



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

MICHAEL PRATINI SILVA DE SOUZA

**ASSEMBLEIAS DE CUPINS (BLATTODEA: ISOPTERA) EM DIFERENTES
COBERTURAS DO SOLO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

MOSSORÓ/RN
2020

MICHAEL PRATINI SILVA DE SOUZA

**ASSEMBLEIAS DE CUPINS (BLATTODEA: ISOPTERA) EM DIFERENTES
COBERTURAS DO SOLO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação (PPGEC) da Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) da Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA.

Linha de Pesquisa: Ecologia de Ecossistemas Terrestres

Orientadora: Prof. Dr^a. Daniela Faria Florencio

MOSSORÓ/RN
2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S719a Souza, Michael Pratini Silva de.
 Assembleias de cupins (Blattodea: Isoptera) em
 diferentes coberturas do solo no semiárido
 nordestino / Michael Pratini Silva de Souza. -
 2020.
 36 f.: il.

 Orientadora: Daniela Faria Florencio.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
 Rural do semi-árido, Programa de Pós-graduação em
 Ecologia e Conservação, 2020.

 1. Térmitas neotropicais. 2. Sucessão
 secundária. 3. Caatinga. 4. Alterações Antrópicas.
 5. Diversidade. I. Florencio, Daniela Faria,
 orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MICHAEL PRATINI SILVA DE SOUZA

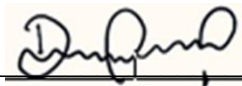
**ASSEMBLEIAS DE CUPINS (BLATTODEA: ISOPTERA) EM DIFERENTES
COBERTURAS DO SOLO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação (PPGEC) da Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) da Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA.

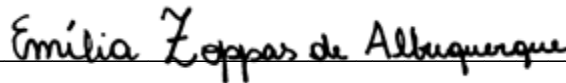
Linha de Pesquisa: Ecologia de Ecossistemas Terrestres

Defendida em: 30/ 01/2020.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Daniela Faria Florencio
Presidente - UFRSA



Dra. Emília Zoppas de Albuquerque
Smithsonian Institution



Profa. Dra. Ana Paula Albano Araújo
Universidade Federal de Sergipe - UFS

À minha mãe, Antônia da Conceição por todo
apoio, torcida, lágrimas a alegrias.

AGRADECIMENTOS

Aos professores que caminharam comigo.

A minha orientadora do mestrado, Daniela Florencio, por todo apoio na idealização, construção e projeção de todas as etapas dessa pesquisa.

A professora Eveline Ferreira, pelo auxílio em parte dessa pesquisa.

A professora Eulene Francisco e a técnica Paulinha pelo auxílio nas análises de solo.

Ao Laboratório de Ecologia de Comunidades e Paisagens da UFERSA.

Ao Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFERSA.

A própria UFERSA, minha universidade, pelo ensino e oportunidades concedidas nesses últimos anos.

A CAPES, pela bolsa concedida em parte da pesquisa.

Aos parceiros que me ajudaram nessa empreitada indo para campos que foram desafiadores: Rodrigo motorista, Bruno Araripe, Talita, Victor Neudo, José Rodrigo, Luan Arthur, Izábia, Pedro Nazareno, Lana, Sara, Rodrigo Coelho, Thayná, Kilder, Cleverson, Eveline, Victor, Erllan, Elizeu, Michele, Jota, Cida e Hudson.

A todos que não foram citados, mas me ajudaram indiretamente.

Muito obrigado!!!

Aprender a ler para ser alguém na vida.

RESUMO

Uma das maiores ameaças a biodiversidade é a conversão de áreas nativas em áreas antropizadas, com a introdução da agropecuária e silvicultura, com consequente transformação das paisagens naturais em um mosaico composto por manchas em diferentes estágios de sucessão. Essas transformações provocam alterações estruturais, na composição química, física e biológica dos ambientes. No Brasil, a Caatinga é um dos biomas mais alterados. Os cupins são insetos importantes no funcionamento dos ecossistemas, além de bons modelos para estudos de impactos ambientais, dado a sua rápida resposta às alterações antrópicas. Ao longo dos estágios de sucessão secundária ocorre um possível aumento da heterogeneidade vegetal, diversificação de locais para nidificação e aumento na disponibilidade e variabilidade de recursos alimentares, testamos as hipóteses de que o avanço na sucessão (i) promove o aumento na riqueza e ocorrência de cupins e (ii) altera a composição taxonômica, hábitos alimentares e de nidificação. Esse trabalho foi realizado no Parque Nacional da Fuma Feia (PNFF) e em sua zona de amortecimento, localizados entre os municípios de Mossoró e Baraúna, Rio Grande do Norte, Brasil. As coletas foram realizadas em nove áreas, distribuídas em três estágios de sucessão secundária (inicial, intermediária e tardia) na Caatinga, no período entre setembro e dezembro de 2018. Em cada área foi delineado dois transectos nos quais foram realizadas amostragem de cupins, das variáveis estruturais, das variáveis químicas e físicas do solo. Para testar as nossas hipóteses, utilizamos Modelos Lineares Generalizados (GLM), com análises de contraste e de resíduos e Análise dos Componentes Principais (ACP). Foram registradas nove morfoespécies de cupins, distribuídas em cinco gêneros e duas famílias. Nas áreas de estágio de sucessão inicial não houve encontro de cupins. A riqueza e a ocorrência foram semelhantes entre os estágios intermediário e tardio, os quais foram maiores nesses estágios em relação ao estágio inicial. A composição taxonômica, dos grupos alimentares e dos hábitos de nidificação foram semelhantes entre os estágios de sucessão intermediária e tardia. As áreas em estágios de sucessão inicial e tardio apresentaram distinta composição química, física e estrutural. As áreas em estágio de sucessão tardio e intermediário apresentaram maior densidade de árvores, de serapilheira em relação às áreas em estágio inicial. Por sua vez, as áreas em estágio tardio apresentaram maior disponibilidade de carbono orgânico total (COT) em relação as áreas em estágios inicial e intermediário. Assim, a complexidade e a heterogeneidade do habitat resultante da sucessão ecológica podem ser consideradas fatores importantes para as assembleias de cupins na Caatinga. Esses resultados reforçam o potencial dos cupins como indicadores biológicos da qualidade do habitat neste bioma, além do fato de que a conservação de áreas com diferentes estágios de regeneração florestal (com foco em áreas em estágios intermediário e tardio) como é o caso do PNFF é fundamental para a conservação das comunidades de cupins. Por fim, sugere-se práticas menos intensas de manejo de solo, redução de áreas de pastagem em regiões do semiárido e a introdução de vegetação arbórea nessas áreas visando melhoria nas condições estruturais possibilitando assim, a ocorrência de cupins e de suas importantes funções aos ecossistemas.

Palavras-chave: Térmitas neotropicais. Sucessão secundária. Caatinga. Alterações Antrópicas. Diversidade.

ABSTRACT

One of the greatest threats to biodiversity is the conversion of native areas into anthropized areas, with the introduction of agriculture, livestock and silviculture that result in transformation of natural landscapes into a mosaic composed of patches in different stages of succession. These transformations cause structural changes in the chemical, physical and biological composition of the environments. The Caatinga is one of the most altered Brazilian biomes. Termites are important insects in the functioning of ecosystems and good models for studies of environmental impacts, given their rapid response to anthropogenic changes. Along the secondary succession stages of there is a possible increase in vegetable heterogeneity, diversification of nesting sites and increase of availability and variability of food resources. We test the hypotheses that the advance in secondary succession (i) promotes the increase in termite richness and occurrence and (ii) changes in termite taxonomic composition, feeding groups and nesting habits. This study was conducted the Parque Nacional de Fuma Feia and in its cushion zone, located between the municipalities of Mossoró and Baraúna, Rio Grande do Norte, Brazil. The study were conducted between September and December 2018 in nine caatinga sites, distributed in three stages of secondary succession (early, intermediate and late). In each site, two transects were outlined for sampling the termite assemblages, of the variables structural of the vegetation, chemical and physical variables of the soil. To test our hypotheses, we use Generalized Linear Models (GLM), with contrast analyzes to find statistical similarity and Principal Component Analysis (PCA). Nine termite morphospecies/species were registered, distributed in five genera and two families. Termite assemblages were absent in sites with early succession stage. Termites richness and occurrence were similar among sites in intermediate and late successional stages, which were higher as compared to sites in early stage. The termite taxonomic composition, feeding groups and nesting habits were similar among sites in intermediate and late succession stages. The sites in early and late successional stages presented different chemical, physical and structural composition. There were less tree density and litter in sites under sites under early succession than intermediate and late stages. The total organic carbon (TOC) was higher in sites under late succession stage than early and intermediate stages. The habitat complexity and heterogeneity from ecological succession can be considered important factors to termite assemblages in the Caatinga. These results reinforce the potential of termites as biological indicators of habitat quality in this biome, in addition to the fact that the conservation of sites with different stages of forest regeneration (focusing on intermediate and late stages) as is the case with the PNFF is fundamental for conservation of termite communities. Finally, we suggest less intense soil management practices, reduction of pasture areas in semi-arid regions and the introduction of tree vegetation in these areas, aiming at improving structural conditions, thus enabling termite's occurrence and their important functions to ecosystems.

