 717-747, 2011.

BROWN, Christopher A. Life histories of four species of scorpion in three families (Buthidae, Diplocentridae, Vaejovidae) from Arizona and New Mexico. *The Journal of Arachnology*, v. 32, n. 2, p. 193-207, 2004.

BROWNELL P.; POLIS F. *Scorpion biology and research*. New York: Oxford University Press, 2001. 431 p. R.; & FLAY, N. *Scorpions of the World*. NAP. 2010 (No. C/595.46 S8).

BRESCOVIT, Antonio Domingos; RUIZ, G. Two new species of Antillorena Jocqué, 1991 from northeastern Brazil (Araneae, Zodariidae). *Zootaxa*, v. 2973, n. 1, p. 57–65-57–65, 2011.

CARVALHO, L. S., et al. Aranhas da Caatinga. *Artrópodes do semiárido: biodiversidade e conservação*, 1ed. Feira de Santana: Printmídia, p. 15-32, 2014.

CALA-RIQUELME, F.; COLOMBO, M. Ecology of the scorpion, *Microtityus jaumei* in Sierra de Canasta,

Cuba. *Journal of Insect Science*, v. 11, n. 86, p. 1–10, 2011.

CARMIGNOTTO, Ana Paula; VIVO, M. de; LANGGUTH, Alfredo. Mammals of the Cerrado and Caatinga: distribution patterns of the tropical open biomes of Central South America. *Bones, clones and biomes. The history and geography of recent Neotropical mammals* (BD Patterson and LP Costa, eds.). University of Chicago Press, Chicago, Illinois, p. 307-350, 2012.

CARVALHO, J., & BRAVO, F. Odonata do semiárido. *ARTRÓPODES DO SEMIÁRIDO*, 83. da Cruz Menezes, E., & Bravo, F. Mantodea (Insecta) do Semiárido. *ARTRÓPODES DO SEMIÁRIDO*, 111. COIMBRA FILHO, Ademar Faria. Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil. FBCN, 1996. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html> ibge 2004 visitado 02 de Maio de 2022.

COLE, Monica M. et al. *The savannas, biogeography and geobotany*. Academic Press, 1986.

COSTA, Silvia Yasmin Lustosa et al. Composition of the ichthyofauna in Brazilian semiarid reservoirs. *Biota Neotropica*, v. 17, 2017.

CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. Scorpions in mythology, folklore, and history. In: POLIS, G. A. (Ed.), *The biology of scorpions*. Stanford, CA: Stanford University Press, p. 462-485, 1990.

CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. Scorpions and spiders in mythology and folklore. *Scorpions*, v. 2001, p. 391-402, 2001.

CARMIGNOTTO, Ana Paula; ASTÚA, Diego. Mammals of the Caatinga: diversity, ecology, biogeography, and conservation. *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*, p. 211-254, 2017.

DEGHANI, R. et al. Feeding behavior of the Iranian dangerous scorpion species in the laboratory. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, v. 4, n. 44, p. 1156–1159, 1156, 2016.

DIAS, S. C.; et al. Scorpions from Scorpions from Mata do Buraquinho, João Pessoa, Paraíba, Brazil, with ecological notes on a population of *Ananteris mauryi* Lourenço, 1982. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 23, n. 3, p. 707–710, 2006.

DÍAZ, Sandra et al. Plant trait responses to grazing—a global synthesis. *Global change biology*, v. 13, n. 2, p. 313-341, 2007.

DRUMOND, Marcos Antônio et al. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. 2000.

ESCHMEYER, W.N. *Catalog of fishes: genera, species, references*. 2016. <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>, Acessado em Maio de 2023.

FERRAZ J, S. F.; ALBUQUERQUE U. P.; MEUNIER I. M.J. Valor de uso e estrutura da vegetação lenhosa às margens do riacho do Navio, Floresta, PE, Brasil. *Acta botanica Brasilica*, v. 20 p. 125–134, 2006.

FOLEY, Jonathan A. et al. Global consequences of land use. *science*, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

GARDA, Adrian Antonio et al. Ecology, biogeography, and conservation of amphibians of the Caatinga. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*, p. 133-149, 2017.

GARIGLIO, Maria Auxiliadora et al. *Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga*. 2010.

LEAL, Inara R. et al. Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of northeastern Brazil. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 701-706, 2005.

GRIMALDI, David et al. *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, 2005.

GIRÃO, E. S., LEAL, T. M., RAMOS, G. M. ARAÚJO, R. O. C., MEDEIROS, L. P., & de ARAUJO NETO, R.
 B. Sistema de criação de caprinos em unidades agrícolas familiares. 2004.

