



**A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA CAATINGA**



**RELAÇÃO ENTRE A DIVERSIDADE DE CUPINS E AS ALTERAÇÕES
EXISTENTES EM ÁREAS DE CAATINGA, SERGIPE, BRASIL**

Aluno: Arleu Barbosa Viana Junior

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Marques Costa

**Julho - 2013
São Cristóvão - Sergipe
Brasil**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA CAATINGA



RELAÇÃO ENTRE A DIVERSIDADE DE CUPINS E AS ALTERAÇÕES
EXISTENTES EM ÁREAS DE CAATINGA, SERGIPE, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Autor: Arleu Barbosa Viana Junior

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Marques Costa

Co-orientadora: Profa. Dra. Yana Teixeira Reis

Julho - 2013
São Cristóvão - SE
Brasil

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

V614r

Viana Junior, Arleu Barbosa

Relação entre a diversidade de cupins e as alterações existentes em áreas de caatinga, Sergipe, Brasil / Arleu Barbosa Viana Junior ; orientadora Ana Paula Marques Costa. – São Cristóvão, 2013.
45 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Sergipe, 2013.

1. Térmitas. 2. Térmitas – Grupos tróficos. 3. Caatinga. 4. Bioindicadores. 5. Alto Sertão Sergipano. I. Costa, Ana Paula Marques, orient. II. Título

CDU: 595.731(813.7)

TERMO DE APROVAÇÃO

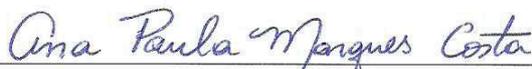
**RELAÇÃO ENTRE A DIVERSIDADE DE CUPINS E AS ALTERAÇÕES
EXISTENTES EM ÁREAS DE CAATINGA, SERGIPE, BRASIL**

por

ARLEU BARBOSA VIANA JUNIOR

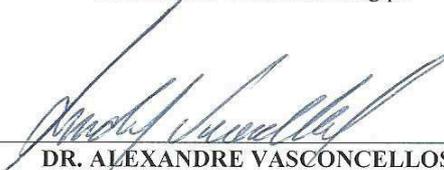
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

APROVADA pela banca examinadora composta por



DR^a ANA PAULA MARQUES COSTA

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da
Universidade Federal de Sergipe



DR. ALEXANDRE VASCONCELLOS

Universidade Federal da Paraíba



DR. GENÉSIO TÂMARA RIBEIRO

Universidade Federal de Sergipe

São Cristóvão/SE, 24/07/2013

*“Tudo está no seu lugar, graças a Deus, graças a Deus.
Não devemos esquecer de dizer, graças a Deus, graças a Deus”
Dedico à minha avó, Angélica das Chagas Santos (in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar não poderia deixar de agradecer à minha família, que jamais se posicionou negativamente às minhas escolhas, me dando total apoio, assistência, segurança e principalmente liberdade para seguir e prosseguir com todas as oportunidades que apareceram e que construí. Em especial, agradeço à minha tia, Maria Hortência, que me criou e me educou; à minha mãe, Ana Maria, que sempre que pôde me auxiliou e me deu assistência; a todas as outras tias, Maria Guilhermina, Maria Elísia, Maria Virgínia, Maria Izabel e Tânia Cristina, e aos tios, Jorge Luis e José Augusto. A vocês, especialmente, o meu obrigado.

Em segundo lugar, tenho que agradecer às pessoas que me apoiaram profissionalmente e cientificamente. A primeira delas, Mary Menezes (segunda mãe), que há sete anos, fora os dois anos como seu aluno, é a pessoa que esteve ao meu lado, me apoiando, me mostrando os caminhos, abrindo portas, me ensinando, me aconselhando e, sem sombra de dúvida, acreditando em mim e lutando, na medida do possível, para o meu crescimento profissional.

Às minhas orientadoras, Dra. Ana Paula Marques Costa e Dra. Yana Teixeira dos Reis, que antes mesmo do meu ingresso no mestrado, acreditaram no meu potencial, e nesses dois anos dedicaram-se aos ensinamentos, sem esquecerem nenhuma etapa importante para o meu crescimento profissional, como o companheirismo, trabalhos de campo, brincadeiras, ética, perspectivas e conhecimentos. Para as duas, meus agradecimentos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação – PPEC/UFS: Drs. Leandro de Sousa Souto, Adauto de Souza Ribeiro, Adriana Bocchiglieri, Gustavo Luis Hirose e a todos os outros, que compartilharam do seu tempo e conhecimento para almejar o crescimento dos seus alunos e do curso.

Quem também merece um agradecimento especial, é a secretária do PPEC, Juliana Cordeiro, que se dedica incansavelmente a resolução dos “pepinos” dos alunos, inclusive os meus.

Ao José de Oliveira Dantas, que de um conhecido, tornou-se professor, e um grande amigo, e do qual partiu o incentivo inicial para eu ter ingressado no Laboratório de Entomologia do DBI/UFS, sendo uma pessoa cuja amizade sempre irei cultivar, e que desejo ter por perto. Obrigado, grande mestre!

Aos membros da banca, Drs. Alexandre Vasconcellos (UFPB) e Genésio Tamara Ribeiro (UFS), e ao taxonomista e sistemata Dr. Mauricio Martins da Rocha (USP), que dedicaram seu tempo e disponibilidade para engrandecer e enriquecer esse trabalho.

A todos os amigos (as), que de forma direta e indireta fizeram dessas páginas um acontecimento grandioso e um passo importante na minha vida, entre eles estão:

Amanda Vaz de Souza, que além de amiga, é uma namorada muito paciente, dedicada e compreensiva, disposta a entender todos os percalços que passamos para que eu pudesse concluir esse trabalho. Te adoro!

Sem dúvida não poderia deixar de agradecer à minha estagiária, Vania Benício de Souza, que durante um ano e meio trabalhou incansavelmente, sem remuneração, e ainda me aguenta, sabatinando-a no meio do trabalho de campo, discutindo via Internet, dando mais trabalho a ela além dos que já tem na faculdade, gastando sua gasolina e fazendo-a de “escrava” no meio do sol quente da Caatinga. Obrigado vesga!

Aos amigos que me auxiliaram no trabalho de campo: Anny Ferreira, André Luiz, Rony Peterson, Brisa Marina, Sidieres Costa e Dhanylle Eymer, sem vocês o meu trabalho não seria exequível.

Aos amigos intelectuais, Valter Hirakuri, Flávio Brandão e Eduardo Nascimento, com os quais mantive vastas horas de discussões, conversas, diálogos e de epifanias “orgasmáticas” para a compreensão de algum fato, de filosófico a ecológico.

Aos amigos do laboratório, Arivania Santos Pereira, Jéssica de Carvalho Leite, David Campos Andrade e, em especial, à Rafaella Santana dos Santos, que fez uma participação mais que especial na construção e no desenvolvimento desse trabalho. Obrigado!

Aos amigos de longa data, José Neto, Luis Paulo, Danilo Esdras, Arlik Rafael, Erilson Junior, André Luiz, Abel Felipe, Amadeu Neto e Vitor Fábio, sem suas “presepadas” no meu dia-a-dia, nada seria tão legal como é. Valeu galera!

Aos antigos e novos amigos de profissão, Carol Gomes (seis anos juntos), Adriano Gois, Jéssica Ferreira, Cintia Regina, e aos professores e coordenadores do colégio Pio Décimo, esses agradecimentos são uma demonstração da felicidade que tenho em ter vocês próximos a mim.

Aos amigos de logística, James Cardozo, Seu Didi, Galego e D. Branca, que despenderam o seu tempo, conhecimento e cederam suas casas para tornar possível esse trabalho.

À Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH, por nos ceder estadia no alojamento do Monumento Natural Grota do Angico – MNGA, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos aqueles, não lembrados, que se achem no direito de receber agradecimentos. OBRIGADO!

