



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

MIKAEL ALVES DE CASTRO

**DA DISPERSÃO À PROTEÇÃO DE SEMENTES: IMPACTO DE CAPRINOS NAS
INTERAÇÕES ENTRE FORMIGAS E PLANTAS EM UMA FLORESTA SECA DE
CAATINGA**

RECIFE/PE
2024

MIKAEL ALVES DE CASTRO

**DA DISPERSÃO À PROTEÇÃO DE SEMENTES: IMPACTO DE CAPRINOS NAS
INTERAÇÕES ENTRE FORMIGAS E PLANTAS EM UMA FLORESTA SECA DE
CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Biologia Vegetal.
Área de concentração: Ecologia e Conservação.

Orientador (a): Dra. Inara Roberta Leal

Coorientador (a): Dra. Fernanda Maria Pereira de Oliveira

RECIFE/PE

2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Castro, Mikael Alves.

Da dispersão à proteção de sementes: impacto de caprinos nas interações entre formigas e plantas em uma floresta seca da caatinga / Mikael Alves de Castro. - Recife, 2024.

79f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, 2024.

Orientação: Inara Roberta Leal.

Coorientação: Fernanda Maria Pereira de Oliveira.

1. Criação extensiva de caprinos; 2. Dinoponera quadriceps; 3. Exclusão de caprinos; 4. Regeneração; 5. Testes com Tetrazólio.
I. Leal, Inara Roberta. II. Oliveira, Fernanda Maria Pereira de.
III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

MIKAEL ALVES DE CASTRO

**DA DISPERSÃO À PROTEÇÃO DE SEMENTES: IMPACTO DE CAPRINOS NAS
INTERAÇÕES ENTRE FORMIGAS E PLANTAS EM UMA FLORESTA SECA DE
CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre(a) em Biologia Vegetal.

Aprovada em 23/02/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dra. Inara Roberta Leal (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dra. Lays Klécia Silva Lins (Examinadora externa)
Universidade Estadual da Paraíba

Prof^o. Dr. Marcelo Tabarelli (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi possível graças à colaboração de várias pessoas. Este ramo pode ser desafiador, e unir-se às pessoas certas faz toda a diferença. Cada pessoa envolvida acrescentou algo valioso, deixando uma contribuição única.

Antes de começar, é importante destacar um pouco de onde vim, filho de pais agricultores que vivem da terra, da agricultura, da criação de animais, em uma vida simples e cheia de trabalho. Diante disso, sempre cogitava a necessidade de sair e buscar novos rumos na vida, como todos os outros que saíam em busca de melhores condições ao chegar nessa mesma idade. Contudo, acabei me encontrando onde menos imaginava, e olha só onde vim parar. Hoje observo o outro lado da história, investigando os impactos para o ecossistema envolvendo aquele mesmo tipo de uso da terra ao qual eu fui criado. Diante disso, gostaria de agradecer aos meus pais e irmãos, sei que são os maiores apoiadores.

Gostaria de agradecer aos colegas de laboratório e da vida, por toda a ajuda, troca de experiências, ensinamentos e momentos de descontração. Agradeço a Isabelle, Douglas, Fran, Byanca, Luanderson, Kamila, Diego, Gleyce, Joana, Mariana, Maria, Alice, Lígia, Renato, Alexandre, Mateus e muitos outros que encontrei ao longo do caminho.

Agradeço a Sabrina, Gabi, Luiza, Daniel e Leonardo, por terem ajudado nas coletas em campo. O trabalho necessitava dessa ajuda, sozinho seria bem mais complicado, e graças à ajuda deles ficou tudo mais fácil.

Em especial, agradeço a Nando, Sabrina e Carol por estarem sempre próximos, compartilhando ideias, trocando conselhos e desabafos, e até mesmo saindo para desopilar, mesmo que fosse para comer um pastel na praça. A presença de vocês foi fundamental ao longo desse período, e sei que sempre poderei contar com vocês.

Agradeço a Carla Ribas; Lays Lins e à Marcelo Tabarelli, pelas valiosas contribuições nas revisões do projeto.

E quanto às parcelas em que trabalhei no Parque Nacional do Catimbau, gostaria de expressar meus agradecimentos aos proprietários das terras que nos permitiram realizar nossas atividades. Agradeço a Josias, Zé Bezerra, Rudinho, Zé dos bodes e Seu Veinho.

Das pessoas que conheci no Catimbau, gostaria de agradecer ao Zé Bezerra. Em todos os meus campos, faço questão de passar em sua casa e escutar seus ensinamentos através da música. E sempre que dá, pego um triângulo, ou um zabumba e fico grato por estar acompanhando o seu Zé Bezerra com seu Berimbau catingueiro. Agradeço ao seu Josias, que também compartilhou seus conhecimentos sobre a roça, na lida diária, da criação dos caprinos e de histórias que aconteceram na região. À dona Carminha e dona Dadá, que tive o prazer de conhecer na comunidade do “Meu Rei”, recebendo-me carinhosamente e compartilhando histórias fascinantes, além de me apresentarem lugares encantadores no parque. Agradeço a Cícero poeta, seu Audálio e a vários outros que tive a oportunidade de ouvir um pouco de suas histórias e ensinamentos. Gostaria de agradecer também ao Marcelo mateiro, por toda ajuda em campo e na coleta das sementes.

Em especial, gostaria de agradecer ao David, que não apenas me apresentou toda a área de estudo, o Parque Nacional do Catimbau, mas também por ter me apresentado a pessoas incríveis. David também foi responsável por me ensinar a dirigir, o que me proporcionou total independência, permitindo a coleta de todos os dados necessários e, dessa forma, também conseguir ajudar muitas outras pessoas pelo caminho.

Em especial, agradeço à Adrielle e Fernanda, que também estiveram mais próximas, juntas nos desabafos da vida e em conselhos valiosos. A Fernanda, conhecida também como “derrota et al”, piada interna rsrsr, foi muito importante nessa etapa como minha coorientadora. Sempre que surgiam dúvidas, eu recorria a ela, e ela sempre explicando tudo, e graças a tudo isso, foi tudo bem mais fácil.

Em especial, agradeço à minha orientadora, Inara Leal, que é um verdadeiro exemplo a ser seguido. Uma mulher extraordinariamente forte, de muita experiência, que esteve presente sempre que precisei. Tudo que perguntamos ela sabe responder e sempre muito rápido. Agradeço demais por ter e por continuar sendo seu aluno e por ter aberto muitas oportunidades. Também gostaria de agradecer ao Marcelo Tabarelli, que junto com a Inara, são responsáveis por apoiarem muitas das pesquisas desenvolvidas, sempre em busca de aprovação de projetos, fundamentais para a execução dos trabalhos, seja através do PELD, entre outros, disponibilizando o transporte para as atividades de campo e na aquisição de materiais. Sabemos que nem todos têm essa oportunidade, mas reconheço o esforço e a dedicação necessários para alcançar tudo isso.

Por último, gostaria de agradecer a FACEPE pelo financiamento da bolsa que me foi concedida, ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da UFPE, por toda ajuda e apoio, e também à PROGEST, por sempre autorizar o transporte até o Parque.

Meu muito obrigado!!!!

Lá na roça tinha uma grande planta
um dia veio um bode e comeu,
mas a planta deixou uma semente
e veio uma formiga e a removeu,
levou para um lugar bem seguro
assim ela germinou e cresceu.
Um dia o bode ficou doente
sem água e comida morreu;
mesmo debaixo da sombra
daquela mesma planta que nasceu.
(CASTRO, M. A., 2024).

RESUMO

A criação extensiva de animais domésticos é muito comum e importante para muitas famílias em todo o globo. No entanto, taxas de lotação mais altas que o recomendado, como observado na Caatinga, podem impactar solo e vegetação, e essas alterações podem culminar com efeitos negativos sobre a comunidade de animais e suas interações mutualísticas com plantas. Nessa dissertação investigamos como a exclusão de caprinos pode recuperar a dispersão de sementes por formigas e a pós dispersão, como a proteção de sementes já removidas e depositadas nos formigueiros e arredores. Utilizamos um experimento de exclusão estabelecido em 2015, como parte do Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD-Catimbau), no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Brasil. O estudo foi conduzido em 14 pares de parcelas de 20 m X 20 m lado a lado, sendo uma parcela cercada com arame, impedindo a entrada dos caprinos, e outra com o livre acesso destes animais. Avaliamos o número de interações formiga-semente, consumo da estrutura atrativa (elaiossomo), taxa e distância de remoção, bem como o destino de sementes de *Jatropha mutabilis* (Euphorbiaceae) e *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae). Avaliamos também a abundância e viabilidade das sementes em ninhos de *Dinoponera quadriceps* e áreas controle distantes dos ninhos. A exclusão dos caprinos afetou positivamente a taxa e a distância de remoção das sementes de *C. leptophloeos*. Já para *J. mutabilis* foi observado maior número de interações nas áreas de exclusão, não havendo diferenças nos demais processos estudados. A formiga *D. quadriceps* apresentou o maior número de interações e taxas de remoção de sementes, alcançando distâncias que chegaram até 30 metros. No que diz respeito à pós-dispersão, a abundância de sementes nos ninhos de *D. quadriceps* e arredores foi semelhante nas áreas com e sem caprinos. A viabilidade das sementes foi maior nas áreas de exclusão de caprinos, e maiores nas áreas controles dos ninhos. Esses resultados sugerem que a criação extensiva de caprinos pode influenciar a regeneração da vegetação, reduzindo as chances de sementes viáveis serem removidas de baixo da planta-mãe e germinarem em locais favoráveis para o recrutamento de novos indivíduos. Por outro lado, também indica que a exclusão destes animais pode recuperar o serviço de dispersão de sementes em pelo menos uma das duas espécies estudadas e a viabilidade de sementes. Esses achados em conjunto sugerem que medidas como redução das taxas de lotação ou criação de zonas de exclusão de caprinos é

necessária para facilitar a regeneração das florestas secas em ambientes modificados pela ação humana.

Palavras-chave: Criação extensiva de caprinos; *Dinoponera quadriceps*; Exclusão de caprinos; Regeneração; Testes com Tetrazólio.

ABSTRACT

The extensive farming of domestic animals is very common and important for many families across the globe. However, stocking rates higher than recommended, as observed in the Caatinga, can impact soil and vegetation, and these changes may result in negative effects on animal communities and their mutualistic interactions with plants. In this dissertation, we investigated how goat exclusion might restore seed dispersal by ants and post-dispersal processes, such as the protection of seeds already removed and deposited in or around ant nests. We used an exclusion experiment established in 2015 as part of the Long-Term Ecological Research Project (PELD-Catimbau) in the Catimbau National Park, Pernambuco, Brazil. The study was conducted in 14 pairs of 20 m x 20 m side-by-side plots, with one plot fenced with wire to prevent goat entry and the other allowing free access to these animals. We assessed the number of ant-seed interactions, the consumption of the attractive structure (elaiosome), the removal rate and distance, as well as the fate of seeds of *Jatropha mutabilis* (Euphorbiaceae) and *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae). We also evaluated the abundance and viability of seeds in nests of *Dinoponera quadriceps* and control areas distant from the nests. Goat exclusion positively affected the removal rate and distance of *C. leptophloeos* seeds. For *J. mutabilis*, a higher number of interactions were observed in exclusion areas, with no differences in the other processes studied. The ant *D. quadriceps* showed the highest number of interactions and seed removal rates, reaching distances of up to 30 meters. Regarding post-dispersal processes, the abundance of seeds in and around *D. quadriceps* nests was similar in areas with and without goats. Seed viability was higher in goat exclusion areas and greater in control areas of the nests. These results suggest that extensive goat farming can influence vegetation regeneration, reducing the chances of viable seeds being removed from beneath the mother plant and germinating in favorable sites for the recruitment of new individuals. On the other hand, it also indicates that excluding these animals can restore seed dispersal services for at least one of the two species studied and improve seed viability. These findings collectively suggest that measures such as reducing stocking rates or creating goat exclusion zones are necessary to facilitate the regeneration of dry forests in environments modified by human activities.

Keywords: Extensive goat farming; *Dinoponera quadriceps*; Goat exclusion; Regeneration; Tetrazolium tests.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	ALÉM DAS GRADES: IMPACTOS E BENEFÍCIOS DA CRIAÇÃO EXTENSIVA DE CAPRINOS	15
2.1.1	Criação extensiva de animais	16
2.1.2	Caprinos na Caatinga	18
2.2	ENGRENAGENS OCULTAS: EXPLORANDO A INTERAÇÃO FORMIGA-PLANTA NA DINÂMICA DA REGENERAÇÃO FLORESTAL	19
2.2.1	Interação Formiga-Planta	20
2.2.2	Impacto dos caprinos na interação formiga-semente e implicações para a regeneração florestal	23
3	ARTIGO 1 – Goat exclusion restores seed dispersal services by ants and seed viability in a Dry Forest.	25
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXO A – NORMAS PARA SUBMISSÃO DO ARTIGO NO PERIÓDICO	76

1 INTRODUÇÃO

A criação extensiva de animais domésticos constitui uma das principais fontes de renda em ambientes áridos e semiáridos de todo o Globo (CHYNOWETH *et al.*, 2013; DIAS, 2020), onde populações rurais de baixa renda dependem dessa atividade para subsistência (PEREIRA *et al.*, 2004; NORI, 2007). No entanto, essa atividade também representa uma significativa ameaça à biota desses ecossistemas, causando degradação da vegetação e do solo (FERNÁNDEZ-LUGO *et al.*, 2013; SCHUCK; RIBEIRO, 2015), e comprometendo a provisão de bens e serviços ecossistêmicos como disponibilidade de água, nutrientes nos solos, regulação do clima e fornecimento de alimentos (SCHUCK; RIBEIRO, 2015). A criação extensiva de caprinos, por exemplo, pode ocasionar danos consideráveis à vegetação, afetando desde indivíduos até comunidades e ecossistemas (FERNÁNDEZ-LUGO *et al.*, 2013; MENEZES *et al.*, 2021; CAPÓ *et al.*, 2022), tendo impacto na dinâmica de regeneração e resiliência da floresta (PEREVOLOTSKY; HAIMOV, 1992). Esses impactos podem prejudicar muitas das interações ecológicas que ocorrem no ambiente, incluindo a dispersão e proteção de sementes realizadas pelas formigas.

Ao terem acesso a vegetação nativa, os caprinos podem se alimentar das sementes presentes no solo, reduzindo a quantidade disponível para serem removidas pelas formigas (POL; VARGAS; MARONI, 2017; POL; MIRETTI; MARONE, 2022). O consumo da vegetação (SILVA; CÉZAR, 2013) e o pisoteio do solo (LEAL; VICENTE; TABARELLI, 2003; PARENTE; MAIA, 2011) pelos caprinos podem resultar na destruição de ninhos de formigas, diminuindo o número de colônias (POL; VARGAS; MARONI, 2017; POL; MIRETTI; MARONE, 2022), o que por sua vez, pode reduzir os serviços ecológicos de dispersão e pós-dispersão que elas fornecem às plantas (LEAL; ANDERSEN; LEAL, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

As formigas são consideradas importantes dispersoras secundárias de sementes (LEAL; WIRTH; TABARELLI, 2007; LEAL; LEAL; ANDERSEN, 2015; SILVA *et al.*, 2020), removendo-as das proximidades da planta-mãe, diminuindo os efeitos da predação denso-dependente e da competição entre plântulas (VANDER WALL; LONGLAND, 2004), e levando sementes para seus ninhos onde os solos geralmente são mais úmidos, enriquecidos em nutrientes e propícios para a germinação (LEAL, 2003; LEAL; WIRTH; TABARELLI, 2007; SILVA *et al.*, 2020). Além disso, ao enterrarem as sementes, as formigas promovem proteção contra a predação por

roedores (NESS; BRESSMER, 2005) e promovem o escape do fogo em ambientes onde este é frequente (CHRISTIAN; STANTON, 2004). Além desses serviços de dispersão, as formigas também protegem sementes depositadas ao redor de seus ninhos e as plântulas que recrutam destas sementes contra insetos predadores/herbívoros (i.e. promovem serviços de pós-dispersão) (PASSOS; OLIVEIRA, 2004; LÔBO; TABARELLI; LEAL, 2011). A dispersão e pós-dispersão por formigas também pode atenuar as consequências negativas da redução de dispersores primários vertebrados, cujas populações estão em declínio ou já foram extintas devido à defaunação de áreas sob pressão antrópica (CAMARGO *et al.*, 2016). Dessa forma, as formigas oferecem várias vantagens às sementes, aumentando suas chances de propagação bem-sucedida e o estabelecimento de novos indivíduos. Investigar como essas interações são afetadas em áreas com pastejadores em florestas secas como os caprinos, criado de forma extensiva, torna-se crucial para entender a regeneração da vegetação e a resiliência da floresta (MOHAMMED *et al.*, 2022).

Similar a muitas florestas secas em todo o mundo, a Caatinga, localizada no nordeste do Brasil, sustenta milhões de pessoas, a maioria das quais depende de recursos florestais para sobreviver (SILVA; LEAL; TABARELLI, 2017; TABARELLI *et al.*, 2023). Práticas como a agricultura de corte-e-queima, extração de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros, caça e criação extensiva de animais domésticos (MARINHO *et al.*, 2016; MELO, 2017; RITO *et al.*, 2017; ARNAN *et al.*, 2018; MARTINS BORGES; RIBEIRO; ALVES, 2023) são comuns na região da Caatinga e consideradas perturbações antrópicas capazes de alterar diferentes grupos de organismos em diferentes níveis de organização ecológica (SINGH, 1998). Na criação extensiva de animais domésticos, os caprinos recebem bastante destaque, adaptando-se muito bem na região desde a sua introdução no século XVI (ROSA *et al.*, 2017; FORMIGA *et al.*, 2020), complementando a renda de muitas famílias (PEREIRA *et al.*, 2004; RITO *et al.*, 2017; JAMELLI; BERNARD; MELO, 2021). Aproximadamente 95% dos cerca de 12 milhões de caprinos (IBGE) estão concentrados na região nordeste (MAGALHÃES; HOLANDA FILHO; MARTINS, 2021), sendo criados em sua maioria de forma extensiva, com acesso à vegetação nativa, o que pode impactar as populações e comunidades de plantas e animais (GABAY *et al.*, 2011; MANCILLA-LEYTÓN; PINO MEJÍAS; MARTÍN VICENTE, 2013; MENEZES *et al.*, 2021). Dessa forma, a Caatinga oferece um contexto interessante

para investigar os impactos ecológicos desses animais em processo-chave envolvendo a regeneração e a resiliência da floresta.

Para abordar essa questão, experimentos envolvendo a exclusão de caprinos proporcionam um excelente cenário para compreender os efeitos da criação extensiva nos processos ecológicos. Nesse contexto, o Programa Ecológico de Longa Duração PELD-Catimbau (<https://peldcatimbau.com.br/>) estabeleceu em 2015 um experimento de exclusão de caprinos constituído por 14 pares de parcelas de 20 X 20 m lado a lado para controlar outras variáveis ambientais e biológicas que não a presença/ausência dos caprinos. Através dessa iniciativa, temos tentado entender como os caprinos impactam a biota da Caatinga, desde o banco de sementes, recrutamento de plântulas, passando pela diversidade e composição de espécies de comunidades de plantas herbáceas e lenhosas, até a produtividade do ecossistema e as interações ecológicas como a dispersão de sementes providas por formigas.