Key-words: Neotropical termites. Secondary succession. Caatinga. Anthropic Changes. Diversity.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Localização do Parque Nacional da Fuma Feia (PNFF) e sua respectiva zona de amortecimento (ZA), com destaque aos municípios de Baraúna (em vermelho) e Mossoró (em roxo), Rio Grande do Norte, Brasil..... 15
- Figura 2. Representação da disposição dos transectos e das parcelas em que foram realizadas as amostragens de cupins e das variáveis ambientais. 17
- Figura 3. Riqueza estimada de cupins baseada no estimador Chao 2 para áreas em diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. 22
- Figura 4. Riqueza de espécies/morfoespécies de cupins nas áreas em diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. Diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM $F_{2,6}=82,541$; $P=0,00004$). 23
- Figura 5. Ocorrência de cupins nas áreas em diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. Diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM $F_{2,6}=43,886$; $P=0,0003$). 23
- Figura 6. Análise dos componentes principais (PCA) das variáveis ambientais nos estágios de sucessão secundária inicial, intermediária e tardia, em Caatinga do semiárido Potiguar. Variáveis ambientais: pH em água (pH), condutividade elétrica (CE), nitrogênio (N), carbono orgânico total (COT), COT/nitrogênio (C.N), matéria orgânica do solo (MOS), sódio (NA), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H.Al), concentração de argila (Arg), areia total (AT), silte (S), silte/argila (S.Arg). 25
- Figura 7. Relação da densidade de árvores com os diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. Diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM $F_{2,6}=50,698$; $P=0,0002$). 25
- Figura 8. Relação da densidade de serapilheira com os diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. Diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM: $F_{2,6}=8,074$; $P=0,020$). 26
- Figura 9. Relação do carbono orgânico total com os diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. Diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM $F_{2,6}=5,333$, $P=0,047$). 26

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Descrição detalhada das áreas estudadas..... 16

Tabela 2. Riqueza e ocorrência de morfoespécies de cupins em áreas de Caatinga em diferente sucessão vegetal, no Parque Nacional da Fuma Feia e na Zona de Amortecimento. Classificação de acordo com o hábito alimentar (HA):em xilófagos (Xi), humívoros (Hu), consumidor intermediário (Int); e quanto aos hábitos de nidificação (HN): nidificação na madeira (Mad), subterrâneo (Sub) e arborícola (Arb). 21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1 Área de estudo.....	15
2.2 Desenho amostral.....	16
2.3 Amostragem dos cupins	17
2.4 Análise das variáveis ambientais: estruturais, físicas e químicas	18
2.5 Análise dos dados.....	18
2.5.1 Curva de acumulação de espécies	18
2.5.2 Riqueza e ocorrência de cupins	18
2.5.3 Composição de espécies/morfoespécies, hábitos alimentares e de nidificação das assembleias de cupins	19
2.5.4 Variáveis estruturais e físico-químicas do solo	19
3. RESULTADOS.....	20
3.1 Termitofauna	20
3.2 Curva de Acumulação de espécies	21
3.3 Riqueza e ocorrência de cupins.....	22
3.4 Composição de espécies/morfoespécies da comunidade de cupins	23
3.5 Como os grupos alimentares e categorias de hábitos de nidificação respondem aos diferentes estágios de sucessão	24
3.6 Variáveis ambientais: químicas, físicas e estruturais e a sucessão vegetal	24
4 DISCUSSÃO	27
CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores ameaças a biodiversidade é a conversão de áreas nativas em modificadas em função da introdução de áreas para a agropecuária e silvicultura (ARRAES *et al.*, 2012; LAURANCE *et al.*, 2014). Esse processo tem maior expressividade em países em desenvolvimento, em que estão localizadas as florestas tropicais (PHAN *et al.*, 2014). Como resultado essas florestas têm sido transformadas em um mosaico heterogêneo e fragmentado, composto por manchas em diferentes estágios da sucessão (TABARELLI *et al.*, 2018).

Inúmeras mudanças ocorrem ao longo do processo de sucessão florestal incluindo a variabilidade na diversidade de plantas e, conseqüentemente, alterações estruturais, na composição química, física e biológica nesses ambientes. Em estágios iniciais de sucessão frequentemente ocorrem diminuição na qualidade e disponibilidade de recursos: como por exemplo, redução na biomassa de serapilheira (SILVA *et al.*, 2017) e na densidade de árvores (MOREIRA & CARVALHO, 2013). Por sua vez, os ambientes em estágios de sucessão intermediária e avançada apresentam maior disponibilidade de habitats, aumento na disponibilidade e qualidade dos recursos alimentares, de locais de refúgio e nidificação (VIANA JUNIOR *et al.*, 2014; BASSET *et al.*, 2017; MUVENGWI *et al.*, 2017), melhoria nas condições edáficas (Ó *et al.*, 2016), menor irradiação e exposição solar, menor variação de temperatura, maior umidade do solo e, conseqüentemente, estão menos sujeitos ao processo de erosão (SCHUMACHER *et al.*, 2008). Nesse contexto o avanço do processo de sucessão possui relação positiva com a diversidade de espécies (GIBSON *et al.*, 2011; CARVALHO-FERNANDES *et al.*, 2012; SOUTO *et al.*, 2016).

No Brasil, um dos biomas mais alterados é o da Caatinga (MACIEL, 2010), considerada a maior e mais diversa floresta tropical sazonalmente seca (SDTF) (WERNECK *et al.*, 2011, SILVA *et al.*, 2017). Cerca de 60% da vegetação original desse bioma (SILVA & BARBOSA, 2017) tem sido exposta a inúmeros distúrbios antrópicos (OLIVEIRA *et al.*, 2014), que vão desde extração de produtos florestais (ARAÚJO & SILVA, 2017), sobrepastejo (RIBEIRO *et al.*, 2015), uso em larga escala e de uso intensivo do solo (SILVA & BARBOSA, 2017), além de estar inserido em uma região com elevada densidade populacional (IBGE, 2010). Embora possua inúmeras áreas prioritárias para conservação (SANTOS *et al.*, 2020) apenas de sua área 8% é preservada (ICMBio, 2020) e, adicionalmente, é o bioma brasileiro menos estudado (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Dessa maneira, estudos que investigam os problemas, perspectivas e desafios desse cenário são de fundamental importância.

Por sua vez, os cupins são considerados um dos insetos mais importantes no funcionamento dos ecossistemas de florestas tropicais (LUKE *et al.*, 2014), sobretudo em ecossistemas semiáridos (LECLARE *et al.*, 2020). Eles desempenham importante papel na decomposição, na ciclagem de nutrientes, na modificação das interfaces químicas e estruturais dos ambientes (LIMA *et al.*, 2017). Os seus ninhos podem aumentar o teor de argila e enriquecimento de matéria orgânica no solo (SOUZA *et al.*, 2020) e suas atividades auxiliam consideravelmente no aumento da porosidade do solo, o que influencia na retenção e infiltração de água, disponibilidade de nutrientes e fertilidade do solo, fato que reflete diretamente na estrutura da vegetação e biomassa local (APORI *et al.*, 2020). Adicionalmente, são considerados bons modelos para estudos de impactos ambientais, pois rapidamente apresentam respostas às alterações antrópicas (VASCONCELLOS *et al.*, 2010), com redução da riqueza e ocorrência, alterações na composição das comunidades (DURAN-BAUTISTA *et al.*, 2020) e desequilíbrio dos grupos tróficos (LUKE *et al.*, 2014). No entanto, ainda é um grupo pouco estudado (DURAN-BAUTISTA *et al.*, 2020), sobretudo no bioma Caatinga.

Ao longo do gradiente de sucessão secundária ocorre uma modificação na estrutura da vegetação com possível aumento da heterogeneidade vegetal, diversificação de locais para nidificação e aumento na disponibilidade e variabilidade de recursos alimentares. Para tanto, nós testamos as hipóteses de que o avanço do processo de sucessão secundária (inicial – intermediário e avançado) (i) promove o aumento na riqueza e ocorrência de cupins, (ii) altera a composição taxonômica, hábitos alimentares e de nidificação, isso porque as espécies mais sensíveis, como por ex. as xilófagas e com hábitos de nidificação arborícolas poderão ser reduzidas ou eliminadas localmente em ambientes em início de sucessão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Nacional da Fuma Feia (PNFF) e em sua zona de amortecimento (ZA), zona onde as atividades humanas estão sujeitas à normas e restrições específicas. Ambas estão localizadas entre os municípios de Mossoró e Baraúna, estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil (05°11'17" de latitude Sul e 37°20'39" de longitude Oeste) (Fig. 1). O PNFF possui uma extensão de 8.517,63 ha, enquanto a sua ZA possui 25.322 hectares. O clima da região é do tipo tropical quente e seco, típico do semiárido nordestino (BSw'h' - classificação de Köppen), com chuvas concentradas entre março e junho (ICMBIO, 2011; BENTO *et al.*, 2015) e os demais meses sujeitos à seca (LEITE, 2019), com pluviosidade mensal média de 65,37 mm e com temperatura média anual de 28° C, praticamente constante ao longo do ano, com máximas e mínimas mensais de 38°C e 22°C, respectivamente (EMPARN, 2020).

A paisagem consiste em vegetação xerófita caducifólia com predominância arbustivo-arbórea. Os solos são classificados como cambissolo e neossolo litólico, originados do calcário da formação Jandaíra (BENTO *et al.*, 2015). Nesta ZA encontram-se tanto áreas de Caatinga, quanto áreas com práticas agrícolas permanentes e temporárias de pastejo de pequena e de grande escala.