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| RESUMO..... | ix |
| ABSTRACT..... | xi |
| 1. TÍTULO..... | xiii |
| 2. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2.1. Cupins: bioindicação, diversidade e importância..... | 1 |
| 2.2. Bioma Caatinga..... | 4 |
| 3. OBJETIVOS..... | 7 |
| 3.1. Geral..... | 7 |
| 3.2. Específicos..... | 7 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODO..... | 8 |
| 4.1. Áreas de estudo..... | 8 |
| 4.1.1. Descrição detalhada das áreas de estudo (segundo Figueiredo, 2012)..... | 9 |
| 4.2. Amostragem termítica..... | 11 |
| 4.3. Grupo trófico..... | 12 |
| 4.4. Coleta de variáveis..... | 13 |
| 4.4.1. Granulometria..... | 13 |
| 4.4.2. Umidade e pH do solo..... | 13 |
| 4.5. Análises estatísticas..... | 15 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 17 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 28 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 29 |

RESUMO

Os cupins podem ser considerados importantes indicadores para análises e monitoramento ecológico, principalmente para o bioma Caatinga. Diante disso, o trabalho visou analisar como a riqueza, a abundância e a composição de cupins respondem às alterações antrópicas, em três áreas de Caatinga, existentes no alto sertão sergipano. O estudo foi desenvolvido em dois municípios do Estado de Sergipe, onde três áreas com diferentes níveis de perturbação foram selecionadas, a saber: área A₁ – pastagem; A₂ – caatinga arbustiva; A₃ – caatinga arbórea. Em cada área foram demarcados doze transectos de 65 x 2 m, no qual cada transecto consistia de cinco parcelas de 5 x 2 m, onde os cupins foram coletados em todos os microhabitats possíveis. Após a coleta, os cupins foram armazenados e devidamente etiquetados. Posteriormente à triagem, os cupins foram identificados em nível genérico e, sempre que possível, algumas amostras foram identificadas em nível específico. Os cupins foram separados em grupos tróficos: xilófagos, humívoros, ceifadores e intermediários. Como variáveis ambientais, foram coletadas amostras de solo de cada parcela para posterior análises granulométricas e percentual de umidade e pH do solo. Foram coletadas 180 amostras de cupins, distribuídos em três famílias, doze gêneros e 16 espécies. A análise de variância (ANOVA) mostrou haver diferença significativa na riqueza ($F = 10.50$, $gl = 2$, $p < 0.05$) e abundância ($F = 12.70$, $gl = 2$, $p < 0.05$) média por transecto entre as áreas de estudo. A curva de acumulação de espécies, mostrou que a riqueza de cupins é afetada pelo grau de perturbação. Xilófagos foi o grupo mais abundante e a área A₃ foi a única a apresentar todos os grupos tróficos. O gráfico de ordenação do NMDS não evidenciou clara separação entre a composição de cupins e a composição dos grupos tróficos, mas a análise de similaridade mostrou que as áreas possuem diferenças significativas em composição de espécies e de grupos tróficos. Todas as três variáveis ambientais analisadas (umidade, pH e granulometria) mostraram diferença significativa em algumas das áreas. A PCA mostra clara separação entre as áreas e a ANOVA do primeiro componente mostrou que as áreas são estatisticamente diferentes ($F = 12.44$, $gl = 2$, $p < 0.001$). Diante dos resultados aqui apresentados, concluiu-se que os cupins são bons indicadores da qualidade ambiental em áreas de Caatinga.

Palavras-chave: bioindicadores; semiárido; grupo trófico; térmitas.

ABSTRACT

Relation between diversity of termites and alterations existent in areas of Caatinga, Sergipe, Brazil

Termites can be considered important indicators for ecological monitoring and analyses, mainly for the Caatinga. This study was aimed to examine how the richness, abundance and composition of termites respond to anthropogenic changes in three areas of Caatinga, remaining in the hinterland of Sergipe. The study was conducted in two districts of the State, Sergipe, where three areas, with different levels of disturbance were selected, namely: Area A1 - pasture; A2 - scrub shrub; A3 - arboreal Caatinga. Each area was separated in twelve transects of 65 x 2 m, and each transect consisted of five plots of 5 x 2 m, where termites were collected in all possible microhabitats. After collection, the termites were properly stored and labeled. After the screening, termites were identified in generic level and, whenever possible, some samples were identified on a specific level. Termites were separated into trophic groups: wood-feeders, humus-feeders, litter-feeders, and soil/wood interface feeders. As environmental variables, soil samples were collected from each plot for subsequent particle size analysis, percent of moisture and soil pH. 180 samples of termites were collected and they were placed in three families, twelve genera and 16 species. The analysis of variance (ANOVA) shows significant differences in richness ($F = 10.50$, $df = 2$, $p < 0.05$), and abundance ($F = 12.70$, $df = 2$, $p < 0.05$) average per transect among study areas. The species accumulation curve, shows the richness of termites is affected by the degree of disturbance. Wood-feeders were the most abundant group and the area A3 was the only one that presented all trophic groups. The graph of the NMDS ordination shows no clear separation among the composition of termites and the composition of trophic groups, but the similarity analysis shows that areas have significant differences in species composition and trophic groups. All three environmental variables analyzed (moisture, pH and particle size) shows significant differences in some areas. PCA shows clear separation among areas and ANOVA of the first component shows that the areas are statistically different ($F = 12.44$, $df = 2$, $p < 0.001$). Given the results presented, it was concluded that termites are good indicators of environmental quality in areas of Caatinga.

Palavras-chave: bioindicadores; semiárido; térmitas; grupo trófico.

TÍTULO

**RELAÇÃO ENTRE A DIVERSIDADE DE CUPINS E AS ALTERAÇÕES EXISTENTES
EM ÁREAS DE CAATINGA, SERGIPE, BRASIL**

1. INTRODUÇÃO

2.1. Cupins: bioindicação, diversidade e importância

Indicador biológico pode ser definido como uma espécie ou assembléia de espécies, que é particularmente adaptada às características específicas da paisagem, reagindo aos impactos e às mudanças ambientais (BÜCHS, 2003). Dentro desse conceito os indicadores biológicos pode ser dividido em três categorias: indicadores ambientais, indicadores da biodiversidade e indicadores ecológicos (GERHARDT, 2002). Para McGeoch *et al.* (2002) indicadores ecológicos são táxons sensíveis à pressão ou alteração ambiental antropogênica, em sistemas biológicos, e que devem ser identificados quantitativamente e testados independentemente, para confirmar sua utilidade.

Segundo McGeoch (1998) um indicador ecológico precisa representar o impacto da mudança ambiental em um habitat, comunidade ou ecossistema; e indicar a diversidade de um subconjunto taxonômico, ou de toda a diversidade, dentro de uma área. Dentro desse raciocínio, esse tipo de análise pode ser feita pelo declínio da diversidade de espécies especialistas, aumento da abundância dos outros táxons ou, de forma mais genérica, alguma alteração na composição faunística, a partir de um estado não perturbado (BROWN, 1991; NEW, 1997).

A partir das questões anteriores e de acordo com a proposta de Brown (1997), os insetos possuem algumas características que os tornam muito úteis como indicadores ecológicos, a saber: o curto período entre gerações (o que resulta numa rápida resposta populacional às mudanças ambientais) e a alta densidade e capacidade de reprodução, que por sua vez permite uma amostragem intensiva, sem que isso acarrete desequilíbrio à comunidade. Ao se analisar a literatura observa-se que alguns grupos de insetos são bastante estudados e associados ao tema, como por exemplo: as abelhas (TSCHARNTKE *et al.*, 1998; KEVAN, 1999; CELLI & MACCAGNANI, 2003), borboletas (NEW, 1997; OOSTERMEIJER & VAN SWAAY, 1998; BROWN-JR & FREITAS, 2000), formigas (ANDERSEN, 1997a,b ; KING *et al.*, 1998) e besouros (RODRIGUEZ *et al.*, 1997; BOHAC, 1999; PEARCE & VENIER, 2006; LAGISZ & LASKOWSKI, 2008; AVGIN & LUFF, 2010). Em menor número, encontramos trabalhos para os seguintes táxons: Collembola (GEISSEN & KAMPICHLER, 2003; PONG *et al.*, 2003; ZEPPELINI *et al.*, 2009), Odonata (BULÁNKOVÁ, 1997; SATO

& RIDDIFORD, 2008), Hemiptera (FAUVEL, 1999), Diptera (MATA *et al.*, 2008; FROUZ, 1999), Orthoptera (ANDERSEN *et al.*, 2001; BAZELET & SAMWAYS, 2011) e Isoptera (FILHO, 2005; CUNHA, 2006; ALVES *et al.*, 2011).