HEMMING, John. *Red gold: the conquest of the Brazilian Indians*. Macmillan, 1978. INSA, 2018.
 Estabelecimentos agropecuários do semiárido Brasileiro [online]. Available at.
<https://portal.insa.gov.br/acervo-livros/1202-estabelecimentos-agropecuarios-do-semiarido-brasileiro>.

Acessado
 em Maio

HEREDIA O. R. Prehistory of the non-Andean region of South America: Brazil, Paraguay, Uruguay and Argentina. 31,000–5,000 years ago. In: Laet S (ed) *History of humanity volume 1: prehistory and the beginnings of civilization*. UNESCO, Gland, p. 328–341, 1994

JAMELLI S, D. Área de vida de caprinos domésticos (*Capra hircus*, Bovidae) em uma paisagem de Caatinga antropizada. MS thesis. Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

JOHNSON, W. L.; VAN EYS, J. E.; FITZHUGH, H. A. Sheep and goats in tropical and subtropical agricultural systems. *Journal of Animal Science*, v. 63, n. 5, p. 1587-1599, 1986.

KIRK, David Anthony; HÉBERT, Katherine; GOLDSMITH, Frank Barrie. Grazing effects on woody and herbaceous plant biodiversity on a limestone mountain in northern Tunisia. *PeerJ*, v. 7, p. e7296, 2019.

LEAL, Laura C.; ANDERSEN, Alan N.; LEAL, Inara R. Anthropogenic disturbance reduces seed-dispersal services for myrmecochorous plants in the Brazilian Caatinga. *Oecologia*, v. 174, p. 173-181, 2014.

LEWINSOHN, Thomas; PRADO, Paulo Inácio. *Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento*. Editora Contexto, 2002.

LIRA, A. F. A. et al. Spatio-temporal microhabitat use by two co-occurring species of scorpions in Atlantic rainforest in Brazil. *Zoology*, v. 116, n. 3, p. 182–185, 2013.

LIRA, A. F. A. et al. Sexual dimorphism and reproductive behavior in the Brazilian scorpion *Tityus pusillus* (Scorpiones, Buthidae). *Invertebrate Biology*, v. 137, n. 3, p. 221–230, 2018.

LOURENÇO, W. R.; EICKSTEDT, V. R. Escorpiões de Importância Médica. In: CARDOSO, J. L. C. et al. *Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes*. São Paulo: Sarvier, 2009. 198-213 p.

LOURENÇO, Wilson R.; JESUS-JUNIOR, M. M. B. G.; LIMEIRA-DE-OLIVEIRA, Francisco. A new species of *Tityus* CL Koch, 1836 (Scorpiones, Buthidae) from the state of Maranhão in Brazil. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, v. 38, n. 1, p. 117-120, 2006.

LOURENÇO, W. R. Reproduction in scorpions, with special reference to parthenogenesis. *European arachnology*, v. 2000, n. July 2000, p. 71–85, 2002.

LOURENÇO, W. R. Scorpiones. In: ADIS, J. (Org.). *Amazonian arachnida and myriapoda: identification keys to all classes, orders, families, some genera and lists of known terrestrial species*. Moscow: Pensoft Publishes, 2002a. p. 399-438

LOURENÇO, W. R. Parthenogenesis in scorpions: some history-new data. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, v. 14, n. 1, p. 19-44, 2008.

LOURENÇO, W.R. . The genus *Ananteris* Thorell, 1891 (Scorpiones, Buthidae) in the northeast region of