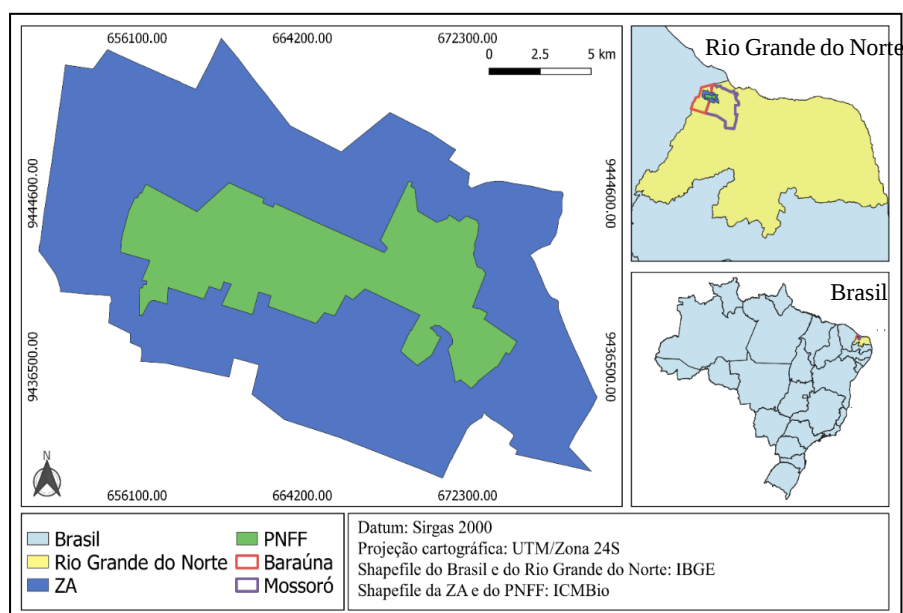


Figura 1. Localização do Parque Nacional da Fuma Feia (PNFF) e sua respectiva zona de amortecimento (ZA), com destaque aos municípios de Baraúna (em vermelho) e Mossoró (em roxo), Rio Grande do Norte, Brasil.

As coletas foram realizadas entre os meses de setembro e dezembro de 2018. Todas as coletas foram realizadas com autorização do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e ICMBio (SISBIO 52059-1 e 57554-3).

Para a condução do experimento foram amostradas nove áreas, distribuídas em três estágios de sucessão ecológica na Caatinga: inicial (com utilização recente ou até 10 anos de regeneração), normalmente caracterizada por áreas continuamente limpas e intensamente utilizada para pastejo de caprinos e bovinos; intermediária (de 11 a 49 anos de regeneração) e tardia (com, pelo menos, 50 anos de regeneração). A classificação das áreas foi feita com base no histórico de ocupação do solo e informações com a comunidade local (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição detalhada das áreas estudadas

Área	Estágio de sucessão	Descrição	Zona
A1	Inicial	Área continuamente limpa e intensamente utilizada para pastejo de caprinos e bovinos. Última utilização há dois anos para plantio de algodão (<i>Gossypium sp.</i>) e Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>).	ZA
A2	Inicial	Área continuamente limpa e intensamente utilizada para pastejo de caprinos e bovinos. Última utilização há cerca de dois meses para plantio de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).	ZA
A3	Inicial	Área continuamente limpa e intensamente utilizada para pastejo de caprinos e bovinos. Última utilização há 25 anos para plantio de Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>), milho (<i>zea mays</i>) e feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>).	ZA
A4	Intermediário	Houve queimada há 10 anos; galhos queimados no chão.	PNFF
A5	Intermediário	Última utilização há 30 anos, para plantio de caju (<i>Anacardium occidentale</i>).	ZA
A6	Tardio	Solo raso e muito pedregoso. Não há relato de uso nos últimos 50 anos.	PNFF
A7	Tardio	Solo profundo e com grande presença de macambiras (<i>Bromelia laciniosa</i>). Não há relato de uso nos últimos 50 anos.	PNFF
A8	Tardio	Houve agricultura há 50 anos; área é próxima a um açude seco; forte presença de gramíneas, macambiras (<i>Bromelia laciniosa</i>) e de afloramentos rochosos.	PNFF
A9	Tardio	Área com poucas macambiras (<i>Bromelia laciniosa</i>), poucos arbustos e poucas pedras no solo. Não há relato de uso nos últimos 50 anos.	PNFF

2.2 Desenho amostral

Em cada área foram delineados dois transectos de 65 m x 2 m com distância mínima de 10 m (Fig. 2), totalizando 18 transectos. Cada transecto foi dividido em cinco parcelas de 5 m x 2 m, espaçadas a 10 m de distância e dispostas consecutivamente em lados alternados (adaptado de ALVES *et al.*, 2011).

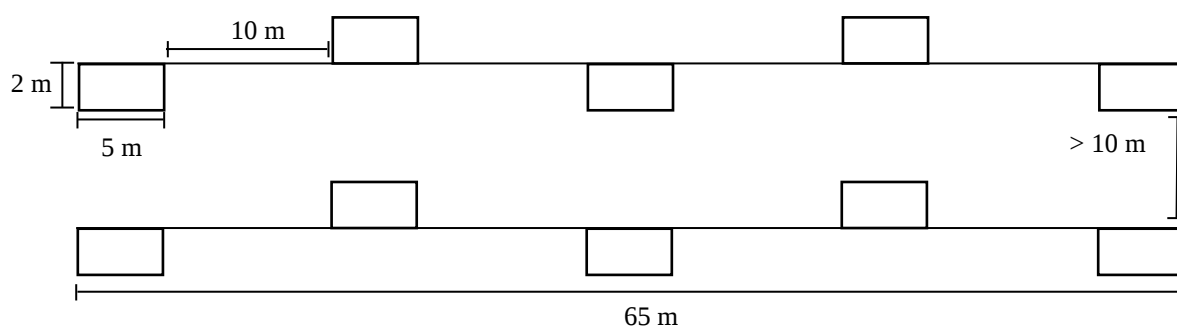


Figura 2. Representação da disposição dos transectos e das parcelas em que foram realizadas as amostragens de cupins e das variáveis ambientais.

2.3 Amostragem dos cupins

No interior de cada parcela foi realizada a busca ativa pelos cupins na superfície ou abaixo do solo (~ 15 cm), na serapilheira, base de árvores, sob pedras, no interior de ninhos arborícolas, em ninhos epígeos ou subterrâneos, em troncos e galhos vivos ou em decomposição, com esforço amostral de 1h/parcela/coletor (adaptado de ALVES *et al.*, 2011), totalizando 10h/local/coletor.

2.4 Identificação e classificação dos cupins

Os espécimes encontrados foram coletados com pinças entomológicas e preservados em álcool 80%. As identificações foram feitas até o menor nível taxonômico possível, seguindo as chaves dicotômicas (CONSTANTINO, 1999; CONSTANTINO, 2000), a descrição de espécies (MATHEWS; 1977; CONSTANTINO, 2015) e em comparação com amostras do Laboratório de Interações Ecológicas da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Todo material coletado foi depositado na Coleção da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA).

As assembleias de cupins, de cada área, foram caracterizadas quanto à riqueza, ocorrência e composição de espécies/morfoespécies, de grupos alimentares e de hábitos de nidificação. A riqueza foi considerada como o número de espécies/morfoespécies e a ocorrência como o número de parcelas em que cada morfoespécie foi encontrada (DESOUZA *et al.*, 2003). De acordo com os hábitos alimentares, os cupins foram classificados em xilófagos, humívoros, comedores intermediários ou de serapilheira (LIMA & COSTA-LEONARDO, 2007, VASCONCELLOS *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2011; CUNHA & ORLANDO, 2011). Quanto aos hábitos de nidificação, os cupins foram classificados em ninhos subterrâneos, epígeos, arborícolas e no interior de madeiras (SOUZA *et al.*, 2012).

2.4 Análise das variáveis ambientais: estruturais, físicas e químicas

Em cada parcela foi mensurada as variáveis estruturais: densidade de serapilheira (g/m^2) e densidade de árvores (número de árvores/ m^2). A serapilheira foi amostrada em quadrantes de $0,5 \times 0,5 \text{ m}$ e foi secada em estufa de circulação forçada de ar a $\pm 70^\circ\text{C}$ por, no mínimo, 72 horas (adaptado de Henriques *et al.*, 2016). Foi calculada a densidade de árvores/ m^2 considerando as árvores com altura $\geq 1 \text{ m}$ e com diâmetro à altura do solo (DAS) $\geq 3 \text{ cm}$.

As variáveis químicas e físicas do solo foram quantificadas através da coleta de uma amostra de solo (profundidade de 0-20 cm) nas parcelas ímpares de cada transecto, totalizando seis amostras/área (MURGEWA *et al.*, 2011; MUVENGWI *et al.*, 2017. Para análise química do solo, foram medidos pH em água, condutividade elétrica (CE), nitrogênio, carbono orgânico total (COT), COT/nitrogênio, matéria orgânica do solo (MOS), sódio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio e acidez potencial (DONAGEMA, 2011; GONDIM, 2018). Os parâmetros físicos do solo, concentração de argila, areia total (AT), silte, silte/argila, foram medidos pelo método de granulometria de dissolução (GONDIM, 2018). As amostras de solo foram processadas no Laboratório de Análise de Solos, Água e Plantas da UFERSA (LASAP).

2.5 Análise dos dados

2.5.1 Curva de acumulação de espécies

Para testar a eficiência do esforço amostral realizado foi utilizado o estimador não-paramétrico Chao 2, baseado na matriz de presença e ausência de espécies/morfoespécies de cupins entre os estágios de sucessão secundária estudados, com aleatorização de 1000 vezes (MAGURRAN, 2011; ERNESTO, 2013). Essa análise foi realizada no programa estatístico *Estimates 9.1* (COLWELL, 2011).