Entre, os menos citados, os cupins foram considerados importantes indicadores para análises e monitoramento ecológico, porque obtiveram peso 20 em uma escala de 0 a 24, ficando atrás apenas de borboletas e formigas, que obtiveram o peso 21. Os referidos valores foram pontuados a partir da análise de certos atributos, tais como: diversificação taxonômica e ecológica, identificação taxonômica acessível, presença de indivíduos em todos os meses do ano, importância funcional no ecossistema, resposta visível aos distúrbios e baixa mobilidade (hábito sedentário) (BROWN-JR, 1991).

Cupins ou térmitas são insetos eussociais, pertencentes à ordem Isoptera cujo nome é dado devido à morfologia de suas asas (do Grego, *iso*, igual; *ptera*, asas). De acordo com a classificação atual, a ordem contém sete famílias, catorze subfamílias (CONSTANTINO, 2005), 295 gêneros (CONSTANTINO, 2013) e 3106 espécies válidas (KRISHNAR *et al.*, 2013). Dentre as sete famílias, cinco são encontradas na Região Neotropical, a saber: Kalotermitidae, Termopsidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae (COLLINS, 1989; CONSTANTINO & ACIOLI, 2006). De modo geral, pode-se dizer que a fauna de cupins da Região Neotropical é pouco conhecida, se comparada com estudos das Regiões Africana e Oriental, com um total de 505 espécies descritas, distribuídas em 83 gêneros (CONSTANTINO, 1998; CANCELLO & SCHLEMMERMEYER, 1999; EGLLETON, 2000).

O Brasil é o único país da América Latina com relativa tradição em estudos sobre a termitofauna, com aproximadamente 300 espécies descritas pertencentes à quatro famílias (Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae) (CONSTANTINO & ACIOLI, 2006), sendo Termitidae a mais abundante, com cerca de 75% das espécies conhecidas para o país (CONSTANTINO, 2013).

Os térmitas são conhecidos como “engenheiros do ecossistema”, devido à habilidade que possuem de modificar, manter e/ou criar a estrutura do hábitat, alterando a disponibilidade de recursos para outras espécies através de mudanças químicas e físicas em materiais bióticos ou abióticos (JONES, LAWTON & SHACHAK, 1994; FERREIRA *et al.*, 2011). Sua importância ecológica é baseada em diversos aspectos, tais como: aumento da porosidade do solo, para maior absorção de água e circulação de ar (HOLT & LEPAGE, 2000); movimento de partículas em diferentes profundidades, e com este tipo de ação passam a ser responsáveis pela mistura de materiais em diferentes

horizontes (JOUQUET *et al.*, 2011), alterando consideravelmente a textura do solo (LOBRY DE BRUYN & CONACHER, 1990; WHITFORD, 1991); participação na decomposição e no fluxo de carbono e nutrientes, devido principalmente à biomassa de suas populações e à variedade de seus hábitos alimentares (BIGNELL & EGGLETON, 2000; BANDEIRA & VASCONCELLOS, 2002).

Além disso, sabe-se que as comunidades termíticas presentes em ecossistemas tropicais, são sensíveis à alteração do habitat (DESOUZA & BROWN, 1994; EGGLETON *et al.*, 1995; BRANDÃO & SOUZA, 1998; BASU *et al.*, 1996; JONES & EGGLETON, 2000; DONOVAN *et al.*, 2007). Basu *et al.* (1996), analisando a comunidade de cupins em uma floresta tropical no sudeste da Índia, verificaram que este grupo foi afetado por mudanças no habitat, provocadas por perturbação antrópica, as quais promoveram fortes modificações na referida comunidade, no que se refere à sua riqueza, composição, biomassa e densidade. Em uma análise da distribuição espacial da fauna de cupins de solo na Malásia em duas áreas, uma de floresta primária e uma reflorestada, verificou-se uma diferença no padrão da distribuição, sendo que na floresta primária os cupins são mais homogêneos, além da quantidade de cupins (riqueza) ser menor na área alterada (DONOVAN *et al.*, 2007).

No Brasil, os padrões encontrados de resposta dos cupins em relação às alterações do habitat não são diferentes. Uma comparação feita da riqueza e da densidade desses insetos, entre áreas de pastagem e de floresta primária na Amazônia Oriental, mostrou que a área de pasto foi aproximadamente 50% menos diversa (BANDEIRA, 1989). No Cerrado, o trabalho de De Souza (1995) analisou o efeito da fragmentação do habitat e verificou que a proporção de espécies de cupins, presente em uma área, depende de fatores, como o formato do fragmento e o teor de argila no solo. Cunha & Orlando (2011) analisaram a riqueza de cupins, em um gradiente sucessional (pastagem abandonada, área de transição e floresta semidecídua) no Cerrado, e observaram a existência de uma correlação positiva, entre a riqueza e o grau de conservação da área. Além disso, os referidos autores constataram que em áreas de floresta secundária existe uma maior diversidade de ninhos e de hábitos alimentares dos cupins, se comparada a outras áreas (CUNHA & ORLANDO, *op cit.*).

Em áreas de Mata Atlântica, Oliveira (2011) analisou a diferença da riqueza e composição de espécies de cupins em fragmentos de mata e em áreas de canaviais circunvizinhas. Nesse trabalho foi verificado que a riqueza nas áreas de mata, como esperado, era maior (mais de 50%) e, além disso, que a composição entre as áreas era

totalmente distinta. Foi observado também para a Mata Atlântica, que a atividade de forrageamento e nidificação são influenciadas positivamente pela circunferência do tronco, altura e cobertura das árvores (GONÇALVES *et al.*, 2005), itens associados à heterogeneidade, composição e/ou estrutura do habitat.

Em relação à Caatinga, a existência de propostas com a mesma pergunta é menor, quando comparado à Mata Atlântica e Cerrado, e os trabalhos desenvolvidos têm demonstrado uma baixa riqueza de térmitas se comparada aos respectivos biomas, com apenas cerca de 30 espécies registradas (MARTIUS *et al.*, 1999; MELO & BANDEIRA, 2004; VASCONCELLOS *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2011). Melo e Bandeira (2004) relataram que a baixa abundância de cupins na Caatinga pode ser devido à pequena produtividade foliar desse ecossistema. Já Vasconcellos *et al.* (2010) e Alves *et al.* (2011) verificaram mudanças nas comunidades registradas em áreas com diferentes níveis de perturbação. Em síntese, e de acordo com os dados apresentados pelos trabalhos anteriormente citados, observa-se que o distúrbio afeta negativamente a riqueza e a abundância do grupo, reforçando o potencial dos cupins como indicadores ecológicos.

2.2. Bioma Caatinga

A Caatinga ocupa uma área de cerca de 840 Km² (SANTOS *et al.*, 2011), sob as latitudes sub-equatorial, compreendidas entre 2°45'W e 17°21'S e engloba partes dos territórios pertencentes aos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Sua área corresponde a 54% da Região Nordeste, 11% do território brasileiro, constituindo o chamado Polígono das Secas (ALVES *et al.*, 2009), e é limitada a Leste pela Mata Atlântica, a Oeste pela Floresta Amazônica e ao Sul pelo Cerrado (LEAL *et al.* 2005).

Suas características morfoclimáticas apresentam semi-aridez, (AB'SABER, 1970), altitudes relativamente baixas (300-500 m), com alta radiação solar, baixa nebulosidade, alta temperatura média anual (25° C-30° C), baixas taxas de umidade relativa (~50 %), alta evapotranspiração e as mais baixas e irregulares precipitações (240 mm a 900 mm média anual) (PRADO, 2003; SAMPAIO, 2010; SANTOS *et al.*, 2011). Com baixos índices de pluviosidade, a disponibilidade hídrica além de ser limitada, é extremamente variável no tempo e no espaço, resultando em chuvas erráticas, concentradas em poucos meses do ano (1-3 meses de chuva), além disso, os

períodos chuvosos não são estáveis entre os anos, podendo haver anos totalmente secos ou com chuvas irregulares (SAMPAIO, 2010; SANTOS *et al.*, 2011).