Esta dissertação tem como objetivo investigar como a exclusão de caprinos pode recuperar a dispersão de sementes por formigas e a pós dispersão, como a proteção de sementes já removidas e depositadas nos formigueiros e arredores. Para estruturar essa dissertação, as informações foram divididas em três partes. A primeira parte, fundamentação teórica, está subdividida em duas seções: (A) Além das grades: impactos e benefícios da criação extensiva de caprinos, que aborda tópicos relacionados à importância e benefícios para as populações rurais de baixa renda, bem como os impactos na vegetação e processos ecológicos; (B) Engrenagens ocultas: explorando a interação formiga-planta na dinâmica da regeneração florestal, que se concentra na importância e benefícios das formigas para a regeneração florestal diante o pastoreio por animais. A segunda parte consiste em um manuscrito que discute “A exclusão de caprinos recupera o serviço de dispersão de sementes por formigas e a viabilidade de sementes em uma Floresta Seca”, que será submetido ao periódico *Journal of Ecology*. Por fim, a terceira parte da dissertação é constituída pelas considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As florestas tropicais sazonalmente secas (daqui para frente apenas florestas secas) são importantes repositórios de biodiversidade e desempenham um papel

crucial na provisão de diversos serviços ecossistêmicos (MAASS *et al.*, 2005), incluindo a regulação climática, hídrica, do solo (LEWIS; EDWARDS; GALBRAITH, 2015). No entanto, aproximadamente 48% da área original de florestas secas do Globo já foram convertidas em campos de agricultura (HOEKSTRA *et al.*, 2005, MILES *et al.*, 2006), e nas américas, essa conversão é ainda mais significativa, com uma redução de até 72% na cobertura original (PORTILLO-QUINTERO; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, 2010). Além disso, as áreas remanescentes também sustentam a subsistência de milhões de pessoas, que dependem principalmente dos recursos florestais como a retirada de lenha para cozinhar, de madeira para atividades como construção, além da coleta de frutos, sementes e de outras partes da planta para a alimentação, remédio, artesanato e outras necessidades (SCHRÖDER; ÁVILA RODRÍGUEZ; GÜNTER, 2021).

A Caatinga, o maior e mais diverso bloco de floresta seca dos neotrópicos, ocorrendo inteiramente dentro do território nacional (QUEIROZ *et al.*, 2017), apresenta alta diversidade de plantas (ZAPPI *et al.*, 2015) e animais (GARDA *et al.*, 2018). Assim como as outras florestas secas, a Caatinga também abriga milhões de pessoas que dependem da extração de recursos florestais para subsistência (SILVA; LEAL; TABARELLI, 2017; TABARELLI *et al.*, 2023). A caatinga também já sofreu uma significativa redução, com cerca de 89% dessa região convertida em áreas de agricultura e pastagens abandonadas (ARAÚJO *et al.*, 2023). Além da conversão, as áreas que ainda são cobertas por vegetação de Caatinga sofrem com a degradação imposta pela agricultura de corte-e-queima, a coleta de produtos madeireiros e não-madeireiros, e criação extensiva de animais domésticos como meio de subsistência (MARINHO *et al.*, 2016; MELO, 2017; RITO *et al.*, 2017; ARNAN *et al.*, 2018; MARTINS BORGES; RIBEIRO; ALVES, 2023).

Nesta seção, abordamos aspectos relacionados à criação extensiva de animais domésticos, com foco na criação de caprinos na Caatinga, além de aspectos envolvendo a dispersão e a proteção de sementes por formigas. Para a seleção dos estudos, foram considerados artigos científicos publicados entre 1963 e 2024 e consultados a partir das bases de dados como o Google Acadêmico, Periódicos CAPES, Researchgate e outros sites de periódicos.

2.1 ALÉM DAS GRADES: IMPACTOS E BENEFÍCIOS DA CRIAÇÃO EXTENSIVA DE CAPRINOS

Neste tópico, exploramos a história da domesticação de animais, com ênfase na criação extensiva de caprinos, uma prática que foi crucial para o desenvolvimento humano, fornecendo recursos alimentares, fonte de renda e contribuindo para a estabilidade de diversas civilizações. A criação de caprinos é comum em todo o globo, e, embora proporcione muitos benefícios, no modelo de criação extensiva, eles têm acesso a toda a vegetação, o que acaba representando fortes riscos para a vegetação, nas comunidades de animais e interações ecológicas que são cruciais no ecossistema.

2.1.1 Criação extensiva de animais

Os primeiros registros de domesticação de caprinos (*Capra hircus*) datam de cerca de 10.000 anos atrás nas terras altas do Oeste do Irã (ZEDER; HESSE, 2000). Devido à sua notável capacidade de adaptação e resistência a condições climáticas e ambientais adversas (VAHIDI *et al.*, 2014), bem como pela contribuição significativa para a alimentação humana, como fonte de carne e leite (MORAND-FEHR *et al.*, 2007; WEBB; CASEY; SIMELA, 2023), a domesticação desses animais foi crucial para o desenvolvimento e estabilidade humana (ZOBEL; NEAVE; WEBSTER, 2019). No entanto, apesar dos benefícios para a população humana, a disseminação desses animais para várias regiões também trouxe preocupações, tendo em vista que são considerados invasores com potencial para causar a degradação dos ecossistemas (PARKES, 1990; GONÇALVES; KOLOKOTRONIS; WHARTON, 2010).

A pecuária extensiva é uma atividade amplamente praticada em todo o globo (ESCARREÑO *et al.*, 2012; CHYNOWETH *et al.*, 2013; DIAS, 2020), e, especialmente em regiões mais pobres e áridas, muitas pessoas dependem dessa prática como fonte crucial de renda (PEREIRA *et al.*, 2004; RITO *et al.*, 2017; JAMELLI; BERNARD; MELO, 2021). Os ganhos com a criação extensiva são diversos, incluindo a obtenção de carne e leite destes animais, bem como lucros provenientes da venda destes animais (ESCARREÑO *et al.*, 2012; MORALES-JERRETT *et al.*, 2020). Essas atividades servem como renda principal ou complementar destas famílias, que frequentemente carecem de emprego estável e renda fixa, necessitando extrair recursos das florestas ou criar animais desta forma, como um meio de sobrevivência

(PEREIRA *et al.*, 2004; ESCAREÑO *et al.*, 2012; RITO *et al.*, 2017; JAMELLI; BERNARD; MELO, 2021).

Na criação extensiva, os animais são criados livremente, forrageando toda a vegetação nativa local (GUTIERREZ; BOER; ALVES, 1981; FORSYTH *et al.*, 2002; GABAY *et al.*, 2011; WEHN; PEDERSEN; HANSSEN, 2011; VOLTOLINI *et al.*, 2011; JAMELLI; BERNARD; MELO, 2021; MENEZES *et al.*, 2021). Geralmente, estes animais pastam durante o dia e retornam para as suas instalações, os “currais”, de seus proprietários à noite (JAMELLI; BERNARD; MELO, 2021). Dependendo da região e das circunstâncias dos proprietários, pode ser fornecida uma alimentação complementar para os animais. Entre bovinos, ovinos e caprinos, que são os animais mais procurados em termos de criação e geração de renda, os caprinos são os que menos requerem alimentação adicional, sendo bem resistentes e de excelente adaptação, procurando pelo seu próprio alimento e água para beber (GUTIERREZ; BOER; ALVES, 1981; WEHN; PEDERSEN; HANSSEN, 2011; VOLTOLINI *et al.*, 2011).

Esse sistema de criação, no qual os animais têm acesso a vegetação nativa, é referido como um tipo de perturbação antrópica crônica (daqui para frente apenas perturbações crônicas), uma vez que envolve a remoção contínua de pequenas porções de biomassa da floresta, sem causar perda e fragmentação de habitats como as perturbações agudas o fazem (SINGH, 1998). Outros tipos de atividades relacionadas com as perturbações crônicas são a extração de lenha e produtos florestais não madeireiros e atividades de caça (SINGH, 1998; MARTORELL; PETERS, 2005; ANDERSEN; LEAL, 2014; ARROYO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2017; LEAL). Apesar de perturbações crônicas terem começado a ser avaliadas mais recentemente, estudos indicam que estas podem afetar negativamente a diversidade e a integridade de ecossistemas tanto quanto as perturbações agudas (RIBEIRO *et al.*, 2015, 2016; RIBEIRO-NETO *et al.*, 2016; RITO *et al.*, 2017).

A criação extensiva de caprinos pode causar grandes danos à vegetação, afetando desde o nível de indivíduos até o nível de comunidades e ecossistemas (FERNÁNDEZ-LUGO *et al.*, 2013; CAPÓ *et al.*, 2021; MENEZES *et al.*, 2021). Ao se alimentarem de plântulas e indivíduos jovens, podem causar mortalidade de todo o indivíduo (CAPÓ *et al.*, 2021, LINS *et al.*, 2022). O consumo de folhas, flores, frutos e sementes também pode influenciar o crescimento e reprodução dos indivíduos adultos (GONZÁLEZ-PECH *et al.*, 2015; TORRES-FAJARDO *et al.*, 2022). Nos dois casos,

pode haver redução no tamanho e número de populações, bem como, alterações na distribuição de espécies das plantas (SEVERSON; DEBANO, 1991; PEREVOLOTSKY; HAIMOV, 1992; OBA, 1998).

A criação extensiva pode levar a alterações não apenas na diversidade de espécies e em suas interações, mas também na conversão de áreas de florestas em vegetação aberta e arbustiva, onde gramíneas proliferam, fornecendo alimento adicional para os animais e diminuindo a cobertura florestal (WEHN; PEDERSEN; HANSSEN, 2011). Além disso, a introdução de gramíneas pode aumentar a ocorrência de incêndios florestais, levando a mudanças nos nutrientes do solo e a deslocamentos na vegetação florestal em direção a estados alternativos estáveis como vegetação arbustiva ou savanas (FUSCO *et al.*, 2019), representando assim ameaças significativas para as comunidades de plantas e para os processos e serviços ecológicos (FERNÁNDEZ-LUGO *et al.*, 2013; SCHUCK; RIBEIRO, 2015).

2.1.2 Caprinos na Caatinga

Não se sabe ao certo como se deu a chegada dos caprinos no Brasil, a quantidade de caprinos e quais as raças que foram trazidas na época do período colonial (PRIMO, 2004). A seleção e o cruzamento de indivíduos, bem como a introdução de novas populações caprinas exóticas, promovem uma perda na diversidade genética (VIEIRA *et al.*, 2015), trazendo dificuldades para a execução de estudos visando a origem dos primeiros caprinos que chegaram ao país (RIBEIRO *et al.*, 2012). Um estudo envolvendo a diferenciação genética e estrutural de caprinos nativos brasileiros e portugueses indicaram possíveis influências portuguesas (RIBEIRO *et al.*, 2012), sugerindo que alguns desses animais foram introduzidos pelos portugueses e estabelecidos primeiramente na região nordeste, em Salvador, primeira capital colonial, no século XVI (PRIMO, 2004; BARROS *et al.*, 2011).

Semelhante aos padrões globais, a criação de caprinos no Brasil está principalmente concentrada na região nordeste do país, correspondendo em sua maior parte ao bioma Caatinga, caracterizada por um clima semiárido e constituindo a floresta seca mais densamente habitada do Globo, com 33 habitantes/km² (GARIGLIO *et al.*, 2010). Nos últimos anos, a criação de caprinos tem aumentado na região nordeste, representando 95% de um total de 12 milhões de caprinos do país (MAGALHÃES; HOLANDA FILHO, 2021), resultando muitas vezes em taxas de

lotação maiores que as recomendadas (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009; AQUINO *et al.*, 2016).

A criação extensiva de caprinos também oferece vantagens para os criadores, já que raramente requerem complementação na alimentação, quando comparados com outros animais, como os bovinos e ovinos (GUTIERREZ; BOER; ALVES, 1981). Esses animais se alimentam de plântulas, indivíduos jovens e adultos, consumindo folhas, flores, frutos e sementes de várias espécies nativas da Caatinga, dispensando a suplementação alimentar, mesmo em períodos de secas intensas (GUTIERREZ; BOER; ALVES, 1981; LEAL; VICENTE; TABARELLI, 2003; MENEZES *et al.*, 2021; LINS *et al.*, 2022). Apesar destes benefícios, a criação extensiva de animais é reconhecida como uma das causas de degradação da floresta seca da Caatinga. O consumo da vegetação pode comprometer a sobrevivência e reprodução das plantas, enquanto o pisoteio compacta os solos, resultando em erosão de vários níveis de intensidade (HARDEN; DAVIES, 2004; ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009; BAYNE; FERNÁNDEZ-LUGO *et al.*, 2013; SCHUCK; RIBEIRO, 2015). De fato, já foi registrado que o superpastoreio de caprinos pode aumentar a taxa de mortalidade de ervas e arbustos devido ao anelamento dos caules, causado pela remoção da casca dos troncos das espécies ao alcance desses animais, bem como o consumo de plântulas, afetando a regeneração das florestas (LEITE, 2002; MENEZES *et al.*, 2021; LINS *et al.*, 2022).

Os caprinos são animais bem resistentes e se adaptaram muito bem nas áreas de caatinga (SANTOS *et al.*, 2005). Com a sua capacidade de reduzir o metabolismo, possuir sistema digestivo eficiente e de baixo requerimento de água, os caprinos tornaram-se uma espécie bastante resiliente, sendo mais eficiente em comparação aos outros animais domésticos (SILANIKOVE, 2000). A criação destes animais é de extrema importância para a subsistência de muitas famílias nas comunidades rurais (PEREIRA *et al.*, 2004; RITO *et al.*, 2017; JAMELLI; BERNARD; MELO, 2021), embora possam causar sérios danos à biodiversidade.

2.2 ENGRENAGENS OCULTAS: EXPLORANDO A INTERAÇÃO FORMIGA-PLANTA NA DINÂMICA DA REGENERAÇÃO FLORESTAL

Muitos processos cruciais para o equilíbrio da natureza ocorrem de maneira camuflada, por meio de serviços aparentemente pequenos, mas que, combinados,

proporcionam importantes resultados. Um exemplo são as atividades realizadas pelas formigas. Neste tópico, exploramos a interação entre formigas e plantas, destacando serviços essenciais como a dispersão de sementes, fundamental para a manutenção das florestas.

2.2.1 Interação Formiga-Planta

As interações entre plantas e animais são diversas e pervasivas, influenciando a evolução e diversidade de plantas, animais, e o funcionamento de ecossistemas (KAMARU *et al.*, 2024). O mutualismo é definido como uma interação em que duas espécies se beneficiam, cada uma experimentando um efeito positivo da interação (BRONSTEIN, 2001). As interações entre formigas e plantas são ótimos exemplos de interações mutualísticas, as quais recebem bastante destaque, sendo estudadas em todo o mundo (BEATTIE; HUGHES, 2002). Dentro dessas interações, a dispersão de sementes realizadas por estes animais é crucial para a propagação das espécies.

As formigas desempenham um importante papel como dispersoras de sementes (BRONSTEIN; ALARCÓN; GEBER, 2006; GILADI, 2006), síndrome denominada de mirmecocoria (VAN DER PIJL, 1982), com mais de 11000 espécies das angiospermas dependendo das formigas como vetores de suas sementes (LENGYEL *et al.*, 2010). As formigas são atraídas por estruturas ricas em lipídeos chamadas de elaiossomo, que estão presos às sementes (VAN DER PIJL, 1982). Os elaiossomos atraem as formigas, que carregam as sementes geralmente para os ninhos, onde o elaiossomo é consumido como alimento para a colônia, e as sementes geralmente intactas são descartadas em câmaras de lixo externas aos ninhos (LEAL, 2003; LEAL; WIRTH; TABARELLI, 2007; LÔBO; TABARELLI; LEAL, 2011).

As formigas se beneficiam com o consumo dos elaiossomos aumentando o crescimento e sobrevivência da colônia (GAMMANS; BULLOCK; SCHÖNROGGE, 2005). Já as plantas possuem vários benefícios com a remoção das sementes, mesmo que por curtas distâncias (WILLSON, 1993). Entre as principais vantagens da mirmecocoria está a redução da predação denso-dependente e da competição entre plântulas nas proximidades da planta-mãe (HOWE; SMALLWOOD, 1982; VANDER WALL; LONGLAND, 2004). Ao levarem as sementes para os ninhos e descartá-las nas lixeiras dos formigueiros, geralmente com solos mais úmidos e ricos em nutrientes, as formigas promovem a germinação das sementes (HOWE;

SMALLWOOD, 1982; LEAL; WIRTH; TABARELLI, 2007; LEAL; LEAL; ANDERSEN, 2015; SILVA *et al.*, 2020), possibilitando também que as sementes escapem da predação por roedores e do fogo (CHRISTIAN; STANTON, 2004; NESS; BRESSMER, 2005). Também existem registros que o comportamento de patrulhamento que as formigas apresentam ao redor dos seus ninhos (i.e. “ownership behaviour” (WAY, 1963)), para proteger a colônia de predadores e parasitas, pode resultar em redução da predação das sementes e até mesmo da herbivoria das plantas recrutadas (LEAL *et al.*, 2017; LÔBO; TABARELLI; LEAL, 2011; PASSOS; OLIVEIRA, 2004). Por fim, mesmo nos casos em que as formigas consomem o elaiossomo *in situ*, ou seja, sem remover a semente, existem registros de benefícios para as plantas, tais como redução de ataque de fungos e outros patógenos e consequente aumento nas taxas de germinação (LEAL; OLIVEIRA, 1998, LEAL; WIRTH; TABARELLI, 2007).

Mas não são apenas as sementes que possuem elaiossomos, ou mirmecocóricas verdadeiras, que têm benefícios das interações com as formigas. Sementes dispersas primariamente por aves e mamíferos (i.e. sementes não-mirmecocóricas) também podem possuir estruturas atrativas para as formigas, que quando atingem o chão da floresta são transportadas para os formigueiros (PASSOS; OLIVEIRA, 2002; CHRISTIANINI; OLIVEIRA, 2009; ANJOS *et al.*, 2020). São relatadas interações entre formigas e sementes ariladas ou com frutos carnosos que são dispersas pelas formigas ou que as formigas consomem o arilo ou limpam a polpa dos frutos resultando em maiores taxas de germinação (LEAL; OLIVEIRA, 1998; DALLING; WIRTH, 1998; LEAL *et al.*, 2003). Por fim, até sementes dispersas abioticamente, ou seja, sem estruturas atrativas como elaiossomo, arilo ou polpa carnosa podem atrair formigas e ter sua dispersão realizada por estes animais (ANJOS *et al.*, 2020).