2.5.2 Riqueza e ocorrência de cupins

Neste ponto utilizamos a riqueza e a ocorrência de cupins como variáveis respostas (y) e os estágios de sucessão secundária como variável explicativa (x). Essa análise envolveu Modelos Lineares Generalizados (GLM), com distribuição de erros Poisson e, quando

necessário, ajustamos para sobredispersão (CRAWLEY, 2007). Análises de contraste foram realizadas para investigar diferenças entre os estágios de sucessão secundária.

2.5.3 Composição de espécies/morfoespécies, hábitos alimentares e de nidificação das assembleias de cupins

Para investigar o efeito dos diferentes estágios de sucessão secundária (inicial, intermediária e tardia) sobre a composição das assembleias de cupins, sobre os grupos alimentares e sobre as categorias de hábitos de nidificação foi utilizado a Análise Multivariada de Variância Permutacional (PERMANOVA), com o Índice de similaridade de Jaccard, baseado na matriz de presença e ausência e múltiplas comparações pareadas com 999 permutações (ALMEIDA *et al.*, 2017).

2.5.4 Variáveis estruturais e físico-químicas do solo

Com objetivo de investigar a ocorrência de variações estruturais, físicas e químicas nos ambientes em diferentes estágios de sucessão secundária foi realizada Análise dos Componentes Principais (PCA) (GOTELLI & ELLISON 2016), seguindo o critério de Kaiser-Guttman, que consiste em selecionar apenas os eixos (PCs) com autovalores (“eigenvalues”) maiores que a média (BORCARD *et al.*, 2018).

Visando identificar variações estruturais, físicas e químicas nos ambientes em diferentes estágios de sucessão foram realizados GLMs com distribuição normal e, quando necessário, ajustados para sobredispersão (CRAWLEY, 2007). Para tanto, as variáveis respostas (*y*) foram as variáveis estruturais (densidade de árvores e serapilheira vegetal), físicas (CE, Acidez Potencial, AT, silte e argila) e químicas (COT, MOS, N, CN, P, K, Na, Ca e Mg) e a variável explicativa (*x*) foram os estágios sucessionais. Análises de contraste foram realizadas para investigar diferenças entre os estágios de sucessão secundária.

Os gráficos e as análises foram realizados no programa estatístico R (*R Development Core Team*, 2019) com os pacotes *Ggplot2* (WICKHAM, 2016), *Vegan* (OKSANEN *et al.*, 2019) e *Fatorextra* (KASSAMBARA & MUNDT, 2020).

3. RESULTADOS

3.1 Termitofauna

Foram registradas nove morfoespécies de cupins, distribuídas em cinco gêneros e duas famílias (Tabela 2), totalizando 23 ocorrências. A família Rhinotermitidae apresentou uma morfoespécie (11,1%) com quatro ocorrências (26,1%). A família Termitidae apresentou oito morfoespécies (88,9%) e 17 ocorrências (73,9%). A subfamília Apicotermitinae apresentou apenas uma morfoespécie (11,1%) e duas ocorrências (8,7%). A subfamília Nasutitermitinae apresentou quatro morfoespécies (44,4% do) e dez ocorrências (43,5%). A subfamília Termitinae contou com uma morfoespécie (11,1%) e cinco ocorrências (21,7%).

No que se refere aos grupos alimentares, seis morfoespécies são xilófagas (66,6%), com um total de 19 ocorrências (82,6%); duas morfoespécies são intermediárias (22,2%) e uma morfoespécie é humívora (11,2%), sendo essas duas últimas com duas ocorrências (8,7%).

Em relação aos hábitos de nidificação dos cupins amostrados, quatro morfoespécies (44,4%) nidificam de modo intermediário, no interior de madeira e em ninhos arborícolas, com sete ocorrências (30,4%); duas morfoespécies nidificam no solo (22,2%), com oito ocorrências (34,8%); duas morfoespécies nidificam no interior de madeiras (22,2%), com duas ocorrências (8,7%) e uma morfoespécie constrói ninhos arborícolas (11,2%), com seis ocorrências (26,1%).

Nas áreas sucessão inicial não foram encontrados cupins. O estágio de sucessão intermediária apresentou riqueza de quatro morfoespécies de cupins, as quais três foram exclusivas (*Anoplotermes* sp., *Amitermes amifer*, e *Amitermes nordestinus*) e uma espécie compartilhada (*Nasutitermes corniger*) com as áreas em sucessão tardia. Por sua vez, as áreas em estágio de sucessão tardia apresentaram riqueza de seis morfoespécies, as quais cinco foram exclusivas (*Nasutitermes* sp. 2, *Nasutitermes* sp. 3, *Nasutitermes* sp. 4, *Microcerotermes* sp. e *Heterotermes tenuis*) (Tabela 2).

Os cupins dos grupos alimentares xilófagos ocorreram nos estágios de sucessão intermediário e tardio, sendo que nas áreas em estágio tardio foi registrada uma morfoespécie representando 33,3% da ocorrência e nas áreas de sucessão tardia, com seis morfoespécies e 100 % da ocorrência. Os cupins humívoros (três morfoespécies, 33,3% ocorrência) e intermediários (duas morfoespécies, 33,3% ocorrência) foram encontrados exclusivamente nas áreas em sucessão intermediária (Tabela 2).

Os cupins com hábitos de nidificação subterrâneo e arborícola ocorreram nas áreas de sucessão intermediária e tardia. Por sua vez, os cupins com hábitos arborícola e na madeira ocorreram exclusivamente em áreas de sucessão tardia e os cupins que nidificam na madeira foram exclusivos nas áreas em sucessão intermediária (Tabela 2).

Tabela 2. Riqueza e ocorrência de morfoespécies de cupins em áreas de Caatinga em diferente sucessão vegetal, no Parque Nacional da Fuma Feia e na Zona de Amortecimento. Classificação de acordo com o hábito alimentar (HA): em xilófagos (Xi), húmívoros (Hu), consumidor intermediário (Int); e quanto aos hábitos de nidificação (HN): nidificação na madeira (Mad), subterrâneo (Sub) e arborícola (Arb).

Espécies/Morfoespécies	Hábito		Estágio Sucessional						Total
			Intermediário		Tardio				
	HA	HN	A4	A5	A6	A7	A8	A9	
Rhinotermitidae									
<i>Heterotermes tenuis</i> (Hagen, 1858)	Xi	Sub	0	0	1	3	1	1	6
Termitidae									
Apicotermatinae									
<i>Anoplotermes</i> sp.	Hu	Sub	0	2	0	0	0	0	2
Nasutitermitinae									
<i>Nasutitermes corniger</i> (Motschulsky, 1855)	Xi	Arb	1	1	2	0	0	2	6
<i>Nasutitermes</i> sp. 2	Xi	Arb/Mad	0	0	1	1	0	0	2
<i>Nasutitermes</i> sp. 3	Xi	Arb/Mad	0	0	0	0	0	1	1
<i>Nasutitermes</i> sp. 4	Xi	Arb/Mad	0	0	0	1	0	0	1
Termitinae									
<i>Amitermes amifer</i> Silvestri, 1901	Int	Mad	1	0	0	0	0	0	1
<i>Amitermes nordestinus</i> Mélo & Fontes, 2003	Int	Mad	0	1	0	0	0	0	1
<i>Microcerotermes</i> sp.	Xi	Arb/Mad	0	0	0	0	2	1	3
Número de Ocorrência			2	4	4	5	3	5	23
Riqueza Observada			2	3	3	3	2	4	9

3.2 Curva de Acumulação de espécies

As curvas de acumulação de espécies apresentaram tendência à estabilização em todos os estágios de sucessão amostrados, sugerindo que o esforço amostral realizado foi suficiente. As curvas demonstram maior número de espécies de cupins em áreas de sucessão intermediária e tardia em relação as áreas de início de sucessão. Nos estágios intermediário e tardio as barras de erro se sobrepõem sugerindo riqueza de espécies semelhantes (Fig. 3).

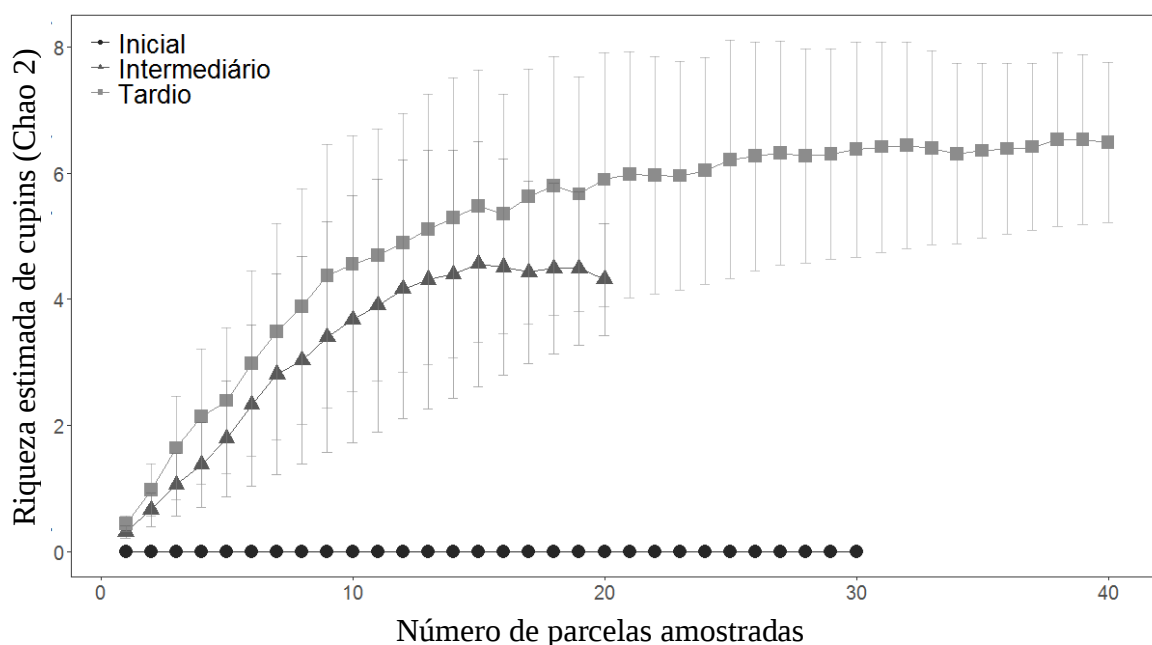


Figura 3. Riqueza estimada de cupins baseada no estimador Chao 2 para áreas em diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar.