Sua fitofisionomia é de floresta xerófila, com uma vegetação arbórea e arbustiva, na qual, em quase todas as espécies, predomina a caducidade das folhas, sobre as outras formas de resistência às deficiências hídricas (ALVES *et al.*, 2009). Há presença de cactáceas e bromeliáceas, com um grande número de outras espécies espinhentas e vários endemismos (ANDREADE-LIMA, 1981; SCHNELL, 1961; GIULIETTI *et al.*, 2004; CASTRO, 2005). Em relação às espécies vegetais, alguns gêneros são comuns: *Bromelia* L. (Bromeliaceae), *Pilosocereus* (Byl. & Rowl.) (Cactaceae), *Caesalpinia* L. (Caesalpinaceae, Leguminosae), *Aspidosperma* Mart. & Zucc. (Apocynaceae), *Mimosa* L. (Mimosaceae), *Ciliandra* Benth. (Fabaceae, Leguminosae) (LEAL *et al.* 2005).

Os solos são de formação sedimentar e cristalina, pouco desenvolvidos, mineralmente ricos (os de textura mais argilosa), pedregosos, pouco espessos e com fraca capacidade de retenção da água, fator limitante para a produção primária nessa região (ALVES, 2009; SAMPAIO, 2010).

Atualmente, neste bioma, cerca de 45,3 % de sua área encontra-se degradada, sendo classificado como o terceiro bioma mais alterado pelo homem, perdendo apenas para a Floresta Atlântica e para o Cerrado (LEAL *et al.*, 2005). No entanto, os registros históricos dos últimos 500 anos, trazem poucas pistas da dramática destruição causada a esse bioma (COIMBRA-FILHO & CÂMARA, 1996). Como exemplo desse descaso, Castelli *et al.* (2003) observaram o efeito das estradas e somados a estes os efeitos das áreas de pastagens, terras agricultáveis, uso intensivo do solo e ocupação populacional, segundo censo realizado pelo IBGE em 2003. Como resultado dessas análises, a Caatinga mudou de *rank* e passou a ser considerada como o segundo bioma mais degradado, ficando atrás apenas da Mata Atlântica. Um fator que agrava ainda mais essa problemática, é que neste bioma existem apenas onze áreas de proteção integral, ou seja, menos de 1% da região está sobre proteção legal e, sendo assim, é o bioma que tem o menor número e a menor extensão protegida dentro do território nacional (LEAL *et al.*, 2005).

A Caatinga sergipana está inserida em 29 dos 75 municípios da região semi-árida, representando 50,9% do estado (MMA, 2005). Em Sergipe, duas áreas são consideradas de alta importância (Monte Alegre e Domo Itabaiana), outras são consideradas insuficientemente conhecidas e prioritárias para a conservação da biodiversidade biológica da Caatinga (Gararu/Belo Monte e Lagarto/Serra da Miaba) (TABARELLI &

SILVA, 2003), e o município de Canindé do São Francisco foi considerado área de extrema importância biológica, com ação recomendada de Proteção Integral (SILVA *et al.*, 2003). Dessa forma fica evidente o pouco conhecimento tanto para o bioma presente no estado e conseqüentemente para a flora e fauna associada.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Analisar como a riqueza, a abundância e a composição de cupins respondem às alterações antrópicas, em três áreas de Caatinga, existentes no alto sertão sergipano.

3.2. Específicos

- Verificar se há diferença significativa na riqueza e abundância de cupins entre as três áreas analisadas, com diferentes níveis de perturbação.

- Verificar se existe diferença na composição de espécies e dos grupos tróficos de cupins entre as referidas áreas.

- Analisar se os cupins podem ser considerados como indicadores da qualidade ambiental, em áreas de Caatinga sergipana.

- Verificar a existência de diferença entre as áreas estudadas, a partir do uso de variáveis ambientais (granulometria, umidade do solo e pH do solo).

4. MATERIAIS E MÉTODO

4.1. Áreas de estudo

O estudo foi realizado em dois municípios no Estado (Porto da Folha e Poço Redondo), ambos localizados no alto sertão sergipano. Brandão *et al.* (2004) realizaram um diagnóstico sobre a fauna dos invertebrados em várias localidades existentes no Nordeste, inclusive nas áreas aqui investigadas, e obtiveram algumas informações interessantes sobre o grupo. De acordo com esses autores, as análises de trabalhos que continham dados sobre abelhas, formigas e cupins, auxiliaram na determinação de áreas prioritárias para conservação e permitiram concluir, que as localidades onde o presente estudo foi desenvolvido necessitavam de mais investigação científica. As áreas amostradas encontram-se com diferentes níveis de perturbação, sendo duas delas pertencentes à Unidade de Conservação Estadual Monumento Natural Grota do Angico – MNGA – ($9^{\circ}41'S$ e $38^{\circ}31'W$), cuja extensão é de 2.186 ha, distando da capital cerca de 200 km. A terceira área localiza-se na Fazenda São Pedro ($10^{\circ}02'S$ $37^{\circ}24'W$), no povoado Lagoa Grande, situada no município de Porto da Folha, ocupando cerca de 115 ha (Fig. 1).

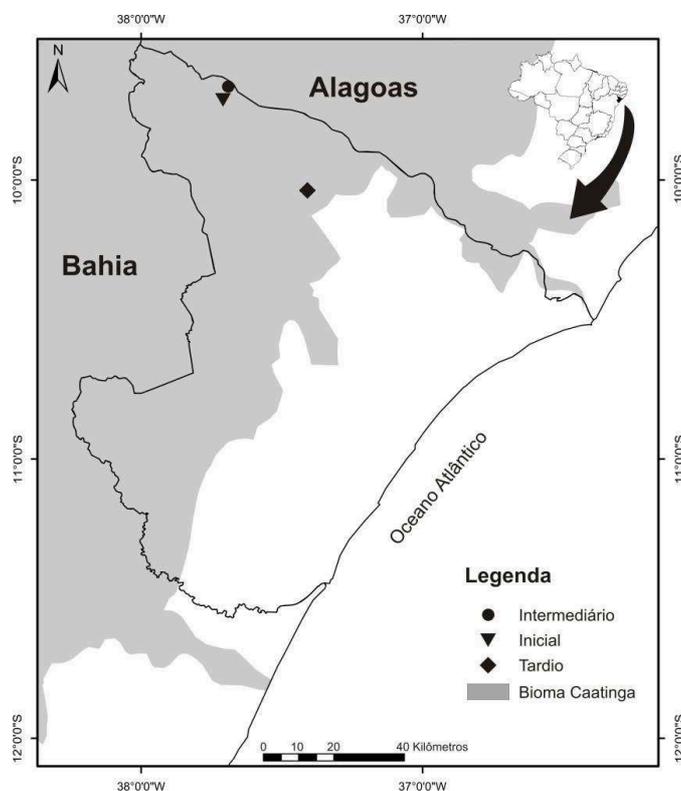


Figura 1. Mapa esquemático das áreas de estudo, na região do Alto Sertão Sergipano, com a localização dos pontos amostrais.

As três áreas estão totalmente inseridas no domínio morfoclimático da Caatinga e, sendo assim, apresentam clima classificado como Tropical Semi-árido – Bsh (Köpper). Para os municípios, onde as áreas estão inseridas, a precipitação é baixa e irregular, variando entre 368 a 630 mm, com médias térmicas anuais entre 24°C e 26°C (INCRA, 2006). O período chuvoso está concentrado nos meses de abril a agosto, a umidade relativa é em média de 50% e insolação de 2.800 h ano⁻¹ (MOURA *et al.*, 2007).