- Brazil and description of a new species. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 50:73–76. 2012.
- LUCENA, Reinaldo Farias Paiva et al. Local uses of native plants in an area of Caatinga vegetation (Pernambuco, NE Brazil). *Ethnobotany Research and Applications*, v. 6, p. 003-014, 2008.
- MACIEL, Thely A.; JUNCÁ, Flora A. Effects of temperature and volume of water on the growth and development of tadpoles of *Pleurodema diplolister* and *Rhinella granulosa* (Amphibia: Anura). *Zoologia* (Curitiba), v. 26, p. 413-418, 2009.
- MESQUITA, Daniel Oliveira et al. Species composition, biogeography, and conservation of the Caatinga lizards. *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*, p. 151-180, 2017.
- MACHADO, Isabel Cristina; LOPES, Ariadna Valentina. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany*, v. 94, n. 3, p. 365-376, 2004.
- MATTHIESEN, F. A. On the sexual behaviour of some Brazilian scorpions. *Revista Brasileira de Pesquisas Médicas e Biológicas*, v. 1, n. 2, p. 93-96, 1968
- MARES, Michael A.; WILLIG, Michael R.; LACHER JR, Thomas E. The Brazilian Caatinga in South American zoogeography: tropical mammals in a dry region. *Journal of Biogeography*, p. 57-69, 1985.
- MARIANO, Rodolfo; COSTA, Sabrina Santos. Ephemeroptera do Semiárido. *Artrópodes do Semiárido. Biodiversidade e Conservação* (F. Bravo & A. Calor, eds.). Printmídia, Feira de Santana, p. 69-81, 2014.
- MATSUSHITA, Bunkei; XU, Ming; FUKUSHIMA, Takehiko. Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan using a high-quality GIS dataset. *Landscape and urban planning*, v. 78, n. 3, p. 241-250, 2006.
- MEDEIROS, Luís P. et al. *Caprinos: princípios básicos para sua exploração*. EMBRAPA-CPAMN/Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995.
- MELO P. P. A transição do pleistoceno ao holoceno no Parque Nacional Serra da Capivara-Piauí-Brasil: uma contribuição ao estudo sobre a antiguidade da presença humana no sudeste do Piauí. PhD thesis, Universidade Federal de Pernambuco. 2004.
- MELO, Felipe PL. The socio-ecology of the Caatinga: understanding how natural resource use shapes an ecosystem. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*, p. 369-382, 2017.
- MELO SANTOS, André M. et al. Biogeographical relationships among tropical forests in north-eastern Brazil. *Journal of biogeography*, v. 34, n. 3, p. 437-446, 2007.
- MILCHUNAS, Daniel G.; LAUENROTH, William K. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments: *Ecological Archives M063-001*. *Ecological monographs*, v. 63, n. 4, p. 327-366, 1993.
- MONTEIRO, Julio Marcelino et al. Bark regeneration and tannin content in *Myracrodruon urundeuva* Allemão after simulation of extractive damages—implications to management. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 180, p. 31-39, 2011a.
- MULLEN, G. R.; SISSOM, W. D. Scorpions (Scorpiones). *Medical and Veterinary Entomology*, p. 489–504, 2019.
- MURPHY, William J.; COLLIER, Glen E. A molecular phylogeny for aplocheiloid fishes (Atherinomorpha, Cyprinodontiformes): the role of vicariance and the origins of annualism. *Molecular Biology and*

Evolution, v.
14, n. 8, p. 790-799, 1997..

MCCORMICK, Sharon J.; POLIS, Gary A. Prey, predators, and parasites. The biology of scorpions, v.
294, p.
320, 1990.

MMA [Ministério do Meio Ambiente] (2014) Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros.
<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/>. Acessado em 10 Abril 2023

NAVAS, Carlos A.; JARED, Carlos; ANTONIAZZI, Marta M. Water economy in the casque-headed
tree-frog
Corythomantis greeningi (Hylidae): role of behaviour, skin, and skull skin co-ossification. Journal of
Zoology,
v. 257, n. 4, p. 525-532, 2002.

NASCIMENTO, F. E. L.; BRAVO, F.. Espécies de Cerambycidae (Coleoptera) coletadas nas
expedições do
PPBio Semiárido. Artrópodes do Semiárido: biodiversidade e conservação. Printmidia, Feira de
Santana,
127-138. 2014.

NASCIMENTO C. E. S.; TABARELLI M, SILVA C. A. D.; LEAL I. R.; TAVARES W. S.; SERRÃO
F. E.;

ZANUNCIO J. C. The introduced tree *Prosopis juliflora* is a serious threat to native species of the
Brazilian
Caatinga vegetation. Sci Total Environ v. 481 p. 108–113, 2014.

NIMER, Edmon. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica.
Revista
Brasileira de Geografia, v. 34, n. 2, p. 3-51, 1972.

NORI, M. Mobile livelihoods, patchy resources & shifting rights: approaching pastoral territories.
Rome:
International Land Coalition, 2007.

OLIVEIRA, J. C. D. NASCIMENTO, L.; FERNANDES R. T. V. INTERFERÊNCIA DA
CAPRINOCULTURA EXTENSIVA NA FAUNA SILVESTRE EM UM PARQUE NACIONAL.
Educação
ambiental, p. 146, 2017.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; JARENKOV, J. A.; RODAL, M. J. N. Floristic relationships of seasonally
dry forests
of eastern South America based on tree species distribution pattern. In: PENNINGTON, R. T.; LEWIS,
G. P.;

RATTER, J. A. Neotropical savannas and seasonally dry forests. Boca Raton (EUA): CRC Press, p.
159-190,
2006.