3.3 Riqueza e ocorrência de cupins

A riqueza de espécies/morfoespécies de cupins foi significativamente maior nos estágios de sucessão intermediário e tardio em relação ao estágio inicial ($F_{2,6}=82,541$; $P=0,00004$, Fig. 4), uma vez que nas áreas de estágio de sucessão inicial não houve encontro de cupins. A riqueza de cupins foi semelhante entre os estágios intermediário e tardio ($F_{1,7}=0,401$; $P=0,549$).

A ocorrência de cupins apresentou tendência semelhante a riqueza, uma vez que foi encontrada maior ocorrência nos estágios intermediário e tardio em comparação com o estágio inicial ($F_{2,6}=43,886$; $P=0,0003$, Fig. 5). A ocorrência de cupins foi semelhante entre os estágios intermediário e tardio ($F_{1,7}= 2,589$; $P= 0,149$).

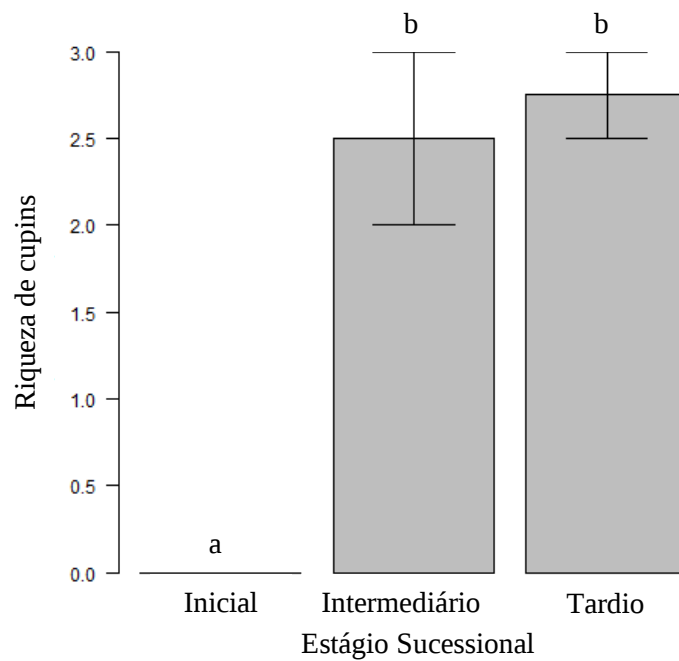


Figura 4. Riqueza de espécies/morfoespécies de cupins nas áreas em diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. Diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM $F_{2,6}=82,541$; $P=0,00004$).

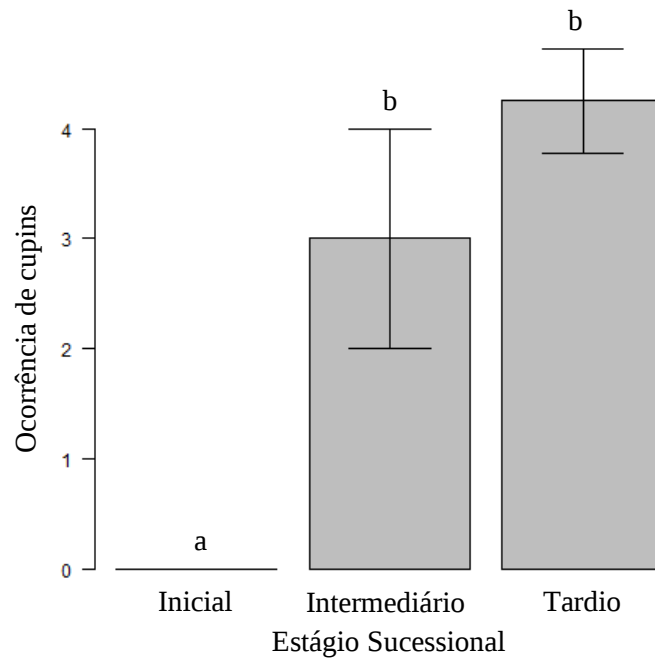


Figura 5. Ocorrência de cupins nas áreas em diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. Diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM $F_{2,6}=43,886$; $P=0,0003$).

3.4 Composição de espécies/morfoespécies da comunidade de cupins

A composição das assembleias de cupins foi semelhante entre os estágios de sucessão intermediária e tardia (PERMANOVA, $F_{1,5}=0,896$; $P=0,467$).

3.5 Como os grupos alimentares e categorias de hábitos de nidificação respondem aos diferentes estágios de sucessão

A composição de espécies de acordo com os hábitos alimentares (PERMANOVA, $F_{1,5}=0,700$; $P=0,733$) e entre as categorias de hábitos de nidificação (PERMANOVA, $F_{1,5}=0,307$; $P=0,867$) foram semelhantes para estágios de sucessão intermediário e tardio.

3.6 Variáveis ambientais: químicas, físicas e estruturais e a sucessão vegetal

As áreas classificadas em estágios de sucessão inicial e tardio apresentaram distinta composição química, física e estrutural (PCA, Fig. 6), sendo que os dois primeiros eixos da PCA explicaram 75% da variação (Fig. 6). Na PC1 as quatro variáveis que mais explicaram foram areia total, nitrogênio, cálcio e Silte, enquanto que na PC2 foram acidez potencial, carbono/nitrogênio, condutividade elétrica e densidade de árvores.

As áreas em diferentes estágios de sucessão secundária se diferenciaram quanto as variáveis estruturais densidade de árvores ($F_{2,6}=50,698$; $P=0,0002$, Fig. 7) e serapilheira ($F_{2,6}=8,074$; $P=0,020$, Fig. 8) e a variável química COT ($F_{2,6}=5,333$; $P=0,047$, Fig. 9). Sendo que densidade de árvores ($F_{1,7}=4,940$; $P=0,068$, Fig. 7) e densidade de serapilheira ($F_{1,7}=3,190$; $P=0,124$, Fig. 8) foram semelhantes nas áreas em sucessão intermediária e tardia as quais foram maiores do que as encontradas em áreas em início de sucessão. Por sua vez, o COT foi maior nas áreas em estágio de sucessão do que nas áreas de sucessão inicial e intermediárias as quais foram semelhantes ($F_{1,7}=0,161$; $P=0,702$, Fig. 9). Por outro lado, as variáveis químicas N ($F_{2,6}=1,704$; $P=0,259$), CN ($F_{2,6}=2,376$; $P=0,174$), P ($F_{2,6}=4,153$; $P=0,074$), K ($F_{2,5}=3,398$; $P=0,117$), Na ($F_{2,5}=0,356$; $P=0,717$), Ca ($F_{2,6}=0,722$; $P=0,523$) e Mg ($F_{2,6}=0,185$; $P=0,836$) e as variáveis físicas CE ($F_{2,6}=1,288$; $P=0,342$), acidez potencial ($F_{2,6}=2,966$; $P=0,127$), AT ($F_{2,6}=1,798$; $P=0,244$), silte ($F_{2,6}=1,015$; $P=0,417$) e argila ($F_{2,6}=1,348$; $P=0,328$) foram semelhantes nas áreas com os diferentes estágios de sucessão secundária.