Embora muitas espécies de formigas poderem atuar como dispersoras ou limpadoras de sementes, a qualidade do serviço de dispersão pode variar dependendo do comportamento das formigas junto aos diásporos (i.e. sementes ou frutos, dependendo da unidade de dispersão (VAN DER PIJL, 1982)). Algumas espécies podem fornecer uma maior taxa de remoção e com maiores distâncias de dispersão (LEAL; ANDERSEN; LEAL, 2014) em comparação a outras que não removem sementes, apenas limpam-nas (PASSOS; OLIVEIRA, 2003); outras, ainda, podem atuar como predadoras de sementes (VAZ FERREIRA; BRUNA; VASCONCELOS, 2011). Da mesma forma, certas espécies são mais eficientes na

proteção de sementes contra predadores e das plântulas contra herbívoros, como são muitas das poneromorfas (PASSOS; OLIVEIRA, 2004; LÔBO; TABARELLI; LEAL, 2011). Até formigas da tribo Attini transportam as sementes em grande número e por longas distâncias, removendo as estruturas atrativas para o cultivo do fungo simbiote, e descartando-as intactas nas lixeiras dos formigueiros propiciando a germinação e o recrutamento de plântulas (DALLING; WIRTH, 1998; LEAL; OLIVEIRA, 1998). Contudo, cortam ou soterram as plântulas recrutadas de forma que após um tempo não existe recrutamento de indivíduos sobre seus ninhos (SILVA *et al.*, 2007, LEAL *et al.*, 2014). Normalmente, espécies mais especializadas mantêm relações mais próximas com as plantas e oferecem serviços de maior qualidade, incluindo maiores taxas de remoção e distâncias de dispersão (LEAL *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

A média global de distância de dispersão de sementes por formigas é de 1,99 metros, considerando todas as distâncias de remoção (GÓMEZ; ESPADALER, 2013). Na Caatinga, duas espécies de formigas possuem o título de dispersoras de semente de alta qualidade, transportando sementes por longas distâncias, *Dinoponera quadriceps* e *Ectatomma muticum* (LEAL *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2019). Nestes estudos, as dispersoras de alta qualidade atingiram médias de remoção de 3,11 metros (LEAL *et al.*, 2014) e 3,61 metros (OLIVEIRA *et al.*, 2019), na qual se tem a espécie *D. quadriceps* considerada como a melhor dispersora de sementes, alcançando uma distância máxima de 27,5 metros e uma distância média de 7,58 metros (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Tendo em vista a degradação ambiental, incluindo o desmatamento, a caça e várias outras questões ambientais que levam à diminuição de muitos animais frugívoros dispersores de sementes (CORDEIRO; HOWE, 2003; JORDANO *et al.*, 2007), as formigas podem atuar como potenciais atenuadores desses efeitos, ao removerem sementes e, assim, reduzirem o impacto da perda de dispersores primários (CAMARGO *et al.*, 2016). No entanto, os impactos antrópicos também podem afetar as comunidades de formigas, impactando em processos ecológicos-chave, como os serviços de remoção que elas prestam (ZELIKOVA; BREED, 2008). No bioma Caatinga, por exemplo, espécies dispersoras de sementes a longa distância são sensíveis às perturbações antrópicas, com taxas e distâncias da remoção diminuindo à medida que a perturbação se intensifica (LEAL; ANDERSEN; LEAL, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

2.2.2 Impacto dos caprinos na interação formiga-semente e implicações para a regeneração florestal

Existem evidências de que a herbivoria por caprinos pode afetar a riqueza e estrutura de comunidades vegetais (FERNÁNDEZ-LUGO *et al.*, 2013; MENEZES *et al.*, 2021; MENEZES *et al.*, 2021; CAPÓ *et al.*, 2022), a capacidade de regeneração da vegetação (PEREVOLOTSKY; HAIMOV, 1992, LINS *et al.*, 2022) e alterar drasticamente os padrões de ciclagem de nutrientes e de fluxo de energia nos ecossistemas (SEVERSON; DEBANO, 1991). Estes impactos podem gerar efeitos em cascata, afetando espécies de formigas que dependem de áreas florestais como recursos alimentares para o estabelecimento das colônias, o que pode influenciar os processos ecológicos como a dispersão de sementes realizadas por formigas (ZELIKOVA; BREED, 2008). Na Caatinga, muitas plantas dependem das formigas como agentes de dispersão de sementes (LEAL *et al.*, 2017), e a redução dessa interação interfere nos processos de regeneração da floresta, contribuindo para níveis mais elevados de degradação.

Diante desse contexto, muitos processos chave no ecossistema sofrem alterações. Animais pastejadores, como os caprinos, podem afetar a interação entre formigas e sementes de diferentes formas. Ao terem acesso à vegetação nativa, estes animais podem impactar o tamanho das colônias de formigas (POL; MIRETTI; MARONE, 2022), reduzindo tanto os recursos alimentares disponíveis (ANDERSEN, 1995; POL; VARGAS; MARONE, 2017), quanto em locais adequados para o estabelecimento das colônias (TADEY; FARJI-BRENER, 2007). Diante disso, muitos dos benefícios que as formigas poderiam fornecer para as plantas, como a remoção das sementes, podem ser afetados, uma vez que a disponibilidade de sementes no solo diminui conforme o pastoreio dos animais (POL; VARGAS; MARONE, 2017).

Caprinos criados extensivamente têm o potencial de prejudicar a regeneração florestal da Caatinga (LEAL; VICENTE; TABARELLI, 2003; ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009). Embora esses animais possam atuar como importantes dispersores de sementes, a taxa de remoção de sementes é maior para espécies exóticas, especialmente para *Prosopis juliflora*, uma espécie exótica e invasora que ameaça as florestas secas da Caatinga (SENA *et al.*, 2021). Outro impacto significativo está relacionado à manutenção das florestas. Na Caatinga, o banco de

sementes já possui baixa quantidade e densidade de sementes, e as poucas plântulas que emergem, são consumidas por estes animais (LINS *et al.*, 2022).

Diante dos potenciais impactos da criação extensiva de caprinos na regeneração das florestas, é crucial a implementação de práticas de manejo, principalmente nos locais de alta lotação, como ocorre na Caatinga, como uma alternativa diante dos impactos. A criação de zonas de proteção, mediante cercas ou outros meios, é uma das soluções mais importantes, evitando a entrada dos animais (WASSIE *et al.*, 2009). Controlar a quantidade de caprinos na propriedade, reduzindo as taxas de lotação, também é essencial para evitar a superexploração da vegetação e a compactação do solo (GAMOUN; PATTON; HANCHI, 2015; AQUINO *et al.*, 2016). Além disso, é importante educar os proprietários das terras sobre práticas de manejo sustentável, visando a adoção de técnicas que diminuam os impactos do pastejo dos animais e promovam a proteção da vegetação. Essas medidas não apenas atendem às necessidades das famílias em complementar a renda com a criação de animais, mas também contribuem para a regeneração florestal.

3 ARTIGO 1

O conteúdo desta seção consiste em um artigo intitulado “**Goat exclusion restores seed dispersal services by ants and seed viability in a Dry Forest**” que será submetido à revista *Journal of Ecology*. A formatação do artigo segue as normas para autores para submissões iniciais estabelecidas pela revista disponíveis no anexo A deste documento.

Goat exclusion restores seed dispersal services by ants and seed viability in a Dry Forest.

Mikael Alves de Castro¹; Sabrina Silva Oliveira¹; David José dos Santos²; Adrielle Leal³;
Fernanda M. P. Oliveira⁴; Inara R. Leal^{5*}

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Professor Moraes Rego, S/N., Recife, PE, Brazil, 50.670-901

²Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Rodovia BR-407, KM 12 Lote 543 - Projeto de Irrigação Nilo Coelho - S/N C1, PE, Brazil, 56300-000

³Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste – CEPAN, Av. Montevideu, 172 - sala 1105 - Boa Vista, Recife - PE, Brazil, 50050-250

⁴Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental, Universidade de Pernambuco, R. Cap. Pedro Rodrigues - São José, Garanhuns - PE, Brazil, 55294-902

⁵Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Professor Moraes Rego, S/N., Recife, PE, Brazil, 50.670-901

*Author of correspondence: inara.leal@ufpe.br

ACKNOWLEDGMENTS

This study was funded by the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, PELD 403770/2012-2 and Universal Call 470480/2013-0), the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES, 001), and the Foundation for Science and Technology Support of the State of Pernambuco (FACEPE, APQ-0738-2.05/12, APQ-0138-2.05/14). This study is part of MC's master's degree, who also thanks FACEPE (IBPG-

1663-2.03/21). FMPO thanks CNPq and FACEPE for the postdoctoral fellowship (DCR-0006-2.05/23). IRL thanks CNPq for the productivity fellowship (306286/2022-0). We also thank our lab colleagues, Gabriela Pacheco, Daniel Vasconcelos, and Luiza Soriano, for their assistance in field data collection, and Marcelo Mateiro for his help in seed collection and identification for conducting the experiment. We express our gratitude to the residents of Catimbau National Park for allowing the development of this research on their properties.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Mikael Castro: Original draft, structure, writing, analysis, methodology, investigation, review, editing, and illustration. **Sabrina Oliveira:** Methodology and investigation. **David Santos:** Methodology and investigation. **Adrielle Leal:** Methodology, review, and editing. **Fernanda Oliveira:** Review and editing, data analysis, methodology, and investigation. **Inara R. Leal:** Conceptualization, methodology, investigation, validation, writing, review, and editing, supervision, and funding acquisition.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data will be made available in the Dryad Digital Repository.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no known financial interests or personal relationships that could have influenced the conduct of the research.

SUMMARY

1. The consumption of vegetation and trampling by extensively raised domestic animals can have significant impacts at various levels of biological organization. We investigated how eight years of goat exclusion could restore seed dispersal services by ants and the protection of seeds already removed and deposited in or around ant nests.
2. We assessed the number of interactions, elaiosome consumption, removal rate and distance, and the deposition location of seeds from one myrmecochorous species (*Jatropha mutabilis*) and one non-myrmecochorous species (*Commiphora leptophloeos*), as well as the abundance and viability of seeds in nests of a frequent and widely distributed seed disperser, in a goat exclusion experiment consisting of 14 pairs of plots.
3. We recorded a total of 3,011 interactions, including the removal of 26.7% of *J. mutabilis* seeds and 87.4% of *C. leptophloeos* seeds. For *J. mutabilis*, we found differences only in the number of interactions, with 53.2% of the total occurring in goat exclusion areas. For *C. leptophloeos*, no differences were found between treatments for the number of interactions, but higher removal rates were observed, with 459 seeds removed in goat exclusion areas, and a significant difference in removal distance compared to free access areas. We also observed seed removal by *D. quadriceps* over distances up to 30 meters. We found 395 seeds, 31% from nests and 69% from control areas distant from nests. Of these, 62% were found in exclusion plots and 38% in free access plots. Of the total seeds found, only 45.3% were considered viable. Seed viability was higher in goat exclusion areas, with 73% of the seeds viable, and greater in the control areas of the nests.
4. Synthesis. Our results indicate that goat exclusion can restore seed dispersal services by ants for a non-myrmecochorous species and increase the viability of a larger number of seeds. Excluding these animals increases the chances of a seed being removed from the vicinity of the mother plant and, consequently, germinating in favorable locations for the growth of new

individuals, promoting the regeneration of dry forests in environments modified by human activities.

Keywords: Extensive goat farming. *Dinoponera quadriceps*. Anthropogenic disturbances. Regeneration. Tetrazolium tests.

1 INTRODUCTION

Activities such as the extensive farming of domestic animals are widespread across the globe (Chynoweth et al., 2013; Dias, 2020). These practices are often adopted by rural and low-income communities as a means of subsistence (Jamelli et al., 2021; Pereira et al., 2004; Rito et al., 2017). However, under the extensive farming regime, animals have access to the local native vegetation (Forsyth et al., 2002; Gabay et al., 2011; Jamelli et al., 2021; Menezes et al., 2021), and their foraging behavior can cause significant damage to the vegetation, affecting individuals as well as entire communities (Capó et al., 2022; Fernández-Lugo et al., 2013; Menezes et al., 2021), with the potential to alter forest regeneration dynamics and resilience (Perevolotsky & Haimov, 1992) and the functioning of ecosystems (Gabay et al., 2011; Mancilla-Leytón et al., 2013; Menezes et al., 2021; Velamazán et al., 2020). Impacts on vegetation can also result in direct negative effects on the animal communities that interact with plants, compromising mutualistic interactions such as seed dispersal.

Secondary seed dispersal by ants, or myrmecochory, is a diverse and widespread dispersal method involving about 11,000 plant species globally (Lengyel et al., 2010). Ant-dispersed plants have lipid-rich appendages on their seeds, known as elaiosomes (Van der Pijl, 1982), which attract ants. The ants transport the seeds to their nests, where they consume the elaiosomes and deposit the seeds, typically intact, in the colony's waste sites (I. R. Leal, 2003; I. R. Leal et al., 2007; Levey & Byrne, 1993; Lôbo et al., 2011). Ants benefit from this interaction because the consumption of the elaiosome promotes the growth and reproduction of their colonies (Gammans et al., 2005; Giladi, 2006). Plants, in turn, gain multiple benefits, such as (1) seed removal from beneath the mother plant, reducing density-dependent seed predation (Vander Wall & Longland, 2004), (2) colonization of new areas (L. C. Leal, Andersen, et al., 2014; Oliveira et al., 2019), (3) seed deposition in nests, which are generally

more moist and nutrient-rich, favoring seed germination and seedling growth (Howe & Smallwood, 1982; I. R. Leal et al., 2007; Levey & Byrne, 1993), and (4) seed burial, which helps them escape predators and fire (Christian & Stanton, 2004; Kwit et al., 2012; Ness & Bressmer, 2005). Ants also play an important role in protecting seeds after dispersal, reducing damage by seed-predating insects, preserving the viability of seeds deposited in nests, and protecting seedlings recruited near the nest from herbivores (Lôbo et al., 2011; Passos & Oliveira, 2004). Additionally, ants can remove non-myrmecochorous seeds that possess some attractant that lures the ants (Christianini et al., 2007). This is particularly important in defaunated environments, where primary dispersers are often scarce or absent, and ants can help compensate for the loss of primary dispersers, such as birds, by promoting the secondary dispersal of non-myrmecochorous seeds (Camargo et al., 2016), providing the same benefits to these seeds as they do to myrmecochorous seeds. In this way, ants are essential for the recruitment of new individuals in plant populations, influencing ecosystem regeneration dynamics and resilience (Christianini et al., 2007; Handel & Beattie, 1990; I. R. Leal et al., 2007, 2015; L. C. Leal, Andersen, et al., 2014; Oliveira et al., 2019).

Among the animals raised extensively, goats stand out for their resilience and rapid adaptation to adverse climatic and environmental conditions (Vahidi et al., 2014). However, goats can have negative effects on seed dispersal by ants, impacting fruit production by consuming the plants (Baraza & Valiente-Banuet, 2008; Muñoz-Gallego et al., 2022) or by consuming seeds before they are removed by ants, thereby reducing the number of interactions between ants and seeds (Pol et al., 2017, 2022). Goats may also remove the elaiosomes from myrmecochorous seeds, making them less likely to be removed by ants (Reifenrath et al., 2012). Post-dispersal processes can also be negatively affected by goats, as they consume seeds that have already been removed and deposited in nests, which are favorable for

germination (Pol et al., 2014). Through trampling, goats can also destroy ant nests (I. R. Leal et al., 2003; Parente & Maia, 2011), reducing the number of colonies and the activity of ants in collecting and protecting seeds (Pol et al., 2017, 2022), thereby compromising the efficiency of seed dispersal and interfering with ant movement and seed fate. Thus, depending on the intensity of goat grazing, these animals can compromise the services provided by ants, as well as the subsequent processes following seed dispersal, affecting plant regeneration and ecosystem resilience (Fernández-Lugo et al., 2013; Lins et al., 2022; Mancilla-Leytón et al., 2013; Perevolotsky & Haimov, 1992).

The dry forest of the Caatinga, located in the Northeast region of Brazil, is the largest and most diverse patch of dry forest in the Neotropics (J. M. C. Silva et al., 2017), including various species of plants (Zappi et al., 2015) and animals (Garda et al., 2018). Like other dry forests around the world, the Caatinga plays a crucial role in the survival of millions of people who depend on forest resources for their livelihoods (J. M. C. Silva et al., 2017; Tabarelli et al., 2023). Activities such as slash-and-burn agriculture, which leads to habitat loss, as well as the extraction of timber and non-timber forest products, extensive farming of domestic animals, and hunting in remaining areas are widespread in the Caatinga (Arnan et al., 2018; Marinho et al., 2016; Martins Borges et al., 2023; Melo, 2017; Rito et al., 2017). Among domestic animals, the extensive farming of goats stands out, as it has been established in the region since the arrival of the Portuguese in the 16th century and has demonstrated excellent adaptation (Formiga et al., 2020; Rosa et al., 2017), providing a source of income for the local population (Jamelli et al., 2021; Melo, 2017; Menezes et al., 2021). With approximately 12 million goats in Brazil, about 95% of the national herd is concentrated in the Northeast region, which includes the Caatinga (Magalhães et al., 2021). Due to the high number of goats raised extensively, often exceeding recommended stocking rates (Aquino et al., 2016), there can be

significant impacts on plant and animal communities (Gabay et al., 2011; Lins et al., 2022; Mancilla-Leytón et al., 2013; Menezes et al., 2021), affecting ecological interactions. Thus, the Caatinga presents an interesting scenario for investigating the possible effects of extensive goat farming on ecological interactions and the dynamics of regeneration and resilience of the forest.

In this study, we investigated how the exclusion of goats can recover seed dispersal by ants and the protection of seeds that have already been removed and deposited in ant nests and their surroundings. Specifically, we compared the number of interactions between seeds and ants, the consumption of elaiosome, the rate and distance of removal, and the fate of seeds mediated by ants. To achieve this, we used the myrmecochorous species *Jatropha mutabilis* and the non-myrmecochorous species *Commiphora leptophloeos*. Additionally, we compared the abundance and viability of seeds in nests of the ant *Dinoponera quadriceps*, a highly abundant and widely distributed seed-dispersing ant species in the Caatinga (I. R. Leal, 2003; I. R. Leal et al., 2017), in areas with goat exclusion and areas with free access to goats. Our hypothesis is that the exclusion of goats recovers the seed dispersal and post-dispersal services provided by ants to plants, which would be negatively affected by the presence of goats. We expect to find that the number of interactions between seeds and ants (1), the number of interactions involving the consumption of elaiosome (2), the rate of removal (3), the distance of removal (4), and the percentage of seeds in ant nest areas and near ant nests (5) will be greater in plots where goats were excluded than in plots with free access. We also expect that the abundance (6) and viability of seeds (7) will be greater in ant nests than in control areas distant from the nests and (8) that the difference in seed abundance and viability between nests and controls will be greater where goats have free access.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Study área:

The study was conducted in the Catimbau National Park, located between the coordinates 8°24'00" and 8°36'35" South latitude and 37°00'30" and 37°10'40" West longitude, covering an area of 670 km² in the Northeast region of Brazil (Fig. 1A). According to the Köppen climate classification, the predominant climate in the region is Bsh, transitioning to the rainy tropical type AS', with an average temperature of 23°C, approximately six months of the dry season, and a rainy period between March and June (Menezes et al., 2021; Rito et al., 2017). The average annual precipitation ranges from 480 to 1100 mm, being irregular in both space and time. The predominant soils are quartzitic sands, found in about 70% of the Park (Menezes et al., 2021). The Park hosts various phytophysionomies, from tree-like caatinga in areas with higher precipitation to shrub vegetation with cacti and bromeliads in drier regions with rocky outcrops (Rito et al., 2017).

The Catimbau National Park was created in 2002, but part of the local population has not yet received compensation and continues to practice slash-and-burn agriculture for food and fodder production, in addition to relying on the exploitation of timber, non-timber forest products, and extensive farming of domestic animals, such as goats, for their subsistence (Jamelli et al., 2021; Menezes et al., 2021; Rito et al., 2017). Regarding goat farming in the Park, a study conducted in 81 households found that 55% of respondents raised goats extensively, with an average of 22 animals per household (Jamelli et al., 2021).

2.2 Experimental design

To evaluate the effect of goat exclusion on the recovery of seed dispersal and post-dispersal services provided by different ant species to plants, we conducted the study in a goat

exclusion experiment established in 2015 as part of the Long-Term Ecological Project developed in the Park (PELD-Catimbau, <https://www.peldcatimbau.org>). The experiment consists of 28 paired plots of 20 m × 20 m (0.04 ha), with 14 plots where goats were experimentally excluded (exclusion plots) using barbed wire fences with nine strands, while in the other 14 plots, goats have free access (free-access plots), which only have two strands of barbed wire to prevent access by larger animals like cattle (Fig. 1B-C; see also Lins et al., 2022, and Menezes et al., 2021). At the time of the establishment of the plots, there were no differences in the number of individuals, richness, and composition of woody plant species between the plots with and without goats (Menezes et al., 2021).