A fitofisionomia é característica de região de Caatinga, composta por um mosaico de mata fechada de floresta hipoxerófila e áreas com vegetação aberta em estágio de regeneração. A vegetação é composta basicamente por três estratos e uma formação arbustiva-arbórea do tipo *Poincianella* Britton & Rose – *Aspidosperma* Mart. & Zucc. – *Jatropha* L. – *Anadenanthera* Speg. – *Myracrodruon* Fr. Allemão – *Croton* L. e *Manihot* Mill (PRADO, 2003).

Para este trabalho, as áreas com diferentes níveis de perturbação foram previamente aceitas, conforme classificação proposta por Figueiredo (2012) e descrita a seguir.

4.1.1. Descrição detalhada das áreas de estudo (segundo Figueiredo, 2012)

Área A₁: localizada no MNGA, a uma altitude de 190 m, é caracterizada por uma vegetação pouco densa, com predominância de plantas de porte herbáceo e arbustivo, não maiores que 2,5 m de altura, sem registro de cultivo nos últimos 10 anos e com uma área de pastagem abandonada acerca de dois anos. De acordo com Figueiredo (2012) é a área com menor riqueza e abundância de espécies vegetais lenhosas, contabilizando um total de onze espécies e uma abundância média de 19 indivíduos/ha (Figs 2a e b). Ainda de acordo com a autora é uma área composta por pastagem com menos de 15% de cobertura vegetal arbórea



Figura 2. Vista parcial da área inicial, na Grota do Angico, Poço Redondo – SE, em diferentes períodos: (a), período chuvoso; (b), período seco. Fotos: FIGUEIREDO (2012).

Área A₂: também localizada no MNGA, com elevação média de 187 m, está em processo de regeneração mais avançado, acerca de quatro anos sem atividade pecuária ou de extração de madeira. A vegetação é mais densa se comparada à área A₁, considerada em processo de regeneração secundário e com vegetação arbustiva, sendo que entre o período de 3 a 4 anos não sofre supressão vegetal, com 20 a 50% de cobertura arbórea. É uma área bastante heterogênea e com presença de espécies arbóreas, com altura de 4 a 6 m, além da presença de bromélias. Figueiredo (2012) amostrou uma riqueza vegetal de 14 espécies arbóreas e uma abundância média de 80 indivíduos/ha (Figs 3a e b).



Figura 3. Vista parcial da área intermediária na Grota do Angico, Poço Redondo – SE, em diferentes períodos: (a) período chuvoso; (b), período seco. Fotos: FIGUEIREDO (2012).

Área A₃: situada na Fazenda São Pedro, é uma Área de Proteção Permanente (APP), sendo que há aproximadamente 35 anos não sofre supressão intensa. Predominância de vegetação arbórea, com cobertura superior a 50% e com período de regeneração superior a trinta anos. Caracterizada por uma vegetação bastante densa, apresentando espécies arbóreas com 20 m de altura, além da presença de bromélias e clareiras formadas pela queda de árvores velhas (Figs 4a e b). Apresentou uma riqueza de 19 espécies arbóreas e uma abundância média de 100 árvores/ha (FIGUEIREDO, 2012).



Figura 4. Vista parcial da área tardia na Fazenda São Pedro, Porto da Folha – SE, em diferentes períodos: (a) período chuvoso; (b) período seco. Fotos: FIGUEIREDO (2012).

4.2. Amostragem termítica

As coletas foram realizadas nos meses de abril e maio/2012 e novembro de 2012 e janeiro de 2013.

Para coleta dos cupins nas três áreas, foi utilizado o protocolo padronizado de amostragem rápida descrita por DeSouza & Brown (1994), modificado por Jones & Eggleton (2000), adaptado por Canello (2002) e utilizado nos trabalhos de Sena *et al.* (2003), Vasconcellos *et al.* (2005), Reis & Canello (2007), Vasconcellos *et al.* (2010) e Alves *et al.* (2011).

Este protocolo consiste na demarcação de seis transectos, em cada área, cada um com 65 m de comprimento e separados entre si por cerca de 100m. Cada transecto foi subdividido em cinco parcelas de 5 x 2 m (10m²), alternadas (uma para a direita e outra para esquerda) e foi mantida a distância de 10m entre elas (Fig. 5). Tanto no período considerado como seco quanto no chuvoso, foram mantidas a mesma

metodologia e quantidade de transectos por área. Dessa forma foram utilizados para execução deste trabalho 12 transectos, totalizando um universo amostral de 60 parcelas/área ou $600\text{m}^2/\text{área}$. Para diminuir o efeito de borda, os transectos foram instalados a 50 m da margem do fragmento. As coletas foram realizadas nos dias em que não houve chuva.

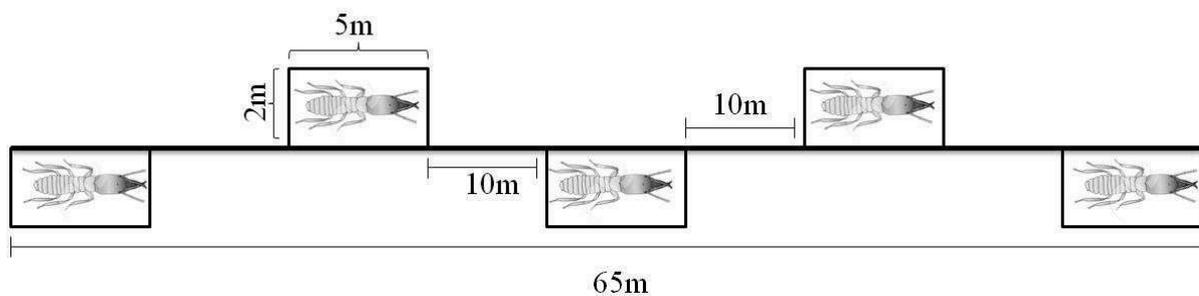


Figura 5. Representação esquemática do procedimento de amostragem termítica.

Como escala de tempo padrão, cada parcela foi explorada durante uma hora/pessoa, e durante este período todos os micro-habitats disponíveis para os cupins (galerias, ninhos epigéus, ninhos arborícolas, com até 3m de altura, ativos ou abandonados, solo, serrapilheira, pedaços de madeira, tronco caído, cascas de árvores, sob rochas, em raízes, etc.) foram investigados. Para o referido processo foram usados pás de jardineiro, pinças, facões, machadinhas e pincéis. Após o encontro e coleta, os insetos foram armazenados em frascos contendo álcool 70% e devidamente etiquetados com o número do transecto, da parcela, micro-habitat, local e data da coleta. As amostras foram levadas para o Laboratório de Entomologia da UFS, onde os espécimes foram triados, identificados em nível genérico, utilizando-se chave de identificação dicotômica de Constantino (1999), e morfoespeciados. Algumas amostras foram enviadas para o Museu de Zoologia da USP (MZUSP), onde foi feita a identificação em nível específico por um especialista (Dr. Mauricio Martins da Rocha). Outros espécimes foram comparados com material depositado na coleção de referência existente no Departamento de Ciências Florestais (DCF), Laboratório de Pragas Agrícolas e Florestais, realizando-se dessa forma, a identificação específica por comparação direta. Os exemplares da referida coleção, foram identificados até nível específico através de comparação com as espécies depositadas no MZUSP.

4.3. Grupos tróficos

Existem algumas propostas para análise de grupos alimentares de cupins (LEPAGE, 1972; GONTIJO E DOMINGOS, 1991; DE SOUZA E BROWN, 1994; EGGLETON *et al.*, 1995), entretanto, não existe um consenso entre os especialistas (DONOVAN *et al.*, 2001).