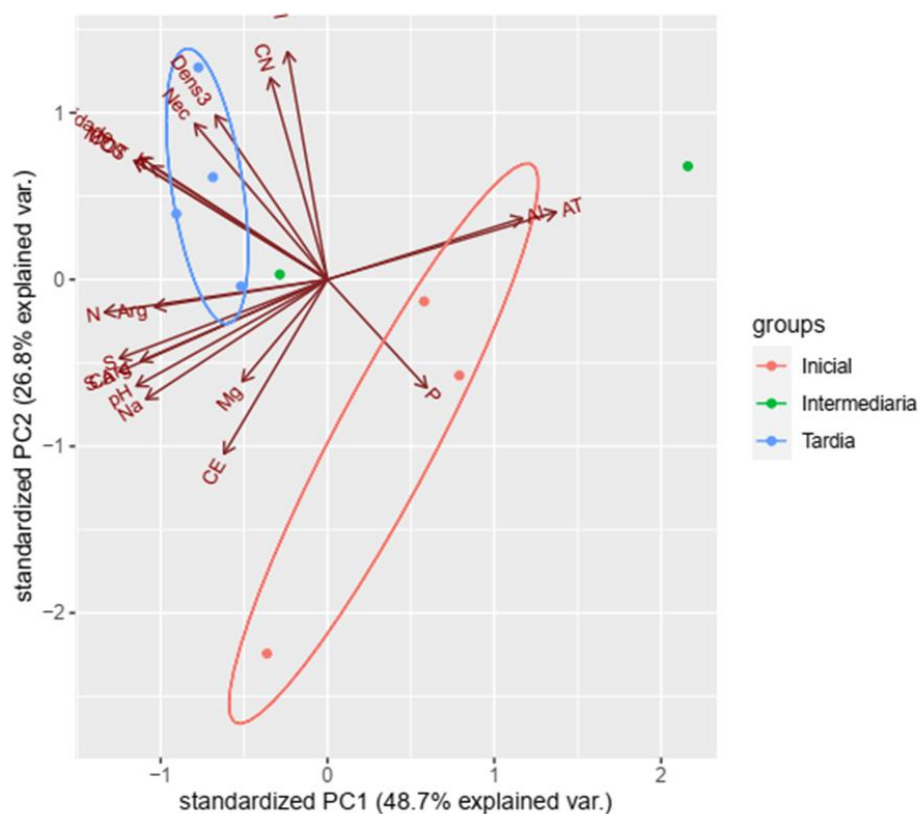


Figura 6. Análise dos componentes principais (PCA) das variáveis ambientais nos estágios de sucessão secundária inicial, intermediária e tardia, em Caatinga do semiárido Potiguar. Variáveis ambientais: pH em água (pH), condutividade elétrica (CE), nitrogênio (N), carbono orgânico total (COT), COT/nitrogênio (C.N), matéria orgânica do solo (MOS), sódio (NA), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H.Al), concentração de argila (Arg), areia total (AT), silte (S), silte/argila (S.Arg).

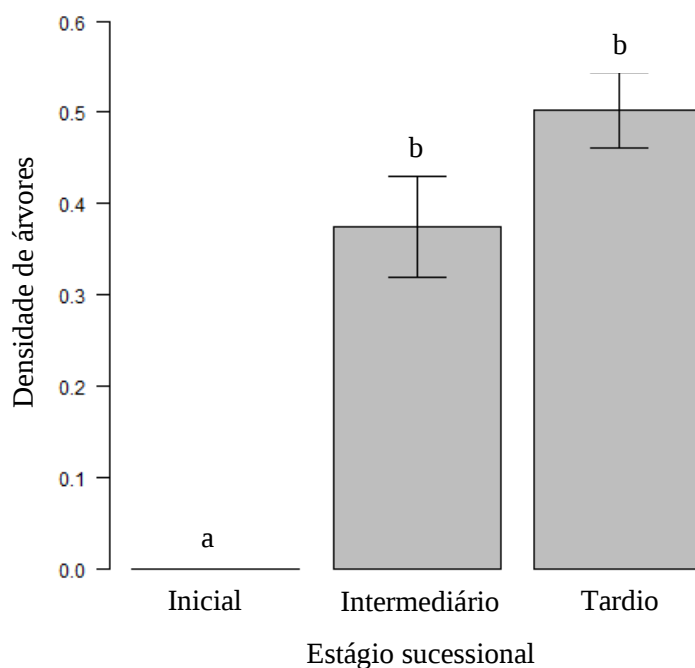


Figura 7. Relação da densidade de árvores com os diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. Diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM $F_{2,6}=50,698$; $P=0,0002$).

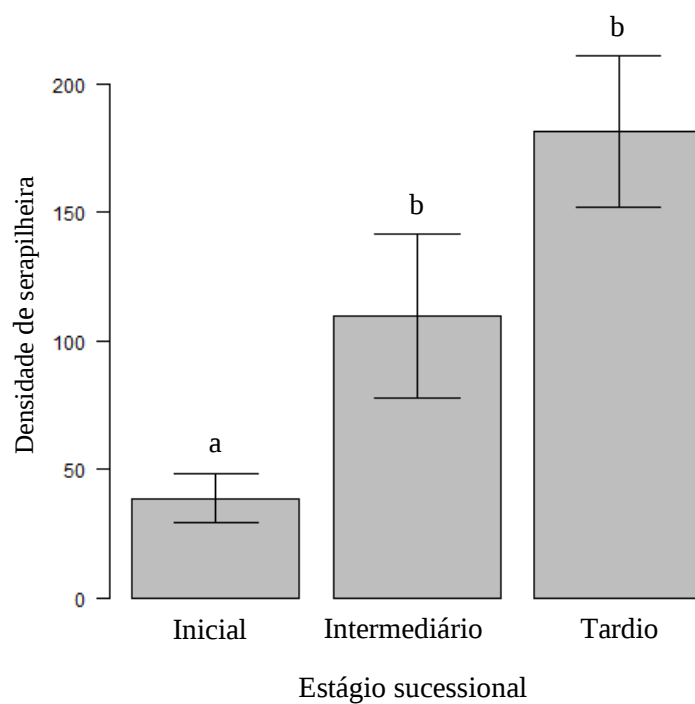


Figura 8. Relação da densidade de serapilheira com os diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. Diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM: $F_{2,6}=8,074$; $P=0,020$).

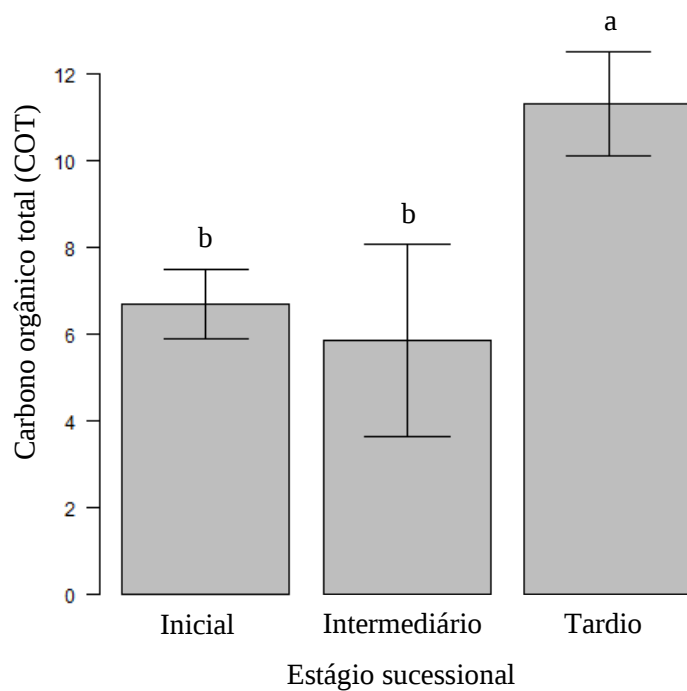


Figura 9. Relação do carbono orgânico total com os diferentes estágios de sucessão secundária na Caatinga do semiárido Potiguar. Diferentes letras indicam diferenças significativas (GLM $F_{2,6}=5,333$, $P=0,047$).

4 DISCUSSÃO

De acordo com os nossos resultados os estágios iniciais de sucessão eliminaram as assembleias de cupins. Os estágios intermediários e avançados apresentaram assembleias semelhantes em riqueza, ocorrência, composição taxonômica, hábitos de alimentação e de nidificação. Dessa forma, podemos considerar que nossas hipóteses foram corroboradas parcialmente.

Esse é o primeiro trabalho sobre a termitofauna do Parque Nacional de Fuma Feia, Rio grande do Norte e o terceiro registrado em áreas de Caatinga nesse estado. A riqueza de cupins encontrada, nove morfoespécies, foi semelhante ao encontrado por esses trabalhos (ALVES et al., 2011; SOUZA & SOUSA, 2018). Por sua vez, a riqueza de espécies foi menor ao encontrado nos trabalhos desenvolvidos nas Caatingas localizadas em Sergipe (VIANA JUNIOR et al., 2014), em Pernambuco (COUTO et al., 2015) e na Paraíba (VASCONCELLOS et al., 2010; LUSTOSA JUNIOR et al., 2012). Essas diferenças podem estar associadas às características regionais do domínio da Caatinga, uma vez que variações na precipitação (DAVIES et al., 2015), gradientes altitudinais (LUSTOSA JUNIOR et al., 2012; COUTO et al., 2015), latitudinais (CANCELO et al., 2014) e variações sazonais (LUSTOSA JUNIOR et al., 2012) podem interferir na riqueza de espécies de cupins.

De acordo com a nossa hipótese esperávamos redução na riqueza e número de ocorrência dos cupins em estágio inicial de sucessão, entretanto verificamos que as assembleias de cupins foram eliminadas nesse estágio. Inúmeros trabalhos tem demonstrado a redução da riqueza e/ou da ocorrência dos cupins em resposta a intensificação do uso do solo (GODOY et al., 2013; KAISER et al., 2015; SANABRIA et al., 2016; DOSSO et al., 2017; MUVENGWI et al., 2017; DOSSO et al., 2017), a intensidade do pastejo (GODOY et al., 2013) e ausência de vegetação perene, como áreas de solo exposto (CUNHA & ORLANDO, 2011; SANABRIA et al., 2016). Nesse sentido, os cupins podem ser considerados sensíveis aos distúrbios no habitat (COULIBALY et al. 2016) em especial, para os cupins da Caatinga (VASCONCELLOS et al., 2010).