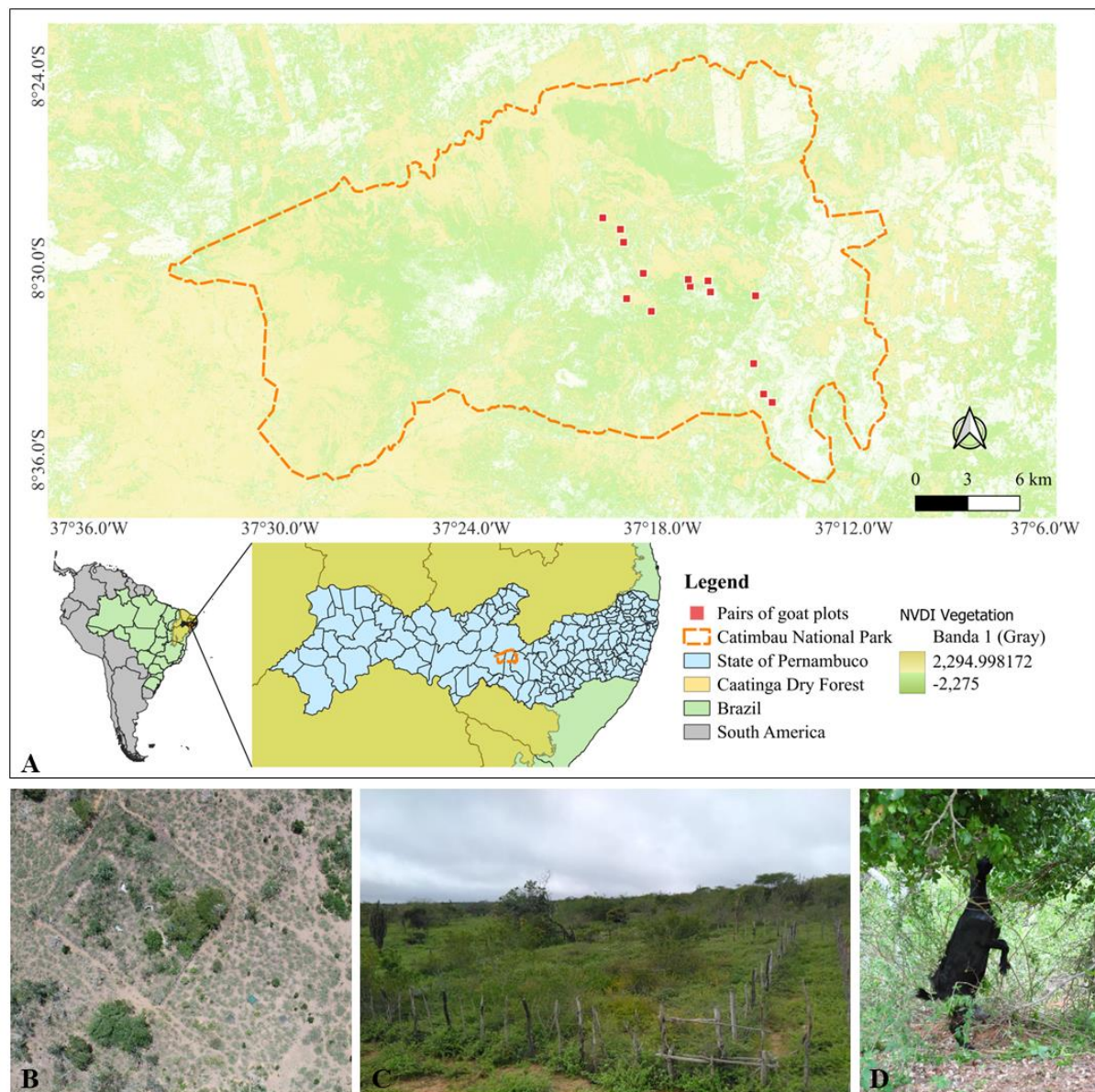


Figure 1: Location of the plots in Catimbau National Park in the state of Pernambuco, Northeast Brazil (A); paired exclusion and free-access plots for goats (B and C); and grazing by goats (vegetation consumption) (D). Photos: Jens Brauneck (B); Mikael Castro (C, D).

2.2.1 Studied species

To conduct the seed removal experiments by ants, we used seeds of *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. (Euphorbiaceae), a native myrmecochoric species widely distributed in the park, which is little used by the local population and not very palatable to animals like goats. The seeds of *J. mutabilis* have an elaiosome, a lipid-rich structure that is very attractive to ants (Anjos et al., 2020; I. R. Leal et al., 2007). We also used seeds of *Commiphora leptophloeos* (Mart.)

J.B. Gillett (Burseraceae), a non-myrmecochory species that is also native, less abundant, and rare in certain locations but of great economic importance to the local population, being used in wooden handicrafts and palatable to animals such as goats. The seeds of *C. leptophloeos* are arillate, primarily dispersed by birds but also removed by ants when they reach the ground. The seeds were collected from the plant during the final maturation period, before they fell to the ground.

2.2.2 Seed Dispersal Experiment

To characterize and quantify the seed dispersal rate by ants in each of the 28 plots, with and without goats, we installed nine observation stations in each plot. These stations were distributed so that they were 5 meters apart within each plot and 10 meters apart between the two paired plots. At each observation station, we placed five seeds of *Jatropha mutabilis* and four seeds of *Commiphora leptophloeos* (i.e., we were unable to collect the same amount of seeds as *J. mutabilis* and reduced one seed at each station), which were arranged on white filter paper (6 cm x 6 cm) to facilitate visualization on the leaf litter (L. C. Leal, Andersen, et al., 2014) (Figure S1). The stations were set up at 6:00 AM and checked at half-hour intervals from 6:30 AM to 6:00 PM. At the end of the observation period, we recorded the number of seeds removed from each plot (L. C. Leal, Andersen, et al., 2014). The study was initially conducted with seeds of *J. mutabilis* and later with *C. leptophloeos* during the rainy season of 2022 and 2023, respectively.

The behavior of ants towards the diaspores was classified into three categories of interaction: (1) inspection or manipulation of the seed without consumption of the elaiosome or removal of the seed; (2) consumption of the elaiosome without removal of the seed; and (3) removal of the seed (L. C. Leal, Andersen, et al., 2014; Oliveira et al., 2019). We recorded the number of

events in each of these categories and considered the sum of these three categories as the total number of interactions. In the case of seed removal, the ants were followed until they reached their nests or disappeared into the litter layer. At that point, the distance of removal and the location of deposition or loss of the seed were recorded (I. R. Leal et al., 2007). The removed seeds were not replaced. In cases where seeds were removed without the interaction being observed, we included them in the removal rate and recorded the distance from where the seed was found, but we did not identify the species of ant responsible for such an event (L. C. Leal, Andersen, et al., 2014). The seed dispersal experiments were conducted daily in the two plots of each pair (with and without goats) until data from all 28 plots were sampled during the rainy season. Photographic records of the interactions were made, and some unidentified ants in the field were collected to assist in the identification process in the laboratory.

2.2.2 Post-seed dispersal

To evaluate the post-dispersal services provided by ants, we used the species *Dinoponera quadriceps* as a model because it is an abundant and widely distributed species in the study area, interacting with seeds from different species and serving as a high-quality disperser in the Caatinga regions (L. C. Leal, Andersen, et al., 2014; Oliveira et al., 2019). In each of the 28 plots, both with and without goats, active searches were conducted to locate the nests of *D. quadriceps*, which were mapped and marked for later sampling (Figure S2).

To evaluate the protection that ants provide against seed predators, we established two 1 m² squares, one near the entrance of *D. quadriceps* nests and another 3 m away from the nest, which was used as a nest control (Figure S3). To collect the seeds, soil samples were taken to a depth of 5 cm at both locations (nest and nest control) (Adapted from Lôbo et al., 2011).

The soil samples were sifted through a fine mesh sieve, and then a stereomicroscope was used

to separate the seeds. The seeds found were identified to the species level, and those that could not be identified were classified and designated as morphospecies.

To verify the viability of seeds collected from *D. quadriceps* nests and control areas, tests were conducted using Tetrazolium Chloride (TTC) (França-Neto & Krzyzanowski, 2019). Initially, tests were performed with some seeds collected from the study area to determine the time required to break the dormancy of the seeds and the staining process with Tetrazolium Chloride. Considering that we had no information on the exposure time of the collected seeds, we assumed that most of them had already undergone a process of seed coat wear, resulting in seed scarification. After identifying the ideal time, we adopted the following treatment for all collected seeds: the seeds were immersed in distilled water for 12 hours, and then longitudinal cuts were made to expose the embryo. The Tetrazolium Chloride was diluted to 0.075%, and the seeds were immersed in this solution, then placed in an incubator at 35°C for 4 hours (Dantas et al., 2015). After incubation, the seeds were washed in running water for embryo observation, being classified as viable when a slightly reddish spot was formed on the seed tissue or non-viable when no spots were formed or when the coloration became excessively reddish (Azerêdo et al., 2011; Lins et al., 2022) (Figure S4).

2.3 Data analysis

To evaluate the impacts of goat exclusion on the number of interactions involving elaiosome consumption (summing the nine stations), the removal rate (percentage of seeds removed relative to the total offered), and the dispersal distance (mean value of removal events) per plot (response variables), generalized linear mixed models (GLMMs) were used with treatment (exclusion and free access) as the explanatory variable. For the interaction count data, a Poisson distribution was utilized, while a Binomial distribution was used for the

removal rate and a Gaussian distribution was employed for the mean dispersal distance. To assess the impacts of goats on seed fate (nest, leaf litter, and exposed soil), GLMMs were also used with exclusion and free access as explanatory variables, including plot pairs as random factors.

To assess the effects of goat exclusion on the abundance and viability of seeds present in nest areas compared to control areas (distant from the nest), GLMMs were also constructed, using the total number of seeds (abundance) and the proportion of viable seeds (viability) as response variables, and treatment, seed location (nest or control area) within the plots, and the interaction between these two variables as explanatory variables. A Poisson distribution was used for the total number of seeds, while a Binomial distribution was applied for the proportion of viable seeds. In all models, we included the plot pair as a random factor due to the paired nature of the experimental design. All analyses were performed using the R program (R Core Team, 2023).

3 RESULTS

3.1 Seed dispersal

For *Jatropha mutabilis*, we recorded a total of 963 interactions between ants and seeds, with 512 in goat exclusion areas (53.2%) and 451 in free-access areas (46.8%). Among the ant species, *Dinoponera quadriceps* had the highest number of interactions, totaling 116 occurrences, followed by *Ectatomma muticum*, with 114 interactions, and *Pheidole* sp. 7, with 108 interactions (12%, 11.8%, and 11.2%, respectively). The total number of interactions was greater in goat exclusion areas than in free-access areas (Table 1; Fig. 2A).

Of the total interactions, 48.8% involved the consumption of the elaiosome in situ, that is, without the removal of the seed. The most frequent species in this type of interaction were *Ectatomma muticum*, *Pheidole* sp. 7, and *Pheidole* sp. 8, accounting for 19.1%, 18%, and 17.9% of the interactions, respectively. No differences were observed in elaiosome removal in the presence or absence of goats (Table 1; Fig. 2B).

Regarding the removal rate, 26.7% of the 1,260 *J. mutabilis* seeds offered were removed, with 47% of these removals occurring in the exclusion plots and 53% in the free access plots. Among the ant species observed (Table S1), *Dinoponera quadriceps* was the species that removed the most seeds, accounting for 26.5% of the seeds removed, of which 86.5% were long-distance events ranging from 1 to 25 meters. *Ectatomma muticum* removed 10 seeds (3%), predominantly in short-distance events (less than 1m). Of the seeds found outside the observation station but without a recorded removal event, 72 seeds (21.4%) were removed at short distances (less than 30 cm), while another 164 dispersed seeds were not found (49%). No differences were found in the removal rate and distance between the plots with and without goats (Table 1; Fig. 2C and D, respectively).

Regarding the fate of the seeds, of the 336 seeds removed, only 171 (51%) had their deposition location identified, whether with or without the observation of the seed removal event. Among the seeds found, 45% were deposited in the nests of *D. quadriceps*, 30% in exposed soil, and 25% in leaf litter. The remaining 165 seeds (49%) were not found. In relation to the destinations of the seeds, there was also no difference in the deposition location in the presence or absence of goats (Fig. 3).

Table 1: Effects of goat exclusion on the number of ant-seed interactions, elaiosome consumption, removal rate and distance, and seed deposition location of *Jatropha mutabilis* in the 14 paired plots with and without the presence of goats in a dry caatinga forest in the Catimbau National Park. (FV) represents the ranges of variation, (M) the mean, and (SD) standard deviation.

Response variables / Treatment (metrics)	Exclusion		Fre access		Test value	P - Value
	FV	M ± DP	FV	M ± DP		
Number of interactions	9 - 63	36,5 ± 15,7	9 - 74	32,2 ± 18,4	$\chi^2=3.88$	0.04
Number of interactions with elaiosome consumption	4 - 28	17,5 ± 7,9	1 - 34	16,0 ± 9,9	$\chi^2=0.86$	0.35
Removal rate (%)	0 - 26	11,1 ± 8,7	0 - 34	10,9 ± 11,9	$\chi^2=0.55$	0.45
Removal distance (m)	0 - 15	0.73 ± 2.53	0 - 25	0.90 ± 2,92	$\chi^2=0.29$	0.58
Seeds deposited in the nest (%)	0 - 25	3,14 ± 7,0	0 - 16	2,35 ± 4,8	$\chi^2=2.70$	0.10
Seeds deposited on exposed soil (%)	0 - 9	1,5 ± 3,0	0 - 10	2,0 ± 2,8	$\chi^2=1.33$	0.24
Seeds deposited in the litter (%)	0 - 6	1,0 ± 2,2	0 - 23	2 ± 6,0	$\chi^2=0.03$	0.85

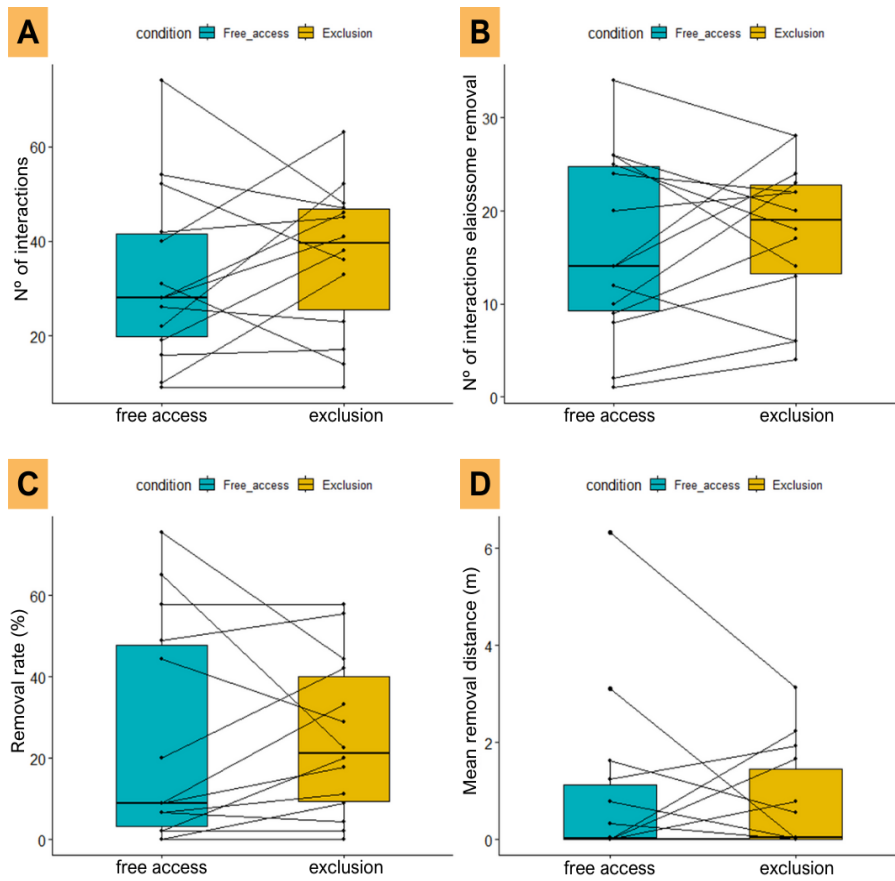


Figure 2: Boxplots showing the effects of goat exclusion on the total number of ant-seed interactions of *Jatropha mutabilis* (A), elaiosome consumption (B), removal rate (C), and distance of seed removal (D) in the 14 paired plots with and without goats in the Catimbau National Park, Northeast Brazil.

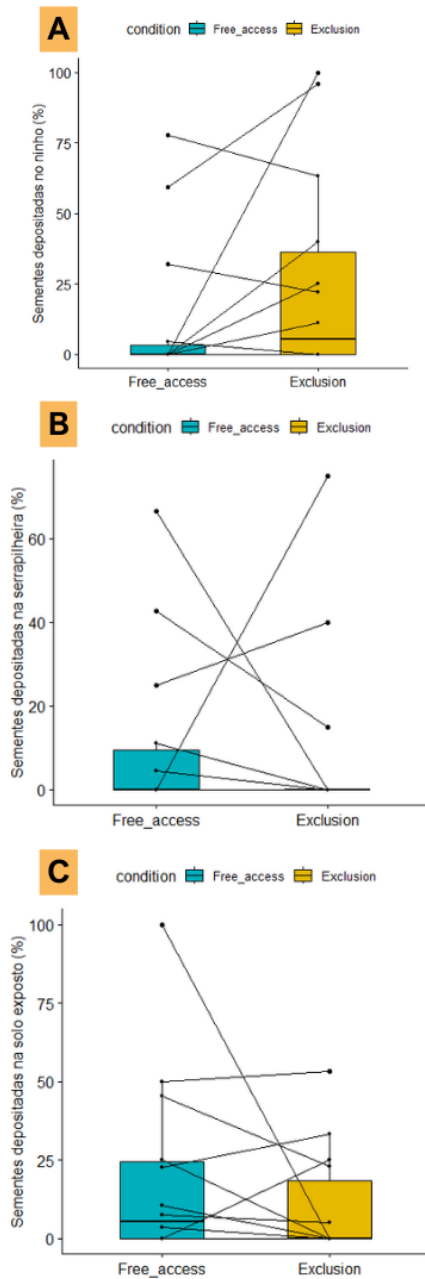


Figure 3: Boxplots showing the effects of goat exclusion on the destination of *Jatropha mutabilis* seeds regarding the deposition site: in ant nests (A), in the litter layer (B), and on exposed soil (C), in the 14 paired plots with and without goats in the Catimbau National Park, Northeast Brazil.

Switching to *Commiphora leptophloeus*, we recorded a total of 2048 interactions between ants and seeds, with 1002 (49%) in goat exclusion areas and 1046 (51%) in free access areas. *Dinoponera quadricaps* led with 524 interactions, followed by *Pheidole* sp. 2 with 467 interactions and *Pheidole* sp. 3 with 304 interactions (25.5%, 23%, and 15%, respectively).

We found no differences in the total number of interactions between the plots with and without goats (Table 2; Figure 4A).

Of the total interactions, 34% involved the consumption of the elaiosome in situ, without the removal of the seed. The most frequent species in this interaction were *Pheidole* sp. 2, *Pheidole* sp. 3, and *Solenopsis* sp. 1, with 39%, 26%, and 16% of the interactions, respectively. No differences were found in the removal of the elaiosome (Fig. 4B).