É importante separar os cupins em grupos tróficos, pois, sabe-se que os hábitos alimentares desses insetos apresentam diferentes respostas ecológicas, por exemplo, à alteração do habitat ou a ambientes com diferentes estágios de sucessão (EGGLETON *et al.*, 1995, 1996, 1997; DONOVAN *et al.*, 2001; DAVIES *et al.*, 2003; REIS E CANCELLO, 2007). Neste trabalho, foi adotada a classificação proposta por De Souza e Brown (1994) e Eggleton *et al.* (1995), conforme descrito a seguir :

1. Xilófagos: cupins que se alimentam de madeira. Este grupo também inclui cupins construtores de ninhos arborícolas ou ninhos subterrâneos e epígeos;
2. Ceifadores ou comedores da serrapilheira: cupins que cortam folhas ou alimentam-se de pequenos fragmentos de madeira e/ou outros itens da serrapilheira. Este grupo inclui alguns cupins subterrâneos e construtores de montículos no solo, bem como alguns nasutitermitíneos que forrageiam a camada superficial da liteira;
3. Humívoros, geófagos ou comedores de húmus: cupins que se alimentam de solo e de minerais do solo;
4. Intermediários ou comedores da interface madeira/solo: cupins que se alimentam apenas ou predominantemente dentro do solo, são geralmente coletados no solo imediatamente sob troncos caídos ou colados a eles, ou ainda, dentro de troncos em alto estágio de decomposição, onde o solo está misturado com madeira muito degradada.

4.4. Coleta de variáveis

4.4.1. Granulometria

Com o auxílio de um cavador, uma amostra de solo de no mínimo 200 gramas foi coletada em cada parcela no primeiro período de coleta (chuvoso), sendo 30 amostras/área (Fig. 6), totalizando 90 amostras. As amostras foram devidamente

ensacadas e identificadas com o número do transecto, da parcela e da área. Após este procedimento, elas foram enviadas para o Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe/ITPS, onde foram feitas as análises granulométricas. Estas análises foram utilizadas para verificar a proporção relativa das frações de argila, silte e areia no solo.



Figura 6. Coleta de solo com o auxílio do cavador nas áreas de Caatinga de Sergipe.

4.4.2. Umidade e pH do solo

Os níveis de pH e umidade do solo foram mensurados em cada parcela, através do medidor de pH e umidade do solo da INSTRUTHERM (modelo PH-2500). O aparelho apresenta uma forma cônica, cujo ápice apresenta duas superfícies metálicas inseridas em eletrodos de medição. Como procedimento, metade do instrumento foi inserida no solo, para que a superfície metálica entrasse em contato com o meio e após dois minutos o indicador aferia o valor do pH e da umidade (Figs 7a e b).



Figura 7. (a) Imagem do medidor de pH e umidade do solo INSTRUTHERM modelo PH-2500; (b) Representação da posição do equipamento para aferição das medições.

4.5. Análises estatísticas

Neste trabalho, foi determinado que a presença (encontro) da espécie nas parcelas, seria uma medida indireta da abundância relativa, e os respectivos valores foram usados para verificar a existência ou não de diferença significativa na média da riqueza e da abundância relativa entre as áreas. Uma análise de variância (ANOVA) foi feita inserindo-se os dados de riqueza e abundância encontradas por transecto, em cada sítio. A riqueza e abundância relativa de cupins foram utilizadas como variáveis respostas e como variáveis explicativas foram utilizadas as áreas sob diferentes níveis de perturbação. As análises foram feitas utilizando-se o software estatístico R (R Development Core Team, 2008), com nível de significância de 5%.

Foi calculada ainda uma curva média de acumulação de espécies (curva do coletor) por área, com aleatorização de 100 vezes, para avaliar a suficiência amostral do trabalho. Este parâmetro foi calculado pelo estimador de riqueza Jackknife standard deviation 1 (Jack1) (COLWELL & CODINGTON, 1994), considerado um dos melhores estimadores não-paramétrico de riqueza de espécies (WALTHER & MOORE, 2005). Este método estima a riqueza total somando a riqueza observada (“sobs”) a um parâmetro calculado a partir do número de espécies que ocorrem em apenas uma amostra (“uniques”), minimizando a subestimativa (SANTOS, 2003; MAGURRAN, 2004). Estas análises foram feitas utilizando-se o software EstimateS 7.5.2. (COWELL, 2009) e o software Statistica 10 (STATSOFT, 2011).

Com a finalidade de verificar se há mudanças na composição de espécies e dos grupos tróficos entre as áreas estudadas, foram realizadas análise de escalamento

multidimensional não-métrica (NMDS). Dessa forma foi realizada a ordenação dos transectos, com os dados de presença/ausência das espécies e dos grupos tróficos de cupins em cada área, utilizando-se o índice de similaridade de Jaccard, o qual considera o número de espécies comuns entre duas áreas e o número de espécies exclusivas de cada área, atribuindo pesos iguais (MUELLERDOMBOIS & ELLENBERG, 1974; HAMMER *et al.*, 2001). Para testar se a composição das espécies e dos grupos tróficos de cupins eram estatisticamente diferentes entre as áreas amostradas, foram feitas análises de similaridade (ANOSIM), com nível de significância de 5% (CLARKE, 1993). As últimas análises foram realizadas no programa PAST (HAMMER *et al.*, 2001).

Diferenças na granulometria, pH e umidade entre as áreas foram testadas através de uma ANOVA. A análise de componentes principal (PCA), utilizando os parâmetros ambientais nas três áreas de estudo, foi feita para determinar a segregação espacial das áreas analisadas (CLARKE & WARWICK, 2001). Para estas análises, os dados abióticos foram logaritimizadas, antes que a PCA fosse feita, pois é recomendado essa normalização para que os valores das variáveis tenha pesos semelhantes e foi selecionada a matriz de correlação (CLARKE & WARWICK, 2001). E, por fim, fez-se uma ANOVA com os primeiros componentes da PCA para verificar a existência de diferença significativa entre as variáveis ambientais, medidas nas áreas (ALVES *et al.*, 2011). A análise de componentes principais (PCA) foi feita no software estatístico PAST, e a ANOVA no software estáticos R (R Development Core Team, 2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas 180 amostras de cupins, distribuídos em três famílias, 12 gêneros e 16 espécies. Termitidae foi à família mais abundante e a mais rica, tendo sido coletadas 14 espécies desta família, seguida por Kalotermitidae e Rhinotermitidae, com apenas uma espécie cada (Tab. 1).

Tabela 1. Cupins coletados nas três áreas amostradas: A1 (área de pasto), A2 (floresta arbustiva), A3 (floresta arbórea); GT (Grupo trófico), sendo: X (xilófago), H (humívoro), C (ceifadores), I (intermediário); Local de encontros: Rz (raiz), Fl (folhicho), Sr (sob rochas), Tr (tronco), N (ninho), Sl (solo); MH (Micro-habitat); Distribuição: Ca (Caatinga), Am (Floresta Amazônica), At (Floresta Atlântica), Ce (Cerrado), ? (desconhecido).

| Espécies | A1 | A2 | A3 | Total de encontros | GT | MH | Distribuição |
|--|-----------|-----------|------------|--------------------|----|------------|--------------|
| Kalotermitidae | | | | | | | |
| <i>Rugitermes</i> sp. | 0 | 0 | 2 | 2 | X | Tr | ? |
| Rhinotermitidae | | | | | | | |
| <i>Heterotermes sulcatus</i> Mathews, 1977 | 10 | 18 | 8 | 36 | X | Tr, Rz | At e Ca |
| Termitidae | | | | | | | |
| Apicotermittinae | | | | | | | |
| <i>Anoplotermes</i> sp. | 4 | 0 | 0 | 4 | H | Sl | ? |
| <i>Ruptitermes</i> sp. | 0 | 0 | 4 | 4 | C | Sl, Fl | ? |
| Nasutitermittinae | | | | | | | |
| <i>Constrictotermes cyphergaster</i> Silvestri, 1901 | 0 | 5 | 7 | 12 | X | N | Ce |
| <i>Diversitermes</i> sp. | 0 | 5 | 14 | 19 | C | Fl, Sr, Sl | ? |
| <i>Nasutitermes corniger</i> (Motschulsky, 1855) | 0 | 3 | 4 | 7 | X | N, Tr | Am, At, Ce |
| <i>Nasutitermes macrocephalus</i> (Silvestri, 1903) | 1 | 8 | 2 | 11 | X | N, Tr | Am, At, Ce |
| Termitinae | | | | | | | |
| <i>Amitermes amifer</i> Silvestri, 1901 | 7 | 11 | 25 | 43 | I | Tr, Rz, Fl | At, Ce e Ca |
| <i>Amitermes nordestinus</i> Melo & Fontes, 2003 | 4 | 5 | 0 | 9 | I | Rz, Sl | Ca |
| <i>Amitermes</i> sp. nov. | 1 | 0 | 0 | 1 | I | Rz | ? |
| <i>Cylindrotermes</i> sp. | 0 | 0 | 2 | 2 | X | Tr | ? |
| <i>Inquilinitermes fur</i> (Silvestri, 1901) | 0 | 0 | 1 | 1 | H | N* | Ce e Ca |
| <i>Microcerotermes</i> cf. <i>exiguus</i> (Hagen, 1858) | 0 | 1 | 8 | 9 | X | Tr, Rz | Ca, Ce e Am |
| <i>Microcerotermes</i> cf. <i>indistinctus</i> Mathews, 1977 | 0 | 0 | 11 | 11 | X | Tr, N | ? |
| <i>Termes</i> sp. nov. | 0 | 2 | 7 | 9 | I | Tr, Fl | ? |
| Número de espécies | 6 | 9 | 13 | 16 | | | |
| Número de amostras | 27 | 58 | 95 | 180 | | | |
| Jackknife 1 | 7.97±2.76 | 9.98±1.96 | 13.98±1.96 | | | | |

*cupim encontrado em associação com ninho de outro cupim.