OLIVEIRA, Guilherme; DINIZ-FILHO, José Alexandre Felizola. Spatial patterns of terrestrial
vertebrates
richness in Brazilian semiarid, Northeastern Brazil: Selecting hypotheses and revealing constraints.
Journal of
Arid Environments, v. 74, n. 11, p. 1418-1426, 2010.

PAGLIA, A. P. et al. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. 2a edição. Occasional Papers in
Conservation
Biology, n. 6, 2012.

ORTIZ, E. et al. Scorpion venom components as potential candidates for drug development. Toxicon,
v. 93, p.
125–135, 2015.

PARENTE, H. N., ANDRADE, A. P. D., Silva, D. S. D., SANTOS, E. M., ARAUJO, K. D., &
PARENTE, M.
D. O. M. Influência do pastejo e da precipitação sobre a fenologia de quatro espécies em área de
caatinga.
Revista Árvore, v. 36, p. 411-421, 2012.

PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, O. A. Produção de forragem de espécies herbáceas da Caatinga.

Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, p. 145-159, 2010.

PEREVOLOTSKY, Avi; HAIMOV, Yigal. The effect of thinning and goat browsing on the structure and development of Mediterranean woodland in Israel. *Forest ecology and management*, v. 49, n. 1-2, p. 61-74, 1992.

PENNINGTON, R. Toby; LAVIN, Matt; OLIVEIRA-FILHO, Ary. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 40, p. 437-457, 2009.

PINTO-DA-ROCHA, Ricardo et al. Arthropoda, Arachnida, Scorpiones: Estação Científica Ferreira Penna and Juruti Plateau, Pará, Brazil. *Check List*, v. 3, n. 2, p. [143]-146, 2007.

PIÑEIRO, Gervasio et al. Pathways of grazing effects on soil organic carbon and nitrogen. *Rangeland Ecology & Management*, v. 63, n. 1, p. 109-119, 2010.

PORTO, Tiago Jordão et al. Escorpiões da Caatinga: conhecimento atual e desafios. *Artrópodes do Semiárido: biodiversidade e conservação*. Printmídia, Feira de Santana, p. 33-46, 2014.

POLIS, G. A. Population and community ecology of desert scorpions. *Scorpion biology and research*, 2001.

POLIS, G. A. (Ed.), *The biology of scorpions*. Stanford, CA: Stanford University Press, p. 462-485, 1990.

PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. *Edinburgh Journal of Botany*, v. 57, n. 3, p. 437-461, 2000.

PRADO, Darién E. As caatingas da América do Sul. *Ecologia e conservação da Caatinga*, v. 2, p. 3-74, 2003.

PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. *Edinburgo (UK): J. Bot.*, v. 57, p. 437-461, 2000

PRADO, Darién E. et al. As caatingas da América do Sul. *Ecologia e conservação da Caatinga*, v. 2, p. 3-74, 2003.

PRENDINI, L.; WHEELER, W. C. Scorpion higher phylogeny and classification, taxonomic anarchy. v. 21, 2005.

QUINTERO-HERNÁNDEZ, V. et al. Scorpion venom components that affect ion channels function. *Toxicon*, v. 76, p. 328-342, 2013.

QUEIROZ, Luciano Paganucci. The Brazilian Caatinga: phytogeographical patterns inferred from distribution data of the Leguminosae. In: *Neotropical savannas and seasonally dry forests*. CRC Press, 2006. p. 121-157.

QUEIROZ, Luciano Paganucci et al. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*, p. 23-63, 2017.

REDDY, S. Jeevananda. Climatic classification: the semi-arid tropics and its environment a review. 1983.

REIN, J. O. The scorpion files < <https://www.ntnu.no/ub/scorpion-files/> > Acesso em 15 Maio. 2023.4

RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; THOMAS, W. W. As florestas estacionais do nordeste brasileiro representam uma única unidade florística?. *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, p. 467-475, 2008.

ROCHA, Pedro Luís B. da; QUEIROZ, Luciano P. de; PIRANI, José Rubens. Plant species and habitat

structure

in a sand dune field in the Brazilian Caatinga: a homogeneous habitat harbouring an endemic biota.

Brazilian

Journal of Botany, v. 27, p. 739-755, 2004.

RIBEIRO, Elâine MS et al. Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the

Brazilian Caatinga vegetation. Journal of Applied Ecology, v. 52, n. 3, p. 611-620, 2015.