Regarding seed removal, 87.4% of the 1008 *C. leptophloeos* seeds used were removed, with 52% of the removals occurring in the exclusion plots and 48% in the free access plots. Of the ant species observed (Table S1) that removed the largest number of seeds, *D. quadriceps* was the one that removed the most seeds, being responsible for the removal of 55.1% of the seeds, of which 98.1% were long-distance events between 1 and 30 m. *E. muticum* removed 8.5% of the seeds, of which 21.3% were also long-distance events between 1 and 3 m. Of the 319 seeds removed (36.2%) that we did not observe the removal event, 43 seeds (5%) were found in the vicinity of the station, and another 276 seeds (31.3%) were not found. Differences were found in removal rate and removal distance, both greater for goat exclusion areas (Fig. 4C and D, respectively).

Of the 881 *C. leptophloeos* seeds removed, we were able to record the fate of 601 seeds (68.2%). Among the seeds found, 77.9% were deposited in ant nests, of which 98.7% were deposited in *D. quadriceps* and *E. muticum* nests, 14% were deposited in exposed soil, and 8.1% of the seeds were deposited in leaf litter. The remaining 280 seeds (32%) were not found. Regarding the fate of the seeds, there was a higher frequency of seeds being taken to *D. quadriceps* nests in the goat exclusion plots (Fig. 5).

Table 2: Effects of goat exclusion on the number of ant-seed interactions, elaiosome consumption, removal rate and distance, and deposition site of *Commiphora leptophloeos* seeds in 14 pairs of plots with and without goats in a dry caatinga forest in Catimbau National Park. (FV) represents the variation ranges, (M) the mean, and (SD) the standard deviation.

Response variables / Treatment (metrics)	Exclusion		Fre access		Test value	P - Value
	FV	M ± DP	FV	M ± DP		
Number of interactions	44 – 102	71,5 ± 21,19	38 - 148	74,7 – 32,0	$\chi^2=0.94$	0.33
Number of interactions with elaiosome consumption	3 – 59	23 ± 17,42	4 - 128	26,6 ± 31,6	$\chi^2=3.76$	0.05
Removal rate (%)	18 – 40	31,9 ± 5,96	6 - 39	30,1 ± 11,8	$\chi^2=4.10$	0.04
Removal distance (m)	0 – 30	4,01 ± 4,91	0 - 30	2,35 ± 4,97	$\chi^2=4.85$	0.04
Seeds deposited in the nest (%)	1 – 34	20,2 ± 11,4	0 - 29	13,2 ± 8,6	$\chi^2=8.11$	0.004
Seeds deposited on exposed soil (%)	0 – 20	3,14 ± 5,05	0 - 9	2,85 ± 3,0	$\chi^2=0.15$	0.6
Seeds deposited in the litter (%)	0 - 7	1,9 ± 2,5	0 - 6	1,5 ± 1,7	$\chi^2=0.02$	0.8

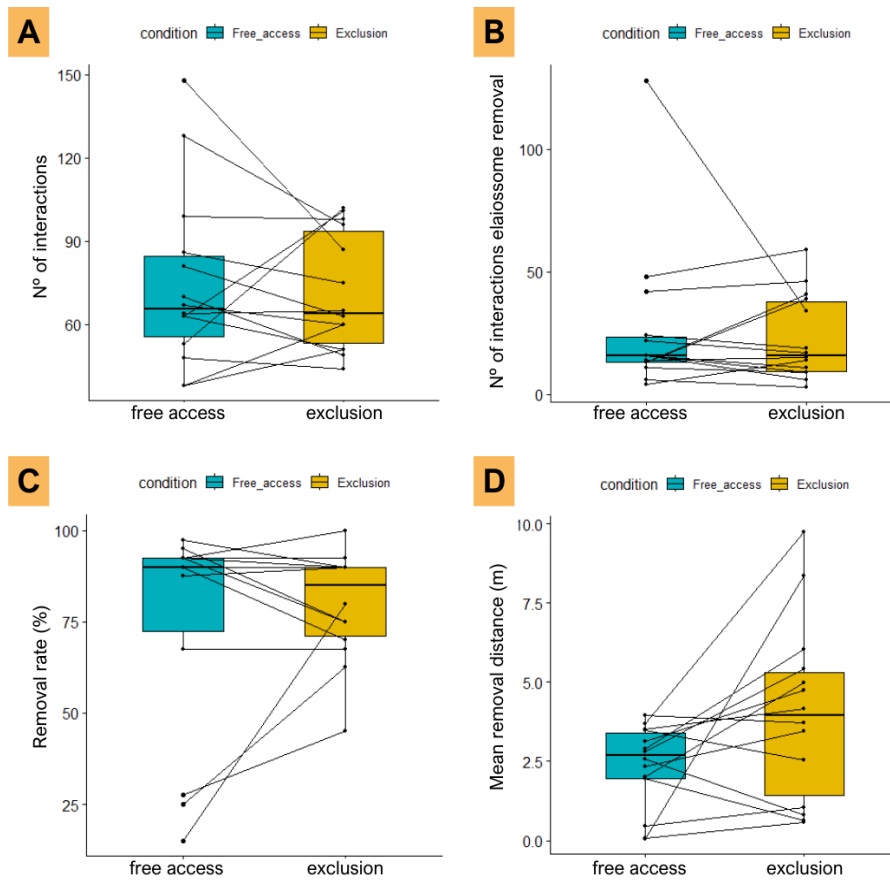


Figure 4: Boxplots showing the effects of goat exclusion on the total number of ant-seed interactions of *Commiphora leptophloeus* (A), elaiosome consumption (B), removal rate (C) and seed removal distance (D) in the 14 pairs of plots with and without goats in Catimbau National Park, Northeastern Brazil.

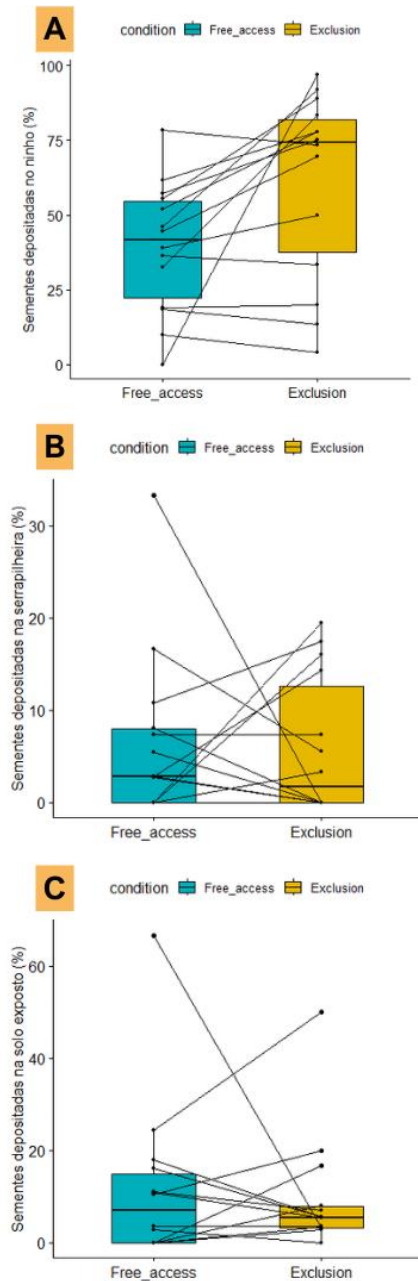


Figure 5: Boxplots showing the effects of goat exclusion on the fate of *Commiphora leptophloeos* seeds in terms of deposition site, in ant nests (A), in the litter layer (B) and in the exposed soil (C), in the 14 pairs of plots with and without goats in Catimbau National Park, Northeastern Brazil.

3. 2 Post-seed dispersal

In total, 395 seeds were found, of which 62% were in the goat exclusion plots and 38% in the free access plots. Among all plots, 31% of the seeds came from *D. quadriceps* nests, while 69% were found in control areas distant from the nests. The most abundant seeds, both in the

plots with and without goats, belonged to the species *Pityrocapra moniliformis*, with 155 seeds (39.2%), *Cenostigma microphyllum* and *Commiphora leptophloeos*, both with 41 seeds (10.4%), and *Byrsonima gardneriana*, with 23 seeds (5.8%) (Table S2). In the exclusion plots, 67 seeds were found in *D. quadricaps* nests (27.4%) and 177 seeds in the control distant from the nests (72.6%). In the free access plots, 55 seeds were present in the nests of *D. quadricaps* (36.4%), and 96 seeds were found in the control distant from the nests (63.6%). No differences in seed abundance were detected between nests and control areas distant from the nests or between plots with and without goats. Furthermore, no interactive effect was found between treatments and seed location (Table 3; Fig. 6A).

Finally, for seed viability, among the 395 seeds found in nests and in control areas distant from *D. quadricaps* nests, only 45.3% of the seeds were considered viable. Of these, 73% came from exclusion plots and 27% from free access plots. Of the 179 viable seeds, 33% came from *D. quadricaps* nests and 67% from control areas distant from the nests. However, no differences were found between the number of viable seeds between the plots with and without goats (Fig. 6B). Regarding seed viability in the exclusion plots, 34 came from *D. quadricaps* nests (26.1%) and 96 seeds came from the control distant from the nest (73.9%). In the free access plots, 25 seeds came from *D. quadricaps* nests (51%) and 24 seeds came from the control distant from the nests (49%). Higher seed viability was observed in control areas distant from *D. quadricaps* nests collected in goat exclusion areas compared to nests (Fig. 7).

Table 3: Effects of goat exclusion on seed abundance, proportion of viable seeds and difference in seed abundance and viability found in *Dinoponera quadricaps* nests and in control areas distant from the nests in 14 pairs of plots with and without goats, in a dry

caatinga forest in Catimbau National Park. (FV) represents the variation ranges, (M) the mean and (SD) the standard deviation.

Response variables / Treatment (metrics)		Exclusion		Free access		Test value	P - value
		FV	M $\pm$ DP	FV	M $\pm$ DP		
Abundance of seeds		1 - 94	17,42 $\pm$ 24,0	1 - 35	11,6 $\pm$ 12,2	$\chi^2=0.5267$	0.468
Proportion of viable seeds		0 - 65	16.25 $\pm$ 20.67	0 - 14	6.12 $\pm$ 5.01	$\chi^2=0.0546$	0.815
Seed viability	Nests	0 - 13	4,8 $\pm$ 4,6	0 - 11	3,5 $\pm$ 3,6	$\chi^2=8.86$	0.002
	Nest control	0 - 65	13,7 $\pm$ 23,5	0 - 12	4 $\pm$ 4,8		

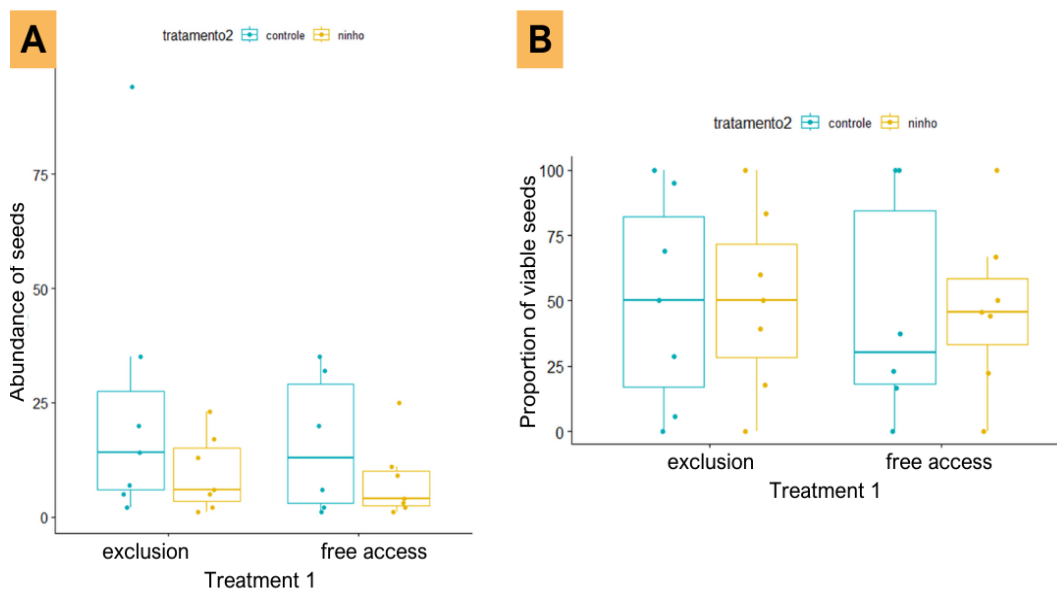


Figure 6: Boxplots showing the effects of goat exclusion on seed abundance (A) and proportion of viable seeds (B) in the 14 pairs of plots with and without goats in Catimbau National Park, Northeastern Brazil.

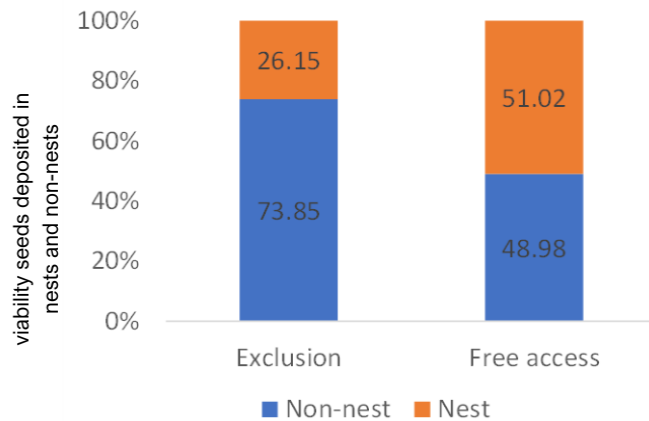


Figure 7: Effects of goat exclusion on the viability of seeds deposited in *D. quadriceps* nests and in control areas distant from the nests in 14 pairs of plots with and without goats in Catimbau National Park, Northeastern Brazil.

4 DISCUSSION

Our results suggest that goat exclusion can restore the seed dispersal service provided by ants in Caatinga areas, especially for non-myrmecochorous species. In sites where goats were experimentally excluded, we observed higher rates and distances of removal of *C. leptophloeos* seeds, frequently deposited in *Dinoponera quadriceps* nests, providing favorable conditions for seed germination and seedling recruitment. In the case of *J. mutabilis*, a myrmecochorous species, we observed a higher number of interactions between ants and seeds in areas where goats were excluded. However, this did not result in an improvement in the quality of the seed dispersal service. *D. quadriceps* was responsible for removing most of the seeds, transporting them up to 30 meters and depositing them in their nests. Regarding post-dispersal, seed availability in nests and control areas, distant from the nests, was similar. However, seed viability was lower in areas where goats had free access, regardless of whether they were in the nest or not.

The results support the idea that extensively raised domestic animals can influence ecological interactions and ecosystem functioning (Gabay et al., 2011; Mancilla-Leytón et al., 2013; Menezes et al., 2021; Velamazán et al., 2020). They also indicate that the effects of these animals on ants are indirect, since they do not feed on ants, but alter the source of food resources (Andersen, 1995; Pol et al., 2022) and nesting sites (Tadey & Farji-Brener, 2007). Reported effects include changes in the distribution of ant nests and reduced interactions with seeds in areas of higher grazing intensity (I. R. Leal et al., 2017; L. C. Leal, Andersen, et al., 2014). Our findings reinforce studies that indicate negative effects of domestic animals on seed banks and viability (Gonzalez & Ghermandi, 2021; Pol et al., 2014; Tessema et al., 2012). Although goats are considered important seed dispersers in dry forests (Baraza &

Valiente-Banuet, 2008; Sena et al., 2021), most articles reporting this positive effect on seed viability and increased germination after passing through the digestive tract of these animals involve exotic species, such as *Prosopis juliflora*. On the other hand, ingestion can significantly reduce the viability of other seeds (Mancilla-Leytón et al., 2012), promoting domestic animals as potential agents of plant diversity loss (de Souza Nascimento et al., 2020; Sena et al., 2021).

The hypothesis tested regarding the effect of goat exclusion on the recovery of ant-mediated seed dispersal was confirmed, specifically for non-mymecochoric seeds of the species *C. leptophloeos*. We observed higher rates and distances of seed removal by high-quality seed dispersers, mainly by *D. quadriceps*, reaching distances of up to 30 meters, according to the average of its foraging area (de Lima Vieira et al., 2024), and which remains the main seed collector and transporter (L. C. Leal, Neto, et al., 2014). *Comiphora leptophloeos*, an ornithochoric species, depends mainly on birds for seed dispersal. However, in their absence, ants emerge as crucial agents, providing seed dispersal services and mitigating the impact of the loss of primary seed dispersers due to habitat degradation (Camargo et al., 2016). This result highlights the importance of *D. quadriceps* in seed dispersal in dry forests, as previously reported (L. C. Leal, Andersen, et al., 2014; Oliveira et al., 2019). The contributions of *D. quadriceps* to plants go beyond the removal and transport of seeds over long distances, extending to their destination, mainly in nests. This service not only facilitates conditions favorable for germination (I. R. Leal, 2003; I. R. Leal et al., 2007) but also acts to protect seeds against rodents and fires, factors that could compromise their survival (Christian & Stanton, 2004; Kwit et al., 2012; Ness & Bressmer, 2005).

The absence of differences in the abundance of *D. quadriceps* between areas with and without goats, together with no differences in the species composition of the ant community (Neves et al. 2022, unpublished data), suggests that the recovery in seed dispersal of *C. leptophloeos* after the exclusion of goats may be related to changes in ant behavior. It is possible that, in the presence of goats, *D. quadriceps*, the main species interacting with seeds, reduces its foraging areas due to the more open and desiccated conditions generated by pasture (I. L. H. Silva et al., 2019). This possible reduction in the interaction between *D. quadriceps* and seeds may result in decreased seed removal rates and distances. Indeed, Silva and collaborators (2019) showed that the increase in chronic anthropogenic disturbances, including grazing by goats, leads to changes in the foraging behavior of ants in the same study area. In another study, Câmara et al. observed a reduction in the number of interactions between ants and plants with extrafloral nectaries, lower specialization and temporal stability in response to increased chronic anthropogenic disturbances and aridity, and suggested changes in ant behavior as an explanatory mechanism, given that they did not identify changes in the ant community that interacted with plants (Câmara et al., 2018, 2019). Surprisingly, despite the exclusion of goats, we did not observe a recovery in the dispersal service of *J. mutabilis*. It is possible that *C. leptophloeos* is more attractive to ants than *J. mutabilis*, given that the mass of the aril that acts as an elaiosome is greater, as observed by Leal et al. (2014), in which dispersers of high-quality seeds demonstrate a preference for seeds with greater elaiosome mass as a reward. Therefore, larger ants can carry larger seeds, with larger elaiosomes (L. C. Leal, Neto, et al., 2014) and for greater distances (I. R. Leal et al., 2007; Takahashi & Itino, 2015). Furthermore, we noticed that the seeds of *C. leptophloeos* remained moist throughout the day, while those of *J. mutabilis* dried with exposure at the observation station, although this remains speculative.

The lack of difference in seed abundance between *D. quadriceps* nests and control areas, in both plots (with and without goats), can be attributed to the predominance of autochoric seeds. These seeds do not present structures attractive to ants, explaining the absence of accumulation in the nests, as observed in previous studies (Lôbo et al., 2011; Passos & Oliveira, 2004). Notably, we observed a scarcity of seeds in *D. quadriceps* nests compared to previous studies (I. R. Leal et al., 2017), possibly due to the presence of many species with abiotic dispersal in our set of plots, such as *Pityrocapra moniliformis* and *Cenostigma microphyllum*.

Goats prefer larger seeds (Gonçalves et al., 2020; Santos et al., 2008), leaving smaller seeds vulnerable, which may have their viability compromised by other factors, such as trampling by these animals (Hulme & Borelli, 1999), as observed in the free-access plots. This reduction in viability was evident in both nests and nest control areas. In addition to the direct impact, goats exert an indirect influence by feeding on local vegetation (Forsyth et al., 2002; Gabay et al., 2011; Jamelli et al., 2021; Menezes et al., 2021), resulting in biomass loss (Santos et al., 2022, unpublished data), as evidenced in studies in the same exclusion and free-access plots in which we worked. With less vegetation and, therefore, greater sun exposure, the seeds present may experience an increase in temperature, reducing their viability (Ooi, 2012).