A maior diversidade de Termitidae é justificada por esse grupo ser o mais rico em número de espécies e o mais diversificado em termos ecológicos (ARAÚJO, 1970;

CONSTANTINO, 1998). Acreditamos, que os kalotermitídeos tenham essa baixa riqueza nas áreas, devido ao seu hábito de nidificação, pois as espécies do grupo vivem no interior da madeira, muitas vezes, rígida e pouco degradada (CANCELLO, 1996) e ainda podem nidificar na copa das árvores, dificultando sua amostragem (ROISIN *et al.*, 2006). Em relação a esta família, um dado interessante e registrado no trabalho de Vasconcellos *et al.* (2010) foi que sua ausência pode ser justificada através da alteração ambiental, pois a mesma é responsável pela redução do número de árvores e de madeira morta. No presente trabalho só foram registrado representantes desta família em A₃ (mais preservada). Em relação à Rhinotermitidae, já se sabe que ela é a segunda menor família de cupins do Brasil (CONSTANTINO, 1998), seus hábitos de nidificação não são bem conhecidos (ninhos difusos no solo), dificultando dessa forma, a possibilidade de encontrá-los no ambiente (CANCELLO & SCHLEMMERMEYER, 1999).

Do total das dezesseis espécies coletadas, duas foram exclusivas da área A₁ e cinco da A₃ (Tab. 1). Todas as espécies registradas na A₂ foram encontradas em uma das outras duas áreas. Apenas três espécies foram comuns em todas as áreas, a saber: *Nasutitermes macrocephalus* (Silvestri, 1903), *Heterotermes sulcatus* Mathews, 1977 e *Amitermes amifer* Silvestri, 1901. As duas últimas tiveram as maiores frequências, correspondendo respectivamente a 23,8% e 20% do total, das três áreas analisadas (Tab. 1). Em outros trabalhos realizados em ambientes de Caatinga, foram observados resultados semelhantes para as referidas espécies. Tal observação pode ser verificada em Alves *et al.* (2011), Vasconcellos *et al.* (2010) e Melo & Bandeira (2004) que demonstraram que essas espécies são as mais frequentes neste ambiente.

Heterotermes sulcatus, parece ser uma das espécies mais importantes na ciclagem da madeira em áreas secas e é muito resistente aos níveis de perturbação (ALVES *et al.*, 2011). O trabalho de Melo & Bandeira (2004) mediu a influência dessa espécie no consumo de madeira na Caatinga e verificou que se tratava de uma espécie generalista, que podia consumir madeiras em diferentes estágios de decomposição, atacadas ou não por outras espécies de cupins.

De forma geral, o gênero *Amitermes*, é comum em regiões tropicais secas (ROISIN, 1989), possui cerca de 100 espécies (SCHEFFRAHN & SU, 1987), sendo o segundo maior gênero de Termitinae, menor apenas que *Microcerotermes* Silvestri, 1901 (SCHEFFRAHN & HUCHET, 2010). *Amitermes amifer* como dito anteriormente, já foi registrado em trabalhos desenvolvidos no bioma (ALVES *et al.* 2011, VASCONCELLOS *et al.* 2010 e MELO & BANDEIRA 2004) e de acordo com o

último há registros para Mata Atlântica e Cerrado. Outra espécie do gênero, *Amitermes nordestinus* Melo & Fontes, 2003 também chamou a atenção e nos trabalhos de Vasconcellos *et al.* (2010) e Alves *et al.* (2011), a referida espécies foi encontrada na produção fecal do gado, principalmente nas áreas mais alteradas da Caatinga. Segundo os referidos autores, isto se deve ao fato das fezes serem uma fonte potencial de recursos para essa espécie. No presente estudo, a referida espécie foi registrada nas áreas A₁ e A₂, entretanto, apenas na primeira foram observadas fezes, onde o gado vive livremente. Acreditamos que sua presença em A₂ pode ser explicada pela associação que a espécie possui com bromeliáceas (MELO & FONTES, 2003), plantas facilmente encontradas na referida área (OLIVEIRA, 2012) e o local onde parte de seus exemplares foram encontrados.

Nasutitermes macrocephalus foi registrada nos três fragmentos, sendo mencionada na literatura como espécie presente em áreas de Caatinga por Melo & Bandeira (2004), com registro também para a Mata Atlântica, Amazônica e Cerrado. Informações mais detalhadas sobre sua biologia e que permitissem fazer associações entre o ambiente e sua frequência não foram encontradas.

A presença de *Constrictotermes cyphergaster* Silvestri, 1901 e *Nasutitermes corniger* (Motschulsky, 1855) apenas nas áreas A₂ e A₃, com frequência relativamente alta, pode ser explicada pelo hábito que as espécies têm de construir seus ninhos junto a um substrato arbóreo (LIMA-RIBEIRO *et al.*, 2006; NÚÑEZ *et al.*, 2011). Dessa forma, áreas muito degradadas, principalmente pelo pastoreio e que não possuem uma vegetação arbustiva ou arbórea, dificultam a instalação desse grupo, como é o caso da área A₁.

A riqueza registrada no presente trabalho (16 espécies) pode ser considerada baixa se comparada com a de outros trabalhos realizados no mesmo bioma e, que fizeram uso de protocolo de coleta e esforço amostral semelhante, a saber: Bandeira *et al.* (2003), coletou 26 espécies; Melo & Bandeira (2004) encontraram 17 espécies e Vasconcellos *et al.* (2010) registraram 26 espécies. Talvez as diferenças dos valores de riqueza aqui encontrados estejam correlacionadas a fitofisionomia própria de cada área. No trabalho de Bandeira *et al.* (2003), as áreas vistoriadas foram brejos de altitude, cercados pelo domínio de caatinga. Vasconcellos *et al.* (2010) amostrou três áreas sobre diferentes níveis de distúrbio, sendo que uma delas foi uma floresta primária de caatinga, protegida a mais de 100 anos e onde a maioria das espécies registradas (24 das 26 espécies) foram coletadas. Já Melo & Bandeira (2004) amostraram apenas uma área de

Caatinga arbustiva, no estado da Paraíba, e o resultado, em números (17 espécies), foi próximo ao encontrado no presente trabalho.

Por fim, ao se analisar Alves *et al.* (2011), uma pesquisa realizada na caatinga do Rio Grande do Norte, verificou-se que a riqueza aqui registrada foi maior do que a encontrada no referido trabalho (10 espécies). Além disso, observou-se que o esforço amostral empregado no presente trabalho foi maior (dobro) que o de Alves *et al.* (*op. cit.*).

De acordo com os dados registrados, houve diferença significativa na riqueza de cupins ($F = 10.50$, $gl = 2$, $p < 0.05$) e na abundância relativa ($F = 12.70$, $gl = 2$, $p < 0.05$), entre as áreas estudadas (Figs 8A e B).