As assembleias de cupins estudadas foram semelhantes em riqueza, ocorrência composição taxonômica, de grupo alimentares e de nidificação entre as áreas de sucessão intermediária e tardia. Alguns estudos mostraram que a riqueza de espécies de cupins varia muito pouco entre florestas com regeneração antiga e regeneração intermediária (ALVES et al., 2011; PAULA et al., 2015; BOUGUIGNON et al., 2017) e justifica-se pela alta capacidade desses insetos para recolonizar florestas secundárias. Para áreas reflorestadas, cerca de 10 anos,

mostrou-se como tempo suficiente para recuperação da riqueza de cupins (PAULA et al., 2015). Por outro lado, existem trabalhos em que a riqueza foi semelhante quando comparado o estágio intermediário com o estágio inicial de sucessão (VASCONCELLOS et al., 2010; CUNHA & ORLANDO 2011; SOUTO et al., 2016), ou a riqueza foi semelhante entre os três estágios sucessionais (ALVES et al., 2011; VIANA JUNIOR et al., 2014).

Embora haja diferentes os estágios de sucessão, nenhum suporte estatístico foi encontrado para subsidiar a ideia de que eram diferentes em relação às variáveis química e físicas medidas, assim como foi mostrado no trabalho de Alves e colaboradores (2011). Todavia, as áreas de início de sucessão se diferenciaram dos outros estágios de sucessão pelas características estruturais como ausência de vegetação arbórea (Fig. 7), redução na densidade de serapilheira (Fig. 8) e no carbono orgânico total (Fig. 9) os quais podem prejudicar a nidificação e o forrageamento dos cupins e, conseqüentemente, reduzir a sua biodiversidade (VIANA JUNIOR *et al.*, 2014; BASSET *et al.*, 2016; MUVENGWI *et al.*, 2017; DOSSO et al., 2017). Esses resultados vão de encontro ao discutido por outros autores que verificaram que a transformação de áreas naturais em áreas de pastejo, provoca mudanças em sua qualidade, como maiores processos de erosão, variação de temperatura, menor umidade do solo, maior irradiação e exposição solar (SCHUMACHER *et al.*, 2008; MUVENGWI et al., 2017). As pastagens e solos expostos, muitas vezes, podem eliminar espécies especializadas e raras (DURAN-BAUTISTA et al., 2020) ou forçar os cupins a buscar proteção mais profunda no solo, fugir para as áreas ao redor, ou ainda reduzir a atividade de forrageamento perto da superfície (VASCONCELLOS et al., 2010).

Quanto aos grupos alimentares, os dados disponíveis, embora limitados, sugerem que a o tempo de distúrbio leva à perda seletiva de certos grupos funcionais, especialmente aqueles que se alimentam de madeira, com expressiva redução em áreas em estágio inicial de sucessão (VASCONCELLO et al., 2010; VIANA JUNIOR et al., 2014), que em nosso caso, também foi fortemente afetado no estágio intermediário.

Por fim, a complexidade e heterogeneidade do habitat resultante da sucessão ecológica podem ser consideradas fatores importantes na determinação de maiores padrões de riqueza de espécies de cupins na Caatinga. Esses resultados reforçam o potencial dos cupins como indicadores biológicos da qualidade do habitat neste bioma, além do fato de que a conservação de áreas com diferentes estágios de regeneração florestal (com foco em áreas com estágio de sucessão intermediária e tardia) como é o caso do PNFF é fundamental para a conservação das comunidades de cupins.

CONCLUSÃO

Áreas de Caatinga em processo sucessão secundária inicial se constituem em ambientes com grande impacto antrópico, visto que apresentaram menores densidade de árvores, necromassa e carbono orgânico total e, conseqüentemente não possibilita o estabelecimento e a permanência de cupins. Nesse sentido, sugere-se práticas menos intensas de manejo de solo, redução de áreas de pastagem em regiões do semiárido e a introdução de vegetação arbórea nessas áreas visando melhoria nas condições estruturais possibilitando assim, a ocorrência de cupins e de suas contribuições ao funcionamento dos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. S. *et al.* The impact of edge effect on termite community (Blattodea: Isoptera) in fragments of Brazilian Atlantic Rainforest. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3, p. 519-526, 2017.
- ALVES, Wagner de França. *et al.* Termites as bioindicators of habitat quality in the Caatinga, Brazil: is there agreement between structural habitat variables and the sampled assemblages? **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 1, p. 39-46, 2011.
- APORI, Samuel Obeng. *et al.* Role of Military Termites (*Pseudocanthotermes militaris*) in Improving Soil Productivity in Tropical Agroecosystems. **Annual Research & Review in Biology**, p. 14-19, 2020.
- ARAÚJO, Helder Farias Pereira; SILVA, José Maria Cardoso. The avifauna of the Caatinga: biogeography, ecology, and conservation. In: SILVA, José Maria Cardoso; LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo (Ed.). **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. Springer, 487 p., 2018.
- ARRAES, Ronaldo de Albuquerque; MARIANO, Francisca Zilania; SIMONASSI, Andrei Gomes. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.
- ASHTON, L. A. *et al.* Termites mitigate the effects of drought in tropical rainforest. **Science**, v. 363, n. 6423, p. 174-177, 2019.
- AYUKE, Frederick O. *et al.* Soil fertility management: impacts on soil macrofauna, soil aggregation and soil organic matter allocation. **Applied Soil Ecology**, v. 48, n. 1, p. 53-62, 2011.
- BASSET, Yves *et al.* Contrasting the distribution of butterflies and termites in plantations and tropical forests. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 1, p. 151-176, 2017.
- BENTO, D. M.; CRUZ, J. B.; FREITAS, J. I. M.; CAMPOS, U. P. Área de proteção ambiental Pedra de Abelha: proposta para a conservação da maior concentração de cavernas do Rio Grande do Norte. Anais do 33º. **Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Campinas: SBE, p. 51-63, 2015.
- BORCARD, Daniel; GILLET, François; LEGENDRE, Pierre. **Numerical ecology with R**. Springer, 2018.
- BOURGUIGNON, Thomas *et al.* Ant and termite communities in isolated and continuous forest fragments in Singapore. **Insectes Sociaux**, v. 64, n. 4, p. 505-514, 2017.
- BOURGUIGNON, Thomas *et al.* Influence of soil properties on soldierless termite distribution. **PloS one**, v. 10, n. 8, p. 1-11, 2015.
- CANCELLO, Eliana M. *et al.* Latitudinal variation in termite species richness and abundance along the Brazilian Atlantic Forest hotspot. **Biotropica**, v. 46, n. 4, p. 441-450, 2014.

CARVALHO-FERNANDES, Sheila Patricia; ALMEIDA-CORTEZ, Jarcilene Silva de; FERREIRA, Andre Luiz Nunes. Riqueza de galhas entomógenas em áreas antropizadas e preservadas de Caatinga. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 269-277, 2012.

CHEIK, S., BOTTINELLI, N., SOUDAN, B., HARIT, A., et al. Effects of termite foraging activity on topsoil physical properties and water infiltration in Vertisol. **Applied soil ecology**, v. 133, p. 132-137, 2019.

COLWELL, Robert K. **EstimateS**: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. <http://purl.oclc.org/estimates>, 2011.

CONSTANTINO, Reginaldo. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis avulsos de Zoologia**, v. 40, n. 25, p. 387-448, 1999.

CONSTANTINO, Reginaldo. Key to the soldiers of South American Heterotermes with a new species from Brazil (Isoptera: Rhinotermitidae). **Insect Systematics & Evolution**, v. 31, n. 4, p. 463-472, 2000.

CONSTANTINO, Reginaldo. **Cupins do Cerrado**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2015. v. 1. 153p

COULIBALY, Tenon *et al.* Change in termite communities along a chronosequence of mango tree orchards in the north of Côte d'Ivoire. **Journal of insect conservation**, v. 20, n. 6, p. 1011-1019, 2016.

COUTO, A. A., ALBUQUERQUE, A. C., VASCONCELLOS, A., & CASTRO, C. C. Termite assemblages (Blattodea: Isoptera) in a habitat humidity gradient in the semiarid region of northeastern Brazil. **Zoologia** (Curitiba), v. 32, n.4, p. 281-288, 2015.

CRAWLEY, Michael J. **The R book**. John Wiley & Sons, 2012.

CUNHA, Héli da Ferreira; ORLANDO, Thales Yann Silva. Functional composition of termite species in areas of abandoned pasture and in secondary succession of the Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco, Goiás, Brazil. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, 2011.

DAVIES, Andrew B. *et al.* Seasonal activity patterns of African savanna termites vary across a rainfall gradient. **Insectes Sociaux**, v. 62, n. 2, p. 157-165, 2015.

DESOUZA, O; ALBUQUERQUE, L. ; PINTO, L. ; TONELLO, V. ; REIS JÚNIOR, R. . Effects of fire on termite generic richness in a savanna-like ecosystem 'Cerrado' of Central Brazil. **Sociobiology**, Chicago, USA, v. 42, n.3, p. 639-649, 2003.

DIAS, N. P., MEDEIROS, L. R., DE BASTOS PAZINI, J., & DA SILVA, F. F. Distribuição espacial de Procornitermes sp.(Isoptera: Termitidae) em função das propriedades físicas do solo em área de pastagem no município de São Borja, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n.2, (2012).

DONAGEMA, G. K. (Orgs) **Manual de métodos de análise de solos**. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230 p. 2011.

DOSSO, Kanvaly *et al.* Short-term changes in the structure of termite assemblages associated with slash-and-burn agriculture in Côte d'Ivoire. **Biotropica**, v. 49, n. 6, p. 856-861, 2017.

DURAN-BAUTISTA, Ervin Humprey *et al.* Termites as indicators of soil ecosystem services in transformed amazon landscapes. **Ecological Indicators**, v. 117, p. 106550, 2020.