In summary, the negative impacts caused by goats on seed dispersal and post-dispersal can have negative long-term implications for vegetation regeneration. The pervasive presence of these animals can favor only species tolerant to their grazing (Ramos et al., 2023). The reduction of the seed bank, aggravated by the loss of viability resulting from direct and indirect grazing by goats, significantly minimizes the chances of seed survival and germination (Vanderlei et al., 2022). In addition, germinated seedlings are susceptible to

consumption by these animals (Lins et al., 2022). In contrast, the exclusion of these animals can result in the recovery of these services, as observed in a regeneration chronosequence (Oliveira et al., 2024). Therefore, reducing stocking rates or creating goat exclusion zones are necessary measures to promote vegetation regeneration and the resilience of the Caatinga dry forest.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Andersen, A. N. (1995). A Classification of Australian Ant Communities, Based on Functional Groups Which Parallel Plant Life-Forms in Relation to Stress and Disturbance. *Journal of Biogeography*, 22(1), 15–29. <https://doi.org/10.2307/2846070>
- Anjos, D. V., Leal, L. C., Jordano, P., & Del-Claro, K. (2020). Ants as diaspore removers of non-myrmecochorous plants: a meta-analysis. *Oikos*, 129(6), 775–786. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/oik.06940>
- Aquino, R. S., Lemos, C. G. de, Alencar, C. A., Silva, E. G., Lima, R. S., Gomes, J. A. F., & Silva, A. F. de. (2016). A realidade da caprinocultura e ovinocultura no semiárido brasileiro: um retrato do sertão do Araripe, Pernambuco. *PubVet*, 10(4), 271–281. https://www.researchgate.net/profile/Rafael-Santos-De-Aquino/publication/303788553_The_reality_of_sheep_and_goat_production_in_Brazilian_Semiarid_a_picture_of_Araripe_Sertao_Pernambuco/links/575249fb08ae02ac1277b7af/The-reality-of-sheep-and-goat-productio
- Arnan, X., Leal, I. R., Tabarelli, M., Andrade, J. F., Barros, M. F., Câmara, T., Jamelli, D., Knoechelmann, C. M., Menezes, T. G. C., Menezes, A. G. S., Oliveira, F. M. P., de Paula, A. S., Pereira, S. C., Rito, K. F., Sfair, J. C., Siqueira, F. F. S., Souza, D. G., Specht, M. J., Vieira, L. A., ... Andersen, A. N. (2018). A framework for deriving measures of chronic anthropogenic disturbance: Surrogate, direct, single and multi-metric indices in Brazilian Caatinga. *Ecological Indicators*, 94, 274–282. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.001>
- Azerêdo, G. A. de, Paula, R. C. de, & Valeri, S. V. (2011). Viabilidade de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. pelo teste de tetrazólio. In *Revista Brasileira de Sementes* (Vol. 33, pp. 61–68). scielo. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100007>
- Baraza, E., & Valiente-Banuet, A. (2008). Seed dispersal by domestic goats in a semiarid thornscrub of Mexico. *Journal of Arid Environments*, 72(10), 1973–1976. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.04.004>
- Câmara, T., Leal, I. R., Blüthgen, N., Oliveira, F. M. P., & Arnan, X. (2019). Anthropogenic disturbance and rainfall variation threaten the stability of plant–ant interactions in the Brazilian Caatinga. *Ecography*, 42(11), 1960–1972. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ecog.04531>
- Câmara, T., Leal, I. R., Blüthgen, N., Oliveira, F. M. P., Queiroz, R. T. d., & Arnan, X.

- (2018). Effects of chronic anthropogenic disturbance and rainfall on the specialization of ant–plant mutualistic networks in the Caatinga, a Brazilian dry forest. *Journal of Animal Ecology*, 87(4), 1022–1033. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2656.12820>
- Camargo, P. H. S. A., Martins, M. M., Feitosa, R. M., & Christianini, A. V. (2016). Bird and ant synergy increases the seed dispersal effectiveness of an ornithochoric shrub. *Oecologia*, 181(2), 507–518. <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3571-z>
- Capó, M., Cursach, J., Picorelli, V., Baraza, E., & Rita, J. (2022). Eradication of feral goats, not population control, as a strategy to conserve plant communities on Mediterranean islets. *Journal for Nature Conservation*, 65, 126108. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126108>
- Christian, C. E., & Stanton, M. L. (2004). Cryptic consequences of a dispersal mutualism: Seed burial, elaiosome removal, and seed-bank dynamics. *Ecology*, 85(4), 1101–1110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1890/03-0059>
- Christianini, A. V., Mayhé-Nunes, A. J., & Oliveira, P. S. (2007). The role of ants in the removal of non-myrmecochorous diaspores and seed germination in a neotropical savanna. *Journal of Tropical Ecology*, 23(3), 343–351. <https://doi.org/DOI:10.1017/S0266467407004087>
- Chynoweth, M. W., Litton, C. M., Lepczyk, C. A., Hess, S. C., & Cordell, S. (2013). Biology and impacts of pacific island invasive species. 9. *Capra hircus*, the feral goat (mammalia: Bovidae). *Pacific Science*, 67(2), 141–156. <https://doi.org/10.2984/67.2.1>
- Dantas, B. F., Matias, J. R., & Ribeiro, R. C. (2015). Teste de tetrazólio para avaliar viabilidade e vigor de sementes de espécies florestais da Caatinga. *Informativo Abrates*, 25(1), 60–64.
- de Lima Vieira, M. E., Teseo, S., de Azevedo, D. L. O., Châline, N., & Araújo, A. (2024). Competition through ritualized aggressive interactions between sympatric colonies in solitary foraging neotropical ants. *The Science of Nature*, 111(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s00114-024-01891-y>
- de Souza Nascimento, C. E., da Silva, C. A. D., Leal, I. R., de Souza Tavares, W., Serrão, J. E., Zanuncio, J. C., & Tabarelli, M. (2020). Seed germination and early seedling survival of the invasive species *Prosopis juliflora* (Fabaceae) depend on habitat and seed dispersal mode in the Caatinga dry forest. *PeerJ*, 8, e9607.
- Dias, S. C. S. (2020). Os impactos socioambientais e suas ameaças ao modo de vida das comunidades tradicionais de fundo de pasto na Bahia. *Oficina Do Historiador*, 13(2), e37930. <https://doi.org/10.15448/2178-3748.2020.2.37930>
- Fernández-Lugo, S., Arévalo, J. R., de Nascimento, L., Mata, J., & Bermejo, L. A. (2013). Long-term vegetation responses to different goat grazing regimes in semi-natural ecosystems: a case study in Tenerife (Canary Islands). *Applied Vegetation Science*, 16(1), 74–83. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2012.01211.x>
- Formiga, L. D. A. da S., Paulo, P. F. M. de, Cassuce, M. R., Andrade, A. P. de, Silva, D. S. da, & Saraiva, E. P. (2020). Ingestive behavior and feeding preference of goats reared in degraded caatinga. In *Ciência Animal Brasileira* (Vol. 21). scielo. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-52435>
- Forsyth, D. M., Coomes, D. A., Nugent, G., & Hall, G. M. J. (2002). Diet and diet preferences

- of introduced ungulates (Order: Artiodactyla) in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 29(4), 323–343. <https://doi.org/10.1080/03014223.2002.9518316>
- França-Neto, J. de B., & Krzyzanowski, F. C. (2019). Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. In *Journal of Seed Science* (Vol. 41). scielo. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3223104>
- Gabay, O., Perevolotsky, A., Bar Massada, A., Carmel, Y., & Shachak, M. (2011). Differential effects of goat browsing on herbaceous plant community in a two-phase mosaic. *Plant Ecology*, 212(10), 1643–1653. <https://doi.org/10.1007/s11258-011-9937-8>
- Gammans, N., Bullock, J. M., & Schönrogge, K. (2005). Ant benefits in a seed dispersal mutualism. *Oecologia*, 146(1), 43–49. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0154-9>
- Garda, A. A., Lion, M. B., Lima, S. M. de Q., Mesquita, D. O., Araujo, H. F. P. de, & Napoli, M. F. (2018). Os animais vertebrados do Bioma Caatinga. *Ciência e Cultura*, 70(4), 29–34. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000400010>
- Giladi, I. (2006). Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. *Oikos*, 112(3), 481–492. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14258.x>
- Gonçalves, L. J. B., Santo-Silva, E. E., Barros, M. F., Rito, K. F., Leal, I. R., & Tabarelli, M. (2020). The palm *Syagrus coronata* proliferates and structures vascular epiphyte assemblages in a human-modified landscape of the Caatinga dry forest. *Journal of Tropical Ecology*, 36(3), 123–132. <https://doi.org/DOI: 10.1017/S0266467420000073>
- Gonzalez, S. L., & Ghermandi, L. (2021). Overgrazing causes a reduction in the vegetation cover and seed bank of Patagonian grasslands. *Plant and Soil*, 464, 75–87.
- Handel, S. N., & Beattie, A. J. (1990). Seed Dispersal by Ants. *Scientific American*, 263(2), 76-83B. <https://doi.org/https://www.jstor.org/stable/24996901>
- Howe, F., & Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*. Volume 13, 201–228. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001221>
- Hulme, P. E., & Borelli, T. (1999). Variability in post-dispersal seed predation in deciduous woodland: relative importance of location, seed species, burial and density. *Plant Ecology*, 145(1), 149–156. <https://doi.org/10.1023/A:1009821919855>
- 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. *Journal of Arid Environments*, 190, 104532. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104532>
- Kwit, C., Marcello, G. J., Gonzalez, J. L., Shapiro, A. C., & Bracken, R. D. (2012). Advantages of Seed Dispersal for a Myrmecochorous Temperate Forest Herb. *The American Midland Naturalist*, 168(1), 9–17. <https://doi.org/10.1674/0003-0031-168.1.9>
- Leal, I. R. (2003). Dispersão de sementes por formigas na caatinga. In *Ecologia e Conservação da Caatinga* (Issue January, pp. 593–624). https://www.researchgate.net/profile/Inara_Leal/publication/289672144_DISPERSAO_DE_SEMENTES_POR_FORMIGAS_NA_CAATINGA/links/569131c608aed0aed81473e3.pdf
- Leal, I. R., Leal, L. C., & Andersen, A. N. (2015). The Benefits of Myrmecochory: A Matter

- of Stature. *Biotropica*, 47(3), 281–285. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/btp.12213>
- Leal, I. R., Ribeiro-Neto, J. D., Arnan, X., Oliveira, F. M. P., Arcoverde, G. B., Feitosa, R. M., & Andersen, A. N. (2017). *Ants of the Caatinga: Diversity, Biogeography, and Functional Responses to Anthropogenic Disturbance and Climate Change BT - Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America* (J. M. C. da Silva, I. R. Leal, & M. Tabarelli (eds.); pp. 65–95). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3_3
- Leal, I. R., Vicente, A., & Tabarelli, M. (2003). Herbivoria por caprinos na Caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. *Ecologia e Conservação Da Caatinga. Recife: Ed. Universitária Da UFPE*, 22.
- Leal, I. R., Wirth, R., & Tabarelli, M. (2007). Seed Dispersal by Ants in the Semi-arid Caatinga of North-east Brazil. *Annals of Botany*, 99(5), 885–894. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm017>
- Leal, L. C., Andersen, A. N., & Leal, I. R. (2014). Anthropogenic disturbance reduces seed-dispersal services for myrmecochorous plants in the Brazilian Caatinga. *Oecologia*, 174(1), 173–181. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2740-6>
- Leal, L. C., Neto, M. C. L., de Oliveira, A. F. M., Andersen, A. N., & Leal, I. R. (2014). Myrmecochores can target high-quality disperser ants: variation in elaiosome traits and ant preferences for myrmecochorous Euphorbiaceae in Brazilian Caatinga. *Oecologia*, 174(2), 493–500. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2789-2>
- Lengyel, S., Gove, A. D., Latimer, A. M., Majer, J. D., & Dunn, R. R. (2010). Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: A global survey. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 12(1), 43–55. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ppees.2009.08.001>
- Levey, D. J., & Byrne, M. M. (1993). Complex Ant-Plant Interactions: Rain-Forest Ants as Secondary Dispersers and Post-Dispersal Seed Predators. *Ecology*, 74(6), 1802–1812. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1939938>
- Lins, L., Santos, D., Lira, R., M. P. Oliveira, F., 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. *Forest Ecology and Management*, 522, 120491. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120491>
- Lôbo, D., Tabarelli, M., & Leal, I. R. (2011). Relocation of *Croton sonderianus* (Euphorbiaceae) seeds by *Pheidole fallax* Mayr (Formicidae): a case of post-dispersal seed protection by ants? In *Neotropical Entomology* (Vol. 40). scielo. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000400005>
- Magalhães, K. A., Holanda Filho, Z. F., & Martins, E. C. (2021). Pesquisa Pecuária Municipal 2020: rebanhos de caprinos e ovinos. *Embrapa Caprinos e Ovinos-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE)*.
- Mancilla-Leytón, J. M., Fernández-Alés, R., & Martín Vicente, A. (2012). Low viability and germinability of commercial pasture seeds ingested by goats. *Small Ruminant Research*, 107(1), 12–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.04.001>
- Mancilla-Leytón, J. M., Pino Mejías, R., & Martín Vicente, A. (2013). Do goats preserve the forest? Evaluating the effects of grazing goats on combustible Mediterranean scrub.

- Applied Vegetation Science*, 16(1), 63–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2012.01214.x>
- Marinho, F. P., Mazzochini, G. G., Manhães, A. P., Weisser, W. W., & Ganade, G. (2016). Effects of past and present land use on vegetation cover and regeneration in a tropical dryland forest. *Journal of Arid Environments*, 132, 26–33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.04.006>
- Martins Borges, A. K., Ribeiro, B. D. P., & Alves, R. R. D. N. (2023). Hunting, capture, and wildlife use by communities in a semi-arid region of Northeastern Brazil. *Human Dimensions of Wildlife*, 28(2), 187–197. <https://doi.org/10.1080/10871209.2021.2018738>
- Melo, F. P. L. (2017). *The Socio-Ecology of the Caatinga: Understanding How Natural Resource Use Shapes an Ecosystem* BT - *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America* (J. M. C. da Silva, I. R. Leal, & M. Tabarelli (eds.); pp. 369–382). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3_14
- 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. *Land Degradation & Development*, 32(1), 79–90. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ldr.3693>
- Muñoz-Gallego, R., Fedriani, J. M., Serra, P. E., & Traveset, A. (2022). Nonadditive effects of two contrasting introduced herbivores on the reproduction of a pollination-specialized palm. *Ecology*, 103(11), e3797. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ecy.3797>
- Ness, J. H., & Bressmer, K. (2005). Abiotic influences on the behaviour of rodents, ants, and plants affect an ant-seed mutualism. *Écoscience*, 12(1), 76–81. <https://doi.org/10.2980/i1195-6860-12-1-76.1>
- Oliveira, F. M. P., Andersen, A. N., Arnan, X., Ribeiro-Neto, J. D., Arcoverde, G. B., & Leal, I. R. (2019). Effects of increasing aridity and chronic anthropogenic disturbance on seed dispersal by ants in Brazilian Caatinga. *Journal of Animal Ecology*, 88(6), 870–880. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2656.12979>
- Oliveira, F. R., Oliveira, F. M. P., Centeno-Alvarado, D., Wirth, R., Lopes, A. V., & Leal, I. R. (2024). Rapid recovery of ant-mediated seed dispersal service along secondary succession in a Caatinga dry forest. *Forest Ecology and Management*, 554, 121670. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121670>
- Ooi, M. K. J. (2012). Seed bank persistence and climate change. *Seed Science Research*, 22(S1), S53–S60. [https://doi.org/DOI: 10.1017/S0960258511000407](https://doi.org/DOI:10.1017/S0960258511000407)
- Parente, H. N., & Maia, M. de O. (2011). Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, V.5(3), 13p.
- Passos, L., & Oliveira, P. S. (2004). Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. *Oecologia*, 139(3), 376–382. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1531-5>
- Pereira, H., Domingos, T., Vicente, L., Adão, H., Aguiar, C., Andrade, F., Araújo, M., Belo, C., Borges, F., Burnay, M., Cabral, H., Freitas, H., Salas, F., Martins-Loução, M. A., Marques, J., Marques, R., Mendes, A., Pereira, E., Pereira, J., & Soares, F. (2004). *Portugal Millennium Ecosystem Assessment - State of the Assessment Report*.

- Perevolotsky, A., & Haimov, Y. (1992). The effect of thinning and goat browsing on the structure and development of Mediterranean woodland in Israel. *Forest Ecology and Management*, 49(1), 61–74. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90160-B](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90160-B)
- Pol, R. G., Miretti, F., & Marone, L. (2022). Lower food intake due to domestic grazing reduces colony size and worsens the body condition of reproductive females of harvester ants. *Journal of Insect Conservation*, 26(4), 583–592. <https://doi.org/10.1007/s10841-022-00393-4>
- Pol, R. G., Sagario, M. C., & Marone, L. (2014). Grazing impact on desert plants and soil seed banks: Implications for seed-eating animals. *Acta Oecologica*, 55, 58–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.11.009>
- Pol, R. G., Vargas, Ga. A., & Maroni, L. (2017). Behavioural flexibility does not prevent numerical declines of harvester ants under intense livestock grazing. *Ecological Entomology*, 42(3), 283–293. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/een.12388>
- Ramos, M. B., Maciel, M. G. R., Cunha, S. S. da, de Souza, S. M., Pedrosa, K. M., de Souza, J. J. L. L., González, E. J., Meave, J. A., & Lopes, S. de F. (2023). The role of chronic anthropogenic disturbances in plant community assembly along a water availability gradient in Brazil's semiarid Caatinga region. *Forest Ecology and Management*, 538, 120980. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120980>
- Reifenrath, K., Becker, C., & Poethke, H. J. (2012). Diaspore Trait Preferences of Dispersing Ants. *Journal of Chemical Ecology*, 38(9), 1093–1104. <https://doi.org/10.1007/s10886-012-0174-y>
- Rito, K. F., Arroyo-Rodríguez, V., Queiroz, R. T., Leal, I. R., & Tabarelli, M. (2017). Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation. *Journal of Ecology*, 105(3), 828–838. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2745.12712>
- Rosa, C. A., de Almeida Curi, N. H., Puertas, F., & Passamani, M. (2017). Alien terrestrial mammals in Brazil: current status and management. *Biological Invasions*, 19(7), 2101–2123. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1423-3>
- Santos, G. R. de A., Batista, Â. M. V., Guim, A., Santos, M. V. F. dos, Silva, M. J. de A., & Pereira, V. L. A. (2008). Determinação da composição botânica da dieta de ovinos em pastejo na Caatinga. In *Revista Brasileira de Zootecnia* (Vol. 37). scielo .
- Sena, F. H., Schulz, K., Cierjacks, A., Falcão, H. M., Lustosa, B. M., & Almeida, J. S. (2021). Goats foster endozoochoric dispersal of exotic species in a seasonally dry tropical forest ecosystem. *Journal of Arid Environments*, 188, 104473. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104473>
- Silva, I. L. H., Leal, I. R., Ribeiro-Neto, J. D., & Arnan, X. (2019). Spatiotemporal responses of ant communities across a disturbance gradient: the role of behavioral traits. *Insectes Sociaux*, 66(4), 623–635. <https://doi.org/10.1007/s00040-019-00717-9>
- Silva, J. M. C., Leal, I. R., & Tabarelli, M. (2017). *Caatinga* (J. M. C. da Silva, I. R. Leal, & M. Tabarelli (eds.)). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3>
- Tabarelli, M., Filgueiras, B., Ribeiro, E., Lopes, A., & Leal, I. (2023). Tropical Dry Forests.