RODRIGUES, Miguel Trefaut Urbano et al. Anfíbios e Répteis: áreas e ações prioritárias para a conservação da

Caatinga. Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação, 2004.

ROSA, Ricardo S. et al. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. Ecologia e

conservação da Caatinga, v. 2, p. 135-180, 2003.

ROSA R.S. et al. Biota aquática: áreas e ações prioritárias para a conservação da Caatinga. 2004 In: SILVA

JMC, TABARELLI M, FONSECA MT, LINS LV (Orgs.) Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias

para a conservação. Ministério do Meio Ambiente/Universidade Federal de Pernambuco, Brasília, pp 163-171

RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; THOMAS, W. W. As florestas estacionais do nordeste brasileiro

representam uma única unidade florística?. Brazilian Journal of Biology, v. 68, p. 467-475, 2008.

SILVA, José Maria Cardoso; LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo (Ed.). Caatinga: the largest tropical dry

forest region in South America. Springer, 2018.

SILVA, José Maria Cardoso da et al. The Caatinga: understanding the challenges. Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America, p. 3-19, 2017.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (org). Biodiversidade da Caatinga: áreas e

ações prioritárias para a conservação. Brasília (DF): MMA/UFPE/Conservation International –

Biodiversitas –

Embrapa Semi-árido, 2004. 382p.

SAMPAIO, E. V. S. B. et al. Overview of the Brazilian caatinga. Seasonally dry tropical forests, v. 1, p. 35-63,

1995.

SAADI, Allaoua. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. Geonomos, 1993.

SILVA N., A. M.; BRAVO, F.; ALDRETE, A. N. G. Psocídeos (Psocodea: 'Psocoptera') do Semiárido: uma

diversidade subestimada. ARTRÓPODES DO SEMIÁRIDO, p. 117, 2014.

SIMON, Monique Nouailhetas; RIBEIRO, Pedro Leite; NAVAS, Carlos Arturo. Upper thermal tolerance

plasticity in tropical amphibian species from contrasting habitats: Implications for warming impact prediction.

Journal of thermal biology, v. 48, p. 36-44, 2015.

SILVA, José Maria Cardoso; LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo (Ed.). Caatinga: the largest tropical dry

forest region in South America. Springer, 2018.

SIQUEIRA FILHO, J. A et al. O CAOS DA BIODIVERSIDADE DO RIO SÃO FRANCISCO E A INÉRCIA

DA SOCIEDADE BRASILEIRA. RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico, 2015.

SISSOM, W. D. Systematics, biogeography and paleontology. The biology of scorpions, v. 65, p. 64-160, 1990.

SHULTZ, J. W. Morphology of the prosomal endoskeleton of Scorpiones (Arachnida) and a new hypothesis for

the evolution of cuticular cephalic endoskeletons in arthropods. Arthropod Structure & Development,

v. 36, n. 1,
 p. 77–102, 2007.
 STEFFAN, E. R. Hidrografia. IBGE (Ed), Região Nordeste. Geografia do Brasil. SERGRAF-IBGE, Rio de Janeiro, p. 111-133, 1977.
 THÉRY, Hervé. Atlas do Brasil, Disparidades e dinâmicas do território. Edusp, 2005.
 QUEIROZ, Luciano Paganucci et al. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America, p. 23-63, 2017.
 TABARELLI, M., LEAL, I. R., SCARANO, F. R., & SILVA, J. M. C. D. The future of the Caatinga. Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America, p. 461-474, 2017.
 TAYLOR, M. S.; COSPER, C. R.; GAFFIN, D. D. Behavioral evidence of pheromonal signaling in desert grassland scorpions *Paruroctonus utahensis*. Journal of Arachnology, v. 40, n. 2, p. 240–244, 2012.
 VAN DER MEIJDEN, A.; HERREL, A.; SUMMERS, A. Comparison of chela size and pincer force in scorpions; getting a first grip. Journal of Zoology, v. 280, n. 4, p. 319–325, 2010.
 VELLOSO A.L.; SAMPAIO, E.V.S.B. Pareyn FGC. Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga. Associação Plantas do Nordeste – Instituto de Conservação Ambiental – The Nature Conservancy do Brasil, Recife. 2002
 WARBURG, Michael. Ecophysiology of amphibians inhabiting xeric environments. Springer Science & Business Media, 2012.
 ZANELLA, Fernando CV; LUCENA, Daercio Adam A. Chrysididae (Hymenoptera) do Semiárido do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e desafios. Artrópodes do Semiárido: Biodiversidade e Conservação. Feira de Santana: Print Mídia, p. 153-167, 2014.