EMPARN, E. D. P. A. D. Rio Grande do Norte. **Dados pluviométricos de Baraúnas**. Disponível em: <<http://meteorologia.emparn.rn.gov.br:8181/>> Acesso em: 10 jan. 2020.

ERNESTO, M. V. **Térmitas de duas áreas de floresta atlântica brasileira: uma análise do desempenho de estimadores não paramétricos**. Dissertação de mestrado, UFPB, Rio Tinto, PB, 71 p., 2013.

GIBSON, Luke *et al.* Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 378-381, 2011.

GODOY, M. Celina; LAFFONT, Enrique R.; CORONEL, Juan M. Bioecological traits, abundance patterns and distribution extension of the soldierless Neotropical termite *Compositermes vindai* Scheffrahn, 2013 (Isoptera: Termitidae: Apicotermitinae). **Biodiversity and Natural History**, v. 1, n. 1, p. 26-34, 2015.

GONDIM, Joaquim Emanuel Fernandes. **Qualidade do solo em agroecossistemas da região semiárida do Estado do Rio Grande do Norte**. Dissertação de mestrado, UFPB, Areia, PB, 104 p., 2018.

GOTELLI, Nicholas J.; ELLISON, Aaron M. **Princípios de estatística em ecologia**. Artmed Editora, 2016.

HENRIQUES, Í. GN *et al.* Acúmulo, deposição e decomposição de serrapilheira sob a dinâmica vegetal da Caatinga em Unidade de Conservação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 84-89, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse do Censo demográfico de 2010. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=12>> Acesso em: 14 mar. 2020.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Ministério do Meio Ambiente). **Relatório Técnico Final**: caracterização da sensibilidade ambiental e mapeamento das cavernas de Felipe Guerra e do sítio espeleológico da Furna Feia e áreas cársticas adjacentes. Natal: ICMbio, 2011.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Ministério do Meio Ambiente). **Unidades de Conservação – Caatinga**. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga>> Acesso em 10 jun. 2020

KAISER, D; CROULAUD SYLVAIN, T. B; YEO, K; KONATE, S; LINSÉNMAIR, K. E. Species richness of termites (Blattoidea: Termitoidae) and ants (Hymenoptera: Formicidae)

along disturbance gradients in semi-arid Burkina Faso (West Africa). **Bonn Zoological Bulletin**, v. 64, n.1, p. 16-31, 2015.

KASSAMBARA, Alboukadel; MUNDT, Fabian. **Factoextra**: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.7, 2020.

LAURANCE, W. F. ANDRADE, A. S; MAGRACH, A; CAMARGO, J. L; CAMPBELL, M; FEARNside, P. M; LAURANCE, S. G. Apparent environmental synergism drives the dynamics of Amazonian forest fragments. **Ecology**, v. 95, n. 11, p. 3018-3026, 2014.

LECLARE, Shelby K. *et al.* Land-use diversity within an agricultural landscape promotes termite nutrient cycling services in a southern African savanna. **Global Ecology and Conservation**, v. 21, p. 1-9, 2020.

LEITE, Paulo Henrique da Silva. **Mudanças Espaço-Temporais no Uso e Cobertura do Solo no Parque Nacional da Fuma Feia/RN**. Monografia, UFRSA, Mossoró, RN, 48 p., 2019.

LIMA, J. T; COSTA-LEONARDO, A. M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, v. 7, n.2, p. 243-250, 2007.

LIMA, K. D. R. *et al.* Soil fauna as bioindicator of recovery of degraded areas in the Caatinga Biome. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 401-411, 2017.

LUKE, S. H., FAYLE, T. M., EGGLETON, P. *et al.* Functional structure of ant and termite assemblages in old growth forest, logged forest and oil palm plantation in Malaysian Borneo. **Biodiversity Conservation**. V. 23, n. 11, p.2817–2832, 2014.

LUSTOSA JUNIOR, N. **Termitofauna em ambiente serrano no semiárido nordeste do Brasil**. Relatório de Estágio Supervisionado. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 30 p., 2012.

MACIEL, B. A. Unidades de conservação no bioma Caatinga. IN: GARIGLIO, M. A. (Orgs) **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 368p. 2010.

MAGURRAN, Anne E. **Medindo a Diversidade Biológica**. Curitiba: UFPR, 2011.

MATHEWS, A. A. G. **Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 1977.

MOREIRA, Breno; CARVALHO, Fabrício Alvim. A comunidade arbórea de um fragmento urbano de Floresta Atlântica após 40 anos de sucessão secundária (Juiz de Fora, Minas Gerais). **Biotemas**, v. 26, n. 2, p. 59-70, 2013.

MUVENGWI, Justice *et al.* Termite diversity along a land use intensification gradient in a semi-arid savanna. **Journal of insect conservation**, v. 21, n. 5-6, p. 801-812, 2017.

Ó, Paulo César Alves; SOUSA, José Reybson Nicácio; GOMES, Suellen Cristina Pantoja; FERREIRA, Alana Ventura; SILVA, Ane Cristine Fortes. Carbono e nitrogênio na serapilheira

acumulada em fragmentos de caatinga na Paraíba. **Anais do I Congresso internacional de ciências agrárias** – COINTER – PDVAgro, 2016.

OKSANEN, Jari. **Vegan**: ecological diversity processed with vegan 2.5-6 in R version 3.6.1, 2019.

OLIVEIRA, D. E., CARRIJO, T. F., & BRANDÃO, D. Species composition of termites (Isoptera) in different Cerrado vegetation physiognomies. **Sociobiology**, v. 60, n. 2, p. 190-197, 2014.

OLIVEIRA, Geórgia F. *et al.* Contributions of dryland forest (Caatinga) to species composition, richness and diversity of Drosophilidae. **Neotropical entomology**, v. 45, n. 5, p. 537-547, 2016.

OLIVEIRA, R. A. N., SOUSA, G. A., DE MENEZES JUNIOR, J. C., MELO, R. T., SOUSA NETO, E. P., SOUSA, T. P. Dinâmica do Processo de Desmatamento de Caatinga no Município de Catolé do Rocha-PB. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. v. 10, n. 4, 2014.

PAULA, Reniel Chaves *et al.* The restoration of termite diversity in different reforested forests. **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 3, p. 395-404, 2016.

PHAN, T. H. D., BROUWER, R., DAVIDSON, M. The economic costs of avoided deforestation in the developing world: a meta-analysis. **Journal of forest economics**, v. 20, n.1, p.1-16, 2014.

RIBEIRO, E. M. S. *et al.* Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 3, p. 611-620, 2015.

SANABRIA, C. *et al.* Influence of regions, land uses and soil properties on termite and ant communities in agricultural landscapes of the Colombian Llanos. **European Journal Of Soil Biology**, [s.l.], v. 74, p. 81-92, 2016.

SANTOS, C. A. B; GOMES, R. L. Caracterização dos térmitas na estação ecológica Raso da Catarina, Jeremoabo, Bahia. **Revista Semiárido De Visu**, v. 2, n. 1, p. 210-218, 2012.

SANTOS, Juliana Silveira *et al.* Characterising the spatial distribution of opportunities and constraints for land sparing in Brazil. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020.

SCHUMACHER, M. V., VIERA, M., WITSCHORECK, R. Litter production and nutrients transfer in a second rotation area with Pinus taeda L. forest in Cambará do Sul, RS. **Ciencia Florestal**, v. 18, n. 4, 471-480, 2008.

SILESHI, G. W.; ARSHAD, M. A. Application of distance–decay models for inferences about termite mound-induced patterns in dryland ecosystems. **Journal of arid environments**, v. 77, p. 138-148, 2012.

SILVA, José Maria Cardoso., BARBOSA, Luis Claúdio Fernandes. Impact of Human Activities on the Caatinga. IN: SILVA, J. M. C., LEAL, I. R., TABARELLI, M. (Eds.). **Caatinga**: the largest tropical dry forest region in South America. Springer, p. 359 – 368, 2017.

SOUZA, Heitor Bruno de Araújo; ALVES, Wagner de França; VASCONCELLOS, Alexandre. Termite assemblages in five semideciduous Atlantic Forest fragments in the northern coastland limit of the biome. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 1, p. 67-72, 2012.

SOUZA, Henrique Jesus de; DELABIE, Jacques Hubert Charles; SODRÉ, George Andrade. Termite participation in the soil-forming processes of 'murundus' structures in the semi-arid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, 2020

SOUZA, Michael Pratini Silva de; SOUSA, Pablo Augusto Gurgel de. Aspectos ecológicos da termitofauna de um remanescente de caatinga da região neotropical, Brasil. **HOLOS**, v. 6, p. 34-51, 2018.

TABARELLI, Marcelo *et al.* The future of the Caatinga. In: SILVA, José Maria Cardoso; LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo (Ed.). **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. Springer, 2018.

VASCONCELLOS, A. *et al.* Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. **Journal Of Arid Environments**, [s.l.], v. 74, n. 2, p. 298-302, 2010.

VIANA-JUNIOR, A. B. *et al.* Termite assemblages in dry tropical forests of Northeastern Brazil: Are termites bioindicators of environmental disturbances? **Sociobiology**, v. 61, n. 3, p. 324-331, 2014.

WERNECK, Fernanda P. *et al.* Revisiting the historical distribution of Seasonally Dry Tropical Forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidencegeb. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, n. 2, p. 272-288, 2011.

WICKHAM, H., CHANG, W., WICKHAM, M. H. **Package 'ggplot2'**. Create Elegant DataVisualisations Using the Grammar of Graphics. version 1.0.0, p. 1-189, 2016.