- In *Encyclopedia of Biodiversity* (pp. 1–19). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822562-2.00090-6>
- Tadey, M., & Farji-Brener, A. G. (2007). Indirect effects of exotic grazers: livestock decreases the nutrient content of refuse dumps of leaf-cutting ants through vegetation impoverishment. *Journal of Applied Ecology*, 44(6), 1209–1218. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01338.x>
- Takahashi, S., & Itino, T. (2015). Larger Seeds are Dispersed Farther: the Long-Distance Seed Disperser ant *Aphaenogaster famelica* Prefers Larger Seeds. *Sociobiology*, 59(4 SE-Articles), 1401–1411. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v59i4.888>
- Tessema, Z. K., de Boer, W. F., Baars, R. M. T., & Prins, H. H. T. (2012). Influence of Grazing on Soil Seed Banks Determines the Restoration Potential of Aboveground Vegetation in a Semi-arid Savanna of Ethiopia. *Biotropica*, 44(2), 211–219. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00780.x>
- Vahidi, S. M. F., Tarang, A. R., Naqvi, A.-N., Falahati Anbaran, M., Boettcher, P., Joost, S., Colli, L., Garcia, J. F., & Ajmone-Marsan, P. (2014). Investigation of the genetic diversity of domestic *Capra hircus* breeds reared within an early goat domestication area in Iran. *Genetics Selection Evolution*, 46(1), 27. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-46-27>
- Van der Pijl, L. (1982). *Principles of dispersal in higher plants* (Vol. 214). Springer.
- Vander Wall, S. B., & Longland, W. S. (2004). Diplochory: are two seed dispersers better than one? *Trends in Ecology & Evolution*, 19(3), 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.12.004>
- Vanderlei, R. S., Barros, M. F., Leal, I. R., & Tabarelli, M. (2022). Impoverished woody seedling assemblages and the regeneration of Caatinga dry forest in a human-modified landscape. *Biotropica*, 54(3), 670–681. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/btp.13081>
- Velamazán, M., Perea, R., & Bugalho, M. N. (2020). Ungulates and ecosystem services in Mediterranean woody systems: A semi-quantitative review. *Journal for Nature Conservation*, 55, 125837. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125837>
- Zappi, D. C., Filardi, F. L. R., Leitman, P., Souza, V. C., Walter, B. M. T., Pirani, J. R., Morim, M. P., Queiroz, L. P., & Cavalcanti, T. B. (2015). Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. In *Rodriguésia* (Vol. 66). scielo. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411>

SUPPLEMENTARY MATERIAL

TABLES

Table S1: Ant species recorded interacting with *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. (Euphorbiaceae) and *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett (Burseraceae) seeds in 14 pairs of plots with and without goats in a dry caatinga forest in Catimbau National Park.

Species	<i>Commiphora leptophloeos</i>	<i>Jatropha mutabilis</i>
<i>Acromyrmex</i> sp1		X
<i>Atta</i> sp1		X
<i>Camponotus crassus</i>		X
<i>Camponotus</i> sp1	X	X
<i>Cephalotes pusillus</i>		X
<i>Crematogaster</i> sp1	X	X
<i>Dinoponera quadricaps</i>	X	X
<i>Dorymyrmex thoracicus</i>	X	X
<i>Ectatomma muticum</i>	X	X
<i>Pheidole</i> sp.1	X	
<i>Pheidole</i> sp.2	X	
<i>Pheidole</i> sp.3	X	X
<i>Pheidole</i> sp.5	X	X
<i>Pheidole</i> sp.7		X
<i>Pheidole</i> sp.8		X
<i>Pheidole</i> sp.9		X
<i>Pheidole</i> sp.10		X
<i>Pheidole</i> sp.11		X
<i>Pheidole</i> sp.12		X
<i>Solenopsis</i> sp.1	X	
<i>Solenopsis</i> sp.2	X	
<i>Solenopsis</i> sp.3	X	X
<i>Solenopsis</i> sp.5		X
<i>Solenopsis</i> sp.6	X	

Table S2: Seeds of the species found in nests and control areas distant from the nests of *Dinoponera quadriceps* in pairs of plots, with and without the presence of goats in a dry caatinga forest in the Catimbau National Park.

Species	Nest	Nest control
<i>Byrsonima_gardneriana</i>	15	8
<i>Cenostigma_microphyllum</i>	22	19
<i>Commiphora_leptophloeos</i>	17	24
<i>Jatropha_mutabilis</i>	2	1
<i>Manihot_carthagenensis</i>	2	3
<i>Pityrocapra_moliniformis</i>	23	132
<i>Senegalia_piauhiensis</i>		20
<i>Senna_rizzinii</i>	2	2
Sp.1		1
Sp.2	3	5
Sp.5		7
Sp.8		1
Sp.11		1
Sp.12		1
Sp.14	1	1
Sp.15		21
Sp.16	5	
Sp.17		1
Sp.18	6	5
Sp.20	4	
Sp.21	10	
Sp.22	1	
Sp.23	1	
Sp.24	8	
Sp.25		20
Total	122	273

FIGURES

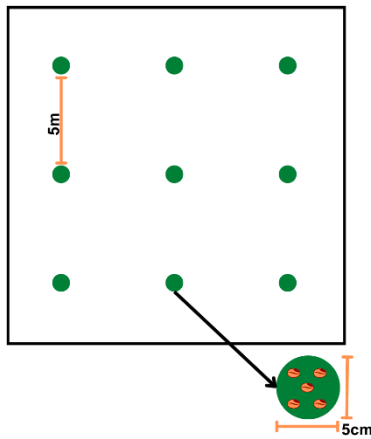


Figure S1: Schematic drawing of the seed removal experiment in plots with and without goats in Catimbau National Park, Northeastern Brazil.



Figure S2: Seeds of *Jatropha mutabilis* (A) and *Commiphora leptophloeos* (B) seeds being removed by the ant *Dinoponera quadriceps*; Nest of the species *D. quadriceps* (C); and soil sampling in the nests of *D. quadriceps* (D), in Catimbau National Park, Northeastern Brazil.

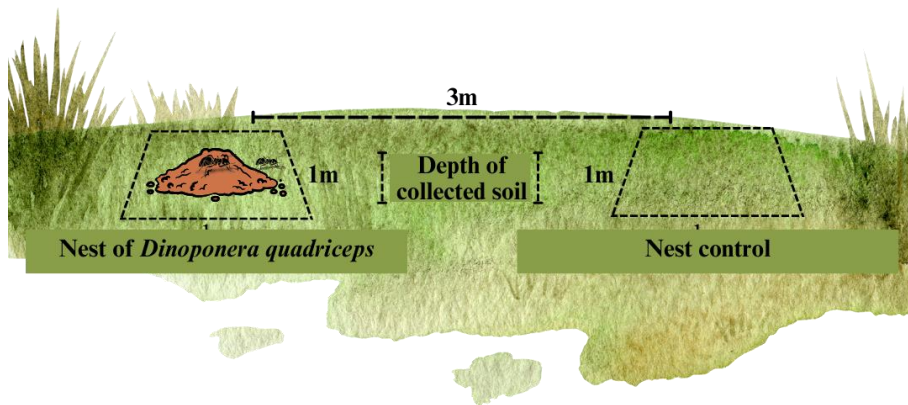


Figure S3: Schematic drawing of the post-dispersal experiment with soil sampling in nests and control areas distant from the nests of *D. quadriceps* in plots with and without goats in Catimbau National Park, Northeastern Brazil.



Figure S4: Seeds of *Commiphora leptophloeos*; *Pityrocapra moniliformis*; *Senegalia piauhiensis*; and *Cenostigma microphyllum* viable (A) and non-viable (B), after viability test with Triphenyl Tetrazolium Chloride.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta dissertação contribuem significativamente para a compreensão do impacto da criação extensiva de caprinos nos serviços de dispersão e pós-dispersão de sementes providos por formigas para plantas da Caatinga. Nossas descobertas sugerem que a exclusão de caprinos pode recuperar os serviços de dispersão de sementes por formigas para algumas espécies de plantas, essenciais para manutenção das florestas. Com a exclusão de caprinos, mais sementes podem ser dispersas e estas também têm a chance de serem transportadas por distâncias maiores. Nossos achados também mostram que *Dinoponera quadriceps* continua sendo a espécie que melhor dispersa sementes na caatinga, podendo atingir distâncias que podem chegar aos 30 metros. A disponibilidade de sementes em ninhos de *D. quadriceps* e nas áreas circundantes é baixa e semelhante, indicando que não há acúmulo de sementes nos ninhos de formigas para facilitar um maior recrutamento de sementes. Apesar disso, os processos seguintes à dispersão das sementes podem comprometer todo o processo de manutenção das florestas, caso estas sejam depositadas em áreas de pastoreio por animais como caprinos. Nosso estudo indica que a viabilidade de sementes, seja quando depositadas em ninhos de formigas ou em seus arredores, é reduzida na presença de caprinos.

Em muitas regiões do mundo, as famílias dependem da criação extensiva de animais para sua subsistência. No entanto, taxas de lotação excessivas podem ter impactos significativos nas comunidades vegetais e animais, afetando serviços ecossistêmicos essenciais, como a dispersão e proteção de sementes realizada por formigas. Portanto, é fundamental pensar em estratégias que conciliem as necessidades das famílias, garantindo uma fonte de renda sustentável, com a conservação dos serviços ecossistêmicos que promovem a regeneração e resiliência das florestas. A redução das taxas de lotação ou a criação de áreas de exclusão de caprinos podem ser algumas destas estratégias.

REFERÊNCIAS

- ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- ANDERSEN, A. N. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. **Journal of biogeography**, p. 15-29, 1995.
- ANJOS, D. V.; LEAL, L. C.; JORDANO, P.; DEL-CLARO, K. Ants as diaspore removers of non-myrmecochorous plants: a meta-analysis. **Oikos**, v. 129, n. 6, p. 775-786, 2020.
- AQUINO, R. S.; LEMOS, C. D.; ALENCAR, C. A.; SILVA, E. G.; LIMA, R. S.; GOMES, J. A. F.; SILVA, A. D. A realidade da caprinocultura e ovinocultura no semiárido brasileiro: um retrato do sertão do Araripe, Pernambuco. **PubVet**, v. 10, n. 4, p. 271-281, 2016.
- ARAUJO, H. F.; CANASSA, N. F.; MACHADO, C. C.; TABARELLI, M. Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 18440, 2023.
- ARNAN, X.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; ANDRADE, J. F.; BARROS, M. F.; CÂMARA, T.; ...; ANDERSEN, A. N. A framework for deriving measures of chronic anthropogenic disturbance: surrogate, direct, single and multi-metric indices in Brazilian Caatinga. **Ecological Indicators**, v. 94, p. 274-282, 2018.
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; MELO, F. P.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; CHAZDON, R. L.; MEAVE, J. A.; ...; TABARELLI, M. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. **Biological Reviews**, v. 92, n. 1, p. 326-340, 2017.
- BARROS, E. A.; RIBEIRO, M. N.; ALMEIDA, M. J. O.; ARAÚJO, A. M. Estrutura populacional e variabilidade genética da raça caprina Marota. **Archivos de zootecnia**, v. 60, n. 231, p. 543-552, 2011.
- BAYNE, P.; HARDEN, R.; DAVIES, I. Feral goats (*Capra hircus* L.) in the Macleay River gorge system, north-eastern New South Wales, Australia. I. Impacts on soil erosion. **Wildlife Research**, v. 31, n. 5, p. 519-525, 2004.
- BEATTIE, A.; HUGHES, L. Ant-plant interactions. **Plant-animal interactions: an evolutionary approach**, p. 211-235, 2002.
- BRONSTEIN, J. L. The costs of mutualism. **American Zoologist**, v. 41, n. 4, p. 825-839, 2001.
- BRONSTEIN, J. L.; ALARCÓN, R.; GEBER, M. The evolution of plant-insect mutualisms. **New Phytologist**, v. 172, n. 3, p. 412-428, 2006.

CAMARGO, P. H.; MARTINS, M. M.; FEITOSA, R. M.; CHRISTIANINI, A. V. Bird and ant synergy increases the seed dispersal effectiveness of an ornithochoric shrub. **Oecologia**, v. 181, p. 507-518, 2016.

CAPÓ, M.; CURSACH, J.; PICORELLI, V.; BARAZA, E. RITA, J. Eradication of feral goats, not population control, as a strategy to conserve plant communities on Mediterranean islets. **Journal for Nature Conservation**, v. 65, p. 126108, 2022.

CAPÓ, M.; ENGELBRECHT, C.; CARDONA, C.; CASTELLS, E.; BARTOLOMÉ, J.; RAMONEDA, M.; BARAZA, E. Mildly toxic shrubs as indicators of goats herbivory give information for the management of natural landscapes on Mediterranean islands. **Science of the Total Environment**, v. 786, p. 147391, 2021.

CHRISTIAN, C. E.; STANTON, M. L. Cryptic consequences of a dispersal mutualism: seed burial, elaiosome removal, and seed-bank dynamics. **Ecology**, v. 85, n. 4, p. 1101-1110, 2004.

CHRISTIANINI, A. V.; OLIVEIRA, P. S. The relevance of ants as seed rescuers of a primarily bird-dispersed tree in the Neotropical cerrado savanna. **Oecologia**, v. 160, p. 735-745, 2009.

CHYNOWETH, M. W.; LITTON, C. M.; LEPCZYK, C. A.; HESS, S. C.; CORDELL, S. Biology and impacts of Pacific Island invasive species. 9. *Capra hircus*, the feral goat (Mammalia: Bovidae) 1. **Pacific Science**, v. 67, n. 2, p. 141-156, 2013.

CORDEIRO, N. J.; HOWE, H. F. Forest fragmentation severs mutualism between seed dispersers and an endemic African tree. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 24, p. 14052-14056, 2003.

DALLING, J. W.; WIRTH, R. Dispersal of *Miconia argentea* seeds by the leaf-cutting ant *Atta colombica*. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, n. 5, p. 705-710, 1998.

DIAS, S. C. S. Os impactos socioambientais e suas ameaças ao modo de vida das comunidades tradicionais de fundo de pasto na Bahia. **Oficina do Historiador**, v. 13, n. 2, p. e37930-e37930, 2020.

ESCAREÑO, L.; SALINAS-GONZÁLEZ, H.; WURZINGER, M.; IÑIGUEZ, L.; SÖLKNER, J.; MEZA-HERRERA, C. Dairy goat production systems: status quo, perspectives and challenges. **Tropical animal health and production**, v. 45, p. 17-34, 2012.

FERNÁNDEZ-LUGO, S.; ARÉVALO, J. R.; NASCIMENTO, L.; MATA, J.; BERMEJO, L. A. Long-term vegetation responses to different goat grazing regimes in semi-natural ecosystems: a case study in Tenerife (Canary Islands). **Applied Vegetation Science**, v. 16, n. 1, p. 74-83, 2013.

FORMIGA, L. D. A. D. S.; PAULO, P. F. M. D.; CASSUCE, M. R.; ANDRADE, A. P. D.; SILVA, D. S. D.; SARAIVA, E. P. Ingestive behavior and feeding preference of goats reared in degraded caatinga. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, 2020.

FORSYTH, D. M.; COOMES, D. A.; NUGENT, G.; HALL, G. M. J. Diet and diet preferences of introduced ungulates (Order: Artiodactyla) in New Zealand. **New Zealand Journal of Zoology**, v. 29, n. 4, p. 323-343, 2002.

FUSCO, E. J.; FINN, J. T.; BALCH, J. K.; NAGY, R. C.; BRADLEY, B. A. Invasive grasses increase fire occurrence and frequency across US ecoregions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 47, p. 23594-23599, 2019.

GABAY, O.; PEREVOLOTSKY, A.; BAR MASSADA, A.; CARMEL, Y.; SHACHAK, M. Differential effects of goat browsing on herbaceous plant community in a two-phase mosaic. **Plant Ecology**, v. 212, p. 1643-1653, 2011.

GAMMANS, N.; BULLOCK, J. M.; SCHÖNROGGE, K. Ant benefits in a seed dispersal mutualism. **Oecologia**, v. 146, p. 43-49, 2005.

GAMOUN, M.; PATTON, B.; HANCHI, B. Assessment of vegetation response to grazing management in arid rangelands of southern Tunisia. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, v. 11, n. 2, p. 106-113, 2015.

GARDA, A. A.; LION, M. B.; LIMA, S. M. D. Q.; MESQUITA, D. O.; ARAUJO, H. F. P. D.; NAPOLI, M. F. Os animais vertebrados do Bioma Caatinga. **Ciência e Cultura**, 70(4), 29-34, 2018.

GARIGLIO, M. A.; BARCELLOS, N. D. E. Manejo florestal sustentável em assentamentos rurais na Caatinga—estudo de caso na Paraíba e Pernambuco. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro**, p. 116-128, 2010.

GILADI, I. Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. **Oikos**, v. 112, n. 3, p. 481-492, 2006.

GÓMEZ, C.; ESPADALER, X. An update of the world survey of myrmecochorous dispersal distances. **Ecography**, v. 36, n. 11, p. 1193-1201, 2013.

GONÇALVES DA SILVA, A.; KOLOKOTRONIS, S. O.; WHARTON, D. Modeling the eradication of invasive mammals using the sterile male technique. **Biological Invasions**, v. 12, p. 751-759, 2010.

GONZÁLEZ-PECH, P. G.; JESÚS TORRES-ACOSTA, J. F.; SANDOVAL-CASTRO, C. A.; TUN-GARRIDO, J. Feeding behavior of sheep and goats in a deciduous tropical forest during the dry season: The same menu consumed differently. **Small Ruminant Research**, v. 133, p. 128-134, 2015.

GUTIERREZ, N.; DE BOER, A. J.; ALVES, J. U. Interações de recursos e características econômicas dos criadores de ovinos e caprinos no sertão do Ceará, Nordeste do Brasil: resultados preliminares. **(EMBRAPA-CNPC. Boletim de Pesquisa, 3)**. p. 49, 1981.

HOEKSTRA, J. M.; BOUCHER, T. M.; RICKETTS, T. H.; ROBERTS, C. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. **Ecology letters**, v. 8, n. 1, p. 23-29, 2005.

HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual review of ecology and systematics**, v. 13, n. 1, p. 201-228, 1982.

JAMELLI, D.; BERNARD, E.; MELO, F. P. L. Habitat use and feeding behavior of domestic free-ranging goats in a seasonal tropical dry forest. **Journal of Arid Environments**, v. 190, p. 104532, 2021.

JANSEN, P. A.; HIRSCH, B. T.; ESENS, W. J.; ZAMORA-GUTIERREZ, V.; WIKELSKI, M.; KAYS, R. Thieving rodents as substitute dispersers of megafaunal seeds. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 31, p. 12610-12615, 2012.

JORDANO, P.; GARCÍA, C.; GODOY, J. A.; GARCIA-CASTAÑO, J. Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 9, p. 3278-3282, 2007.

KAMARU, D. N.; PALMER, T. M.; RIGINOS, C.; FORD, A. T.; BELNAP, J.; CHIRA, R. M.; ... GOHEEN, J. R. Disruption of an ant-plant mutualism shapes interactions between lions and their primary prey. **Science**, v. 383, n. 6681, p. 433-438, 2024.

KAUFMANN, S.; MCKEY, D. B.; HOSSAERT-MCKEY, M.; HORVITZ, C. C. Adaptations for a two-phase seed dispersal system involving vertebrates and ants in a hemiepiphytic fig (*Ficus microcarpa*: Moraceae). **American Journal of Botany**, v. 78, n. 7, p. 971-977, 1991.

LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas na caatinga. **Ecologia e conservação da caatinga**, p. 593-624, 2003.

LEAL, I. R.; LEAL, L. C.; ANDERSEN, A. N. The benefits of myrmecochory: a matter of stature. **Biotropica**, v. 47, n. 3, p. 281-285, 2015.

LEAL, I. R.; LOPES, A. V.; MACHADO, I. C.; TABARELLI, M. Plant–Animal interactions in the Caatinga: overview and perspectives. **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**, p. 255-278, 2017.

LEAL, I. R.; OLIVEIRA, P. S. Interactions between Fungus-Growing Ants (Attini), Fruits and Seeds in Cerrado Vegetation in Southeast Brazil 1. **Biotropica**, v. 30, n. 2, p. 170-178, 1998.

LEAL, I. R.; VICENTE, A.; TABARELLI, M. Herbivoria por caprinos na Caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. **Ecologia e conservação da caatinga. Recife: Ed. Universitária da UFPE**, 2003.

LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of north-east Brazil. **Annals of botany**, v. 99, n. 5, p. 885-894, 2007.

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

LEAL, L. C.; NETO, M. C. L.; OLIVEIRA, A. F. M.; ANDERSEN, A. N.; LEAL, I. R. Myrmecochores can target high-quality disperser ants: variation in elaiosome traits and ant preferences for myrmecochorous Euphorbiaceae in Brazilian Caatinga. **Oecologia**, v. 174, p. 493-500, 2014.

LEITE, E. R. Manejo alimentar de caprinos e ovinos em pastejo no Nordeste do Brasil. **Ciência Animal**, v. 12, n. 2, p. 119-128, 2002.

LENGYEL, S.; GOVE, A. D.; LATIMER, A. M.; MAJER, J. D.; DUNN, R. R. Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: a global survey. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 12, n. 1, p. 43-55, 2010.

LEVEY, D. J.; BYRNE, M. M. Complex ant-plant interactions: rain-forest ants as secondary dispersers and post-dispersal seed predators. **Ecology**, v. 74, n. 6, p. 1802-1812, 1993.

LEWIS, S. L.; EDWARDS, D. P.; GALBRAITH, D. Increasing human dominance of tropical forests. **Science**, v. 349, n. 6250, p. 827-832, 2015.

LINS, L.; SANTOS, D.; LIRA, R.; OLIVEIRA, F. M.; WIRTH, R.; MENEZES, T.; TABARELLI, M. LEAL, I. R. Exotic goats do not affect the seed bank but reduce seedling survival in a human-modified landscape of Caatinga dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 522, p. 120491, 2022.

LÔBO, D.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. Relocation of *Croton sonderianus* (Euphorbiaceae) seeds by *Pheidole fallax* Mayr (Formicidae): a case of post-dispersal seed protection by ants?. **Neotropical entomology**, v. 40, p. 440-444, 2011.

MAASS, J. M.; BALVANERA, P.; CASTILLO, A.; DAILY, G. C.; MOONEY, H. A.; EHRLICH, P.; ... SARUKHÁN, J. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. **Ecology and society**, v. 10, n. 1, 2005.

MAGALHÃES, K. A.; HOLANDA FILHO, Z. F.; MARTINS, E. C. Pesquisa Pecuária Municipal 2020: rebanhos de caprinos e ovinos. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE)**, 2021.

MANCILLA-LEYTÓN, J. M.; PINO MEJÍAS, R.; MARTÍN VICENTE, A. Do goats preserve the forest? Evaluating the effects of grazing goats on combustible Mediterranean scrub. **Applied Vegetation Science**, v. 16, n. 1, p. 63-73, 2013.

MARINHO, F. P.; MAZZOCHINI, G. G.; MANHÃES, A. P.; WEISSER, W. W.; GANADE, G. Effects of past and present land use on vegetation cover and

regeneration in a tropical dryland forest. **Journal of Arid Environments**, v. 132, p. 26-33, 2016.

MARTINS BORGES, A. K.; RIBEIRO, B. D. P.; ALVES, R. R. D. N. Hunting, capture, and wildlife use by communities in a semi-arid region of Northeastern Brazil. **Human Dimensions of Wildlife**, v. 28, n. 2, p. 187-197, 2023.

MARTORELL, C.; PETERS, E. M. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. **Biological Conservation**, v. 124, n. 2, p. 199-207, 2005.

MELO, F. P. L. 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.

MENEZES, T.; CARMO, R.; WIRTH, R.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; LAURÊNIO, A.; MELO, F. P. Introduced goats reduce diversity and biomass of herbs in Caatinga dry forest. **Land Degradation & Development**, v. 32, n. 1, p. 79-90, 2021.

MILES, L.; NEWTON, A. C.; DEFRIES, R. S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; ... GORDON, J. E. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of biogeography**, v. 33, n. 3, p. 491-505, 2006.

MOHAMMED, E. M.; HAMMED, A. M.; MINNICK, T. J.; NDAKIDEMI, P. A.; TREYDTE, A. C. Livestock browsing threatens the survival of *Balanites aegyptiaca* seedlings and saplings in Dinder Biosphere Reserve, Sudan. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 41, n. 10, p. 1046-1063, 2022.

MORALES-JERRETT, E.; MANCILLA-LEYTÓN, J. M.; DELGADO-PERTÍÑEZ, M.; MENA, Y. The contribution of traditional meat goat farming systems to human wellbeing and its importance for the sustainability of this livestock subsector. **Sustainability**, v. 12, n. 3, p. 1181, 2020.

MORAND-FEHR, P.; FEDELE, V.; DECANDIA, M.; LE FRILEUX, Y. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, n. 1-2, p. 20-34, 2007.

NESS, J. H.; BRESSMER, K. Abiotic influences on the behaviour of rodents, ants, and plants affect an ant-seed mutualism. **Ecoscience**, v. 12, n. 1, p. 76-81, 2005.

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

OBA, G. Effects of excluding goat herbivory on *Acacia tortilis* woodland around pastoralist settlements in northwest Kenya. **Acta Oecologica**, v. 19, n. 4, p. 395-404, 1998.

OLIVEIRA, F. M.; ANDERSEN, A. N.; ARNAN, X.; RIBEIRO-NETO, J. D.; ARCOVERDE, G. B.; LEAL, I. R. Effects of increasing aridity and chronic

anthropogenic disturbance on seed dispersal by ants in Brazilian Caatinga. **Journal of Animal Ecology**, v. 88, n. 6, p. 870-880, 2019.

OLIVEIRA, F. M.; RIBEIRO-NETO, J. D.; ANDERSEN, A. N.; LEAL, I. R. Chronic anthropogenic disturbance as a secondary driver of ant community structure: interactions with soil type in Brazilian Caatinga. **Environmental Conservation**, v. 44, n. 2, p. 115-123, 2017.

PARENTE, H. N.; MAIA, M. O. Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido. **Artigos – Zootecnia**. 2011.

PARKES, J. P. Eradication of feral goats on islands and habitat islands. **Journal of the Royal Society of New Zealand**, v. 20, n. 3, p. 297-304, 1990.

PASSOS, L.; OLIVEIRA, P. S. Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. **Journal of Ecology**, p. 517-528, 2002.

PASSOS, L.; OLIVEIRA, P. S. Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. **Oecologia**, v. 139, p. 376-382, 2004.

PASSOS, L.; OLIVEIRA, P. S. Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, n. 3, p. 261-270, 2003.

PEREIRA, H. M.; DOMINGOS, T.; VICENTE, L. Portugal millennium ecosystem assessment: state of the assessment report. **Centro de Biologia Ambiental, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa**, v. 68, 2004.

PEREVOLOTSKY, A.; HAIMOV, Y. 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.

POL, R. G.; MIRETTI, F.; MARONE, L. Lower food intake due to domestic grazing reduces colony size and worsens the body condition of reproductive females of harvester ants. **Journal of Insect Conservation**, v. 26, n. 4, p. 583-592, 2022.

POL, R. G.; VARGAS, G. A.; MARONE, L. Behavioural flexibility does not prevent numerical declines of harvester ants under intense livestock grazing. **Ecological Entomology**, v. 42, n. 3, p. 283-293, 2017.

PORTILLO-QUINTERO, C. A.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. **Biological conservation**, v. 143, n. 1, p. 144-155, 2010.

PRIMO, A. T. **América: conquista e colonização: a fantástica história dos conquistadores ibéricos e seus animais na era dos descobrimentos**. Movimento, v. 53, 2004.

QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F.; MORO, M. F. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**, p. 23-63, 2017.

RIBEIRO, E. M.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; SANTOS, B. A.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 3, p. 611-620, 2015.

RIBEIRO, E. M.; SANTOS, B. A.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; TABARELLI, M.; SOUZA, G.; LEAL, I. R. Phylogenetic impoverishment of plant communities following chronic human disturbances in the Brazilian Caatinga. **Ecology**, v. 97, n. 6, p. 1583-1592, 2016.

RIBEIRO, M. N.; BRUNO-DE-SOUSA, C.; MARTINEZ-MARTINEZ, A.; GINJA, C.; MENEZES, M. P. C.; PIMENTA-FILHO, E. C.; DELGADO, J. V.; GAMA, L. T. Drift across the Atlantic: genetic differentiation and population structure in Brazilian and Portuguese native goat breeds. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 129, n. 1, p. 79-87, 2012.

RIBEIRO-NETO, J. D.; ARNAN, X.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. Chronic anthropogenic disturbance causes homogenization of plant and ant communities in the Brazilian Caatinga. **Biodiversity and conservation**, v. 25, p. 943-956, 2016.

RITO, K. F.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; QUEIROZ, R. T.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 3, p. 828-838, 2017.

ROSA, C. A.; ALMEIDA CURI, N. H.; PUERTAS, F.; PASSAMANI, M. Alien terrestrial mammals in Brazil: current status and management. **Biological Invasions**, v. 19, p. 2101-2123, 2017.

SANTOS, F. C. B. D.; SOUZA, B. B. D.; PEÑA ALFARO, C. E.; CÉZAR, M. F.; PIMENTA FILHO, E. C.; ACOSTA, A. A. A.; SANTOS, J. R. S. D. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 142-149, 2005.

SCHRÖDER, J. M.; RODRÍGUEZ, L. P. Á.; GÜNTER, S. Research trends: Tropical dry forests: The neglected research agenda?. **Forest Policy and Economics**, v. 122, p. 102333, 2021.

SCHUCK, C.; RIBEIRO, R.. Comendo o planeta: impactos ambientais da criação e consumo de animais. **Sociedade Vegetariana Brasileira: São Paulo, Brazil**, 2015.

SENA, F. H.; SCHULZ, K.; CIERJACKS, A.; FALCÃO, H. M.; LUSTOSA, B. M.; ALMEIDA, J. S. Goats foster endozoochoric dispersal of exotic species in a seasonally dry tropical forest ecosystem. **Journal of arid environments**, v. 188, p. 104473, 2021.

SEVERSON, K. E.; DEBANO, L. F. Influence of Spanish goats on vegetation and soils in Arizona chaparral. **Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives**, v. 44, n. 2, p. 111-117, 1991.

SILANIKOVE, N. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. **Small Ruminant Research**, v. 35, n. 3, p. 181-193, 2000.

SILVA, A. M. D. A.; CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, p. 77-90, 2013.

SILVA, G. S.; RABELO, M. A.; OLIVEIRA CANEDO-JÚNIOR, E.; RIBAS, C. R. Formigas removedoras de sementes apresentam potencial para auxiliar na regeneração de áreas impactadas. **Revista Científica MG. Biota**, v. 12, n. 2, p. 44-54, 2020.

SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. **Caatinga**. Cham: Springer International Publishing, 2017.

SILVA, P. D.; LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. Harvesting of *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. seeds (Burseraceae) by the leaf-cutting ant *Atta sexdens* L. promotes seed aggregation and seedling mortality. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, p. 553-560, 2007.

SINGH, S. P. Chronic disturbance, a principal cause of environmental degradation in developing countries. **Environmental conservation**, v. 25, n. 1, p. 1-2, 1998.

SOUZA, L. A. Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação. **Ponta Grossa: Toda Palavra**, 2009.

TABARELLI, M.; FILGUEIRAS, B. K. C.; RIBEIRO, E. M. S.; LOPES, A. V. F.; LEAL, I. R. **Tropical Dry Forests**. 10.1016/B978-0-12-822562-2.00090-6, 2023.

TADEY, M.; FARJI-BRENER, A. G. Indirect effects of exotic grazers: livestock decreases the nutrient content of refuse dumps of leaf-cutting ants through vegetation impoverishment. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, n. 6, p. 1209-1218, 2007.

TORRES-FAJARDO, R. A.; ORTIZ-DOMÍNGUEZ, G. A.; ÁVILA-CERVANTES, R. A.; SANDOVAL-CASTRO, C. A.; VENTURA-CORDERO, J.; JESÚS TORRES-ACOSTA, J. F.; GONZÁLEZ-PECH, P. G. Voluntary consumption of *Lantana camara* L. when browsing the heterogeneous vegetation of tropical forests: A goats' perspective. **Journal of Arid Environments**, v. 202, p. 104758, 2022.

VAHIDI, S. M. F.; TARANG, A. R.; NAQVI, A. U. N.; FALAHATI ANBARAN, M.; BOETTCHER, P.; JOOST, S.; COLLI, L.; GARCIA, J. F.; AJMONE-MARSAN, P. Investigation of the genetic diversity of domestic *Capra hircus* breeds reared within an early goat domestication area in Iran. **Genetics Selection Evolution**, v. 46, n. 1, p. 1-12, 2014.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1982.

VANDER WALL, S. B.; LONGLAND, W. S. Diplochory: are two seed dispersers better than one?. **Trends in ecology & evolution**, v. 19, n. 3, p. 155-161, 2004.

VAZ FERREIRA, A; BRUNA, E. M.; VASCONCELOS, H. L. Seed predators limit plant recruitment in Neotropical savannas. **Oikos**, v. 120, n. 7, p. 1013-1022, 2011.

VIEIRA, B. D. C. R.; ALFAIATE, M. B.; FÁTIMA MADELLA-OLIVEIRA, A.; QUIRINO, C. R.; SOUZA, M. H.; OLIVEIRA, A. P. G.; CLIPES, R. C.; AMARAL, M. A. Caracterização fenotípica e diversidade genética de caprinos: revisão. **Pubvet**, v. 9, p. 001-051, 2015.

VOLTOLINI, T. V.; MORAES, S. A.; ARAUJO, G. G. L.; SANTOS, R. M. Principais modelos produtivos na criação de caprinos e ovinos. **Petrolina: Embrapa Semiárido**. 2011.

WASSIE, A.; STERCK, F. J.; TEKETAY, D.; BONGERS, F. Effects of livestock exclusion on tree regeneration in church forests of Ethiopia. **Forest ecology and management**, v. 257, n. 3, p. 765-772, 2009.

WAY, M. J. Mutualism between ants and honeydew-producing Homoptera. **Annual review of entomology**, v. 8, n. 1, p. 307-344, 1963.

WEBB, E. C.; CASEY, N. H.; SIMELA, L. Growth, development and growth manipulation in goats. In: **Goat meat production and quality**. Wallingford UK: CABI. p. 196-208, 2012.

WEHN, S.; PEDERSEN, B.; HANSSEN, S. K. A comparison of influences of cattle, goat, sheep and reindeer on vegetation changes in mountain cultural landscapes in Norway. **Landscape and urban planning**, v. 102, n. 3, p. 177-187, 2011.

WILLSON, M. F. Dispersal mode, seed shadows, and colonization patterns. **Vegetatio**, v. 107, p. 261-280, 1993.

ZAPPI, D. C.; FILARDI, F. L. R.; LEITMAN, P.; SOUZA, V. C.; WALTER, B. M.; PIRANI, J. R.; ... GOMES-KLEIN, V. L. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, p. 1085-1113, 2015.

ZEDER, M. A.; HESSE, B. The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros mountains 10,000 years ago. **Science**, v. 287, n. 5461, p. 2254-2257, 2000.

ZELIKOVA, T. J.; BREED, M. D. Effects of habitat disturbance on ant community composition and seed dispersal by ants in a tropical dry forest in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 24, n. 3, p. 309-316, 2008.

ZOBEL, G; NEAVE, H. W.; WEBSTER, J. Understanding natural behavior to improve dairy goat (*Capra hircus*) management systems. **Translational animal science**, v. 3, n. 1, p. 212-224, 2019.

ANEXO A – NORMAS PARA SUBMISSÃO DOS ARTIGOS NO PERÍODICO

Artigo 1: Manuscrito a ser submetido ao periódico *Journal of Ecology*, disponível em:

<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/hub/journal/13652745/author-guidelines#Checklist>



UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

[Login / Register](#)

[JOURNALS](#)
[TOPICS](#)
[Join the BES](#)
[BES.org](#)

Journal of Ecology

Editors: Richard Bardgett, Amy Austin, Yvonne Buckley, Jane Catford and Andrew Hector

JOURNAL METRICS >

Online ISSN: 1365-2745



LATEST ISSUE >
Volume 111, Issue 8
August 2023

[HOME](#)
[ABOUT](#)
[BROWSE](#)
[CONTENT COLLECTIONS](#)





Journal Overview

A British Ecological Society journal, the *Journal of Ecology* publishes original research papers on all aspects of the ecology of plants (including algae), in both aquatic and terrestrial ecosystems.

✉ Sign up for email alerts

Enter your email to receive alerts when new articles and issues are published.

Author Guidelines - initial submissions

This page is intended for authors planning their INITIAL SUBMISSIONS to the journal. Authors who have been asked to prepare a REVISION should [click here](#).

For initial submissions, we do not require you to adhere to journal formatting requirements. Please see our quick checklist for initial submission for details.

- [Quick Checklist for Initial Submission](#)
- [Transparent Peer Review](#)
- [Article Types](#)
- [Manuscript Submission](#)
- [Editorial Process](#)
- [Process after Acceptance](#)

Please ensure that your article fits within the journal's [Aims and Scope](#) and that you have read our [Editorial Policies](#) before submitting your article.

Quick Checklist for Initial Submission

To simplify the process for authors we differentiate between initial and revised submissions. Initial submissions can be submitted in any file type and only need to adhere to the following requirements:

- Single column and double line spaced
- Continuous line and page numbering throughout
- **Title**
- **Author details** including full list of author names and addresses and the name, address and e-mail address of the corresponding author
- **Abstract** no more than 350 words and listing the main results and conclusions, using simple, factual, **numbered statements**. The final point should be headed '**Synthesis**', and should sum up the paper's key message in generic terms that can be understood by non-specialists, indicating clearly how this study has advanced ecological understanding. (Translated abstracts in any language can be published alongside our articles)
- **Main manuscript sections** for research articles these should be Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, (Conclusions optional). Sections for all other article types are listed under "Article Types", below
- **Figures and Tables** can be embedded within the text where referenced to facilitate reviewing
- **Author Contributions** which should mention **all** authors individually and their specific contributions to the research. This is not necessary for single author author submissions.

- **Data Availability Statement** saying where you *intend* to archive your data
- **References** these do not need to be formatted in a specific style, but we prefer that in-text citations are provided as: (Author, Year)
- Manuscripts must be written in English. Authors for whom English is not their first language may wish to consider using a professional editing service before submission. We are currently offering a trial of Writefull, which authors can use free of charge. Writefull screens your text for correctness of grammar, spelling, vocabulary, punctuation, style, word order, phrasing, and more. A bespoke link to our trial with Writefull is available via our online submission **site**; alternatively you may want to use **Wiley's editing services**. The use of these services does not guarantee acceptance or preference for publication. It is also recommended that authors follow search engine optimisation guidelines to **maximise the reach of their article**.