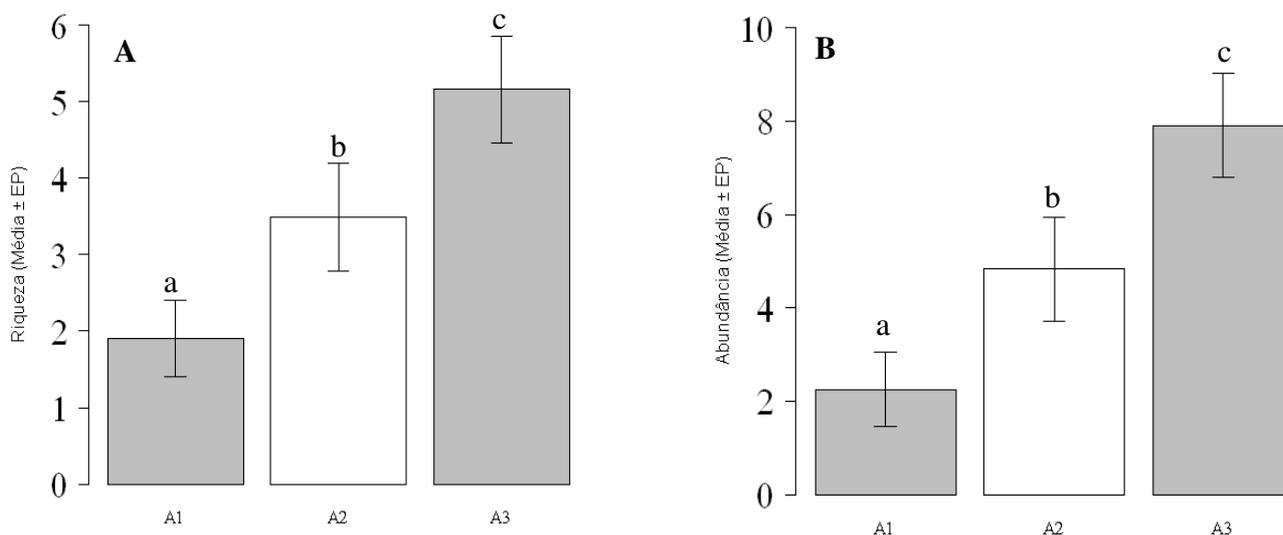


Figura 8. (A) Média da riqueza e (B) abundância por transecto, entre as três áreas de Caatinga amostradas, Serigipe, Brasil.

A partir dos valores obtidos através do estimador não paramétrico Jackknife 1, a riqueza de espécies estimada foi próxima da observada (Tab. 1, Figs. 9A–C). Através da curva de acumulação de espécies, pôde-se observar que a riqueza de cupins é afetada pelo grau de perturbação. Esta afirmativa fica mais evidente, quando são observados os intervalos de confiança não sobrepostos e verifica-se que houve uma diferença significativa entre a área A₃ e as outras duas (Fig. 9 D).

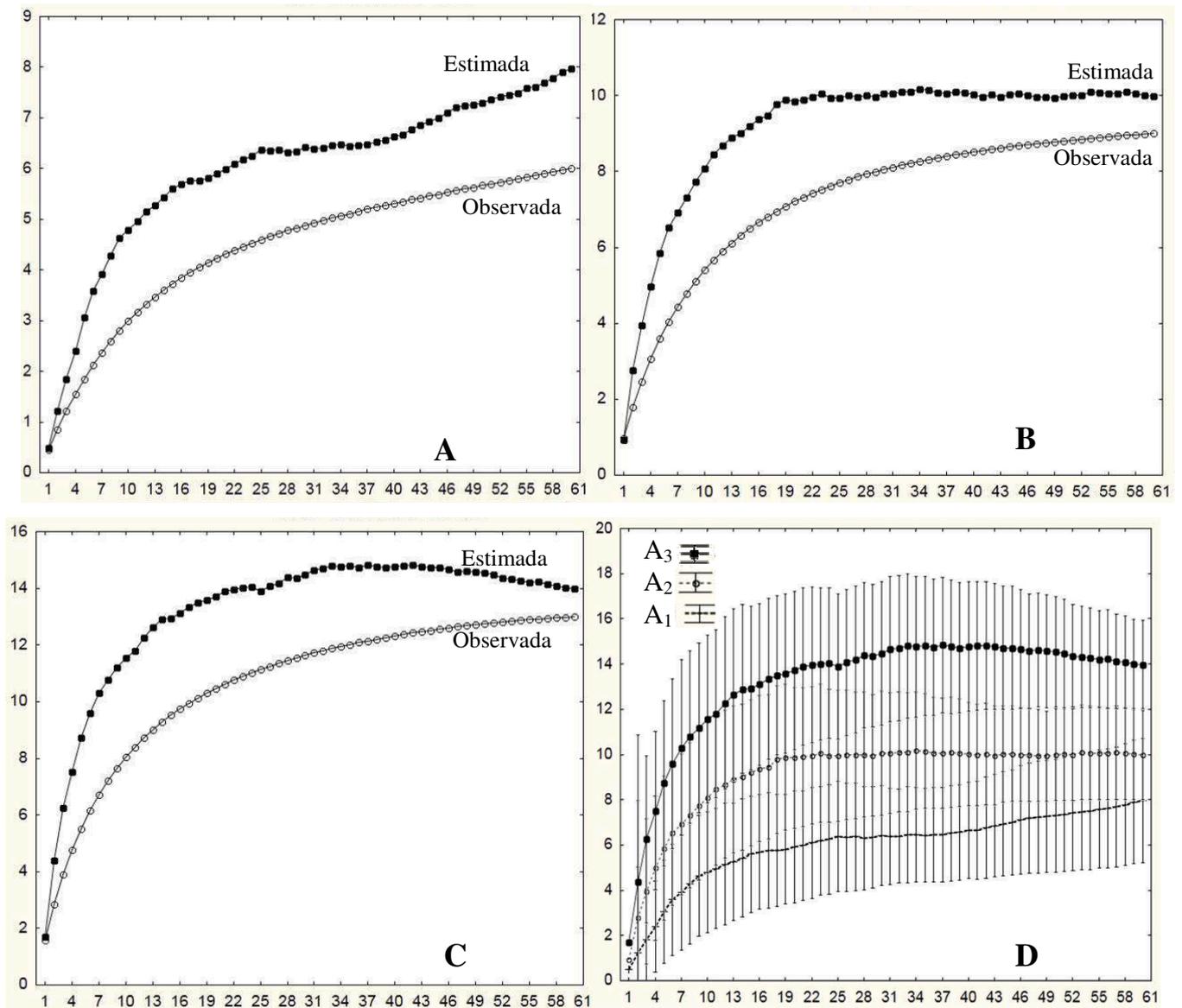


Figura 9. Curva de acumulação de espécies de cupins nas três áreas amostradas: (A), riqueza estimada (Jack 1) e observada para a área A₁; (B), riqueza estimada (Jack 1) e observada para a área A₂; (C), riqueza estimada (Jack 1) e observada para a área A₃; (D), Curvas de acumulação de espécies estimadas de cupins e intervalo de confiança de 95%, nas três áreas de Caatinga com diferentes níveis de perturbação.

A partir dos resultados anteriores é possível propor que a riqueza e a abundância de cupins podem ser alteradas a partir de mudanças do habitat, estando diretamente relacionadas com a conservação da área, como já observado em outros trabalhos sobre térmitas, sejam eles realizados em Savanas (DOSSO *et al.*, 2012; CUNHA & ORLANDO, 2011; CARRIJO *et al.*, 2009; BRANDÃO & SOUZA, 1998), em Florestas Tropicais Úmidas (ACKERMAN *et al.*, 2009; EGGLETON, 1996; BANDEIRA & TORRES, 1985; DE SOUZA & BROWN, 1994) ou no Bioma Caatinga (VASCONCELLOS *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2011; BANDEIRA *et al.*, 2003).

Em relação aos grupos tróficos, o xilófago foi o mais dominante e mais rico em espécies na maioria das áreas, representando cerca de 50% do total da fauna encontrada. Somente na área A₃ foram encontrados todos os grupos aqui analisados (Figs 9A e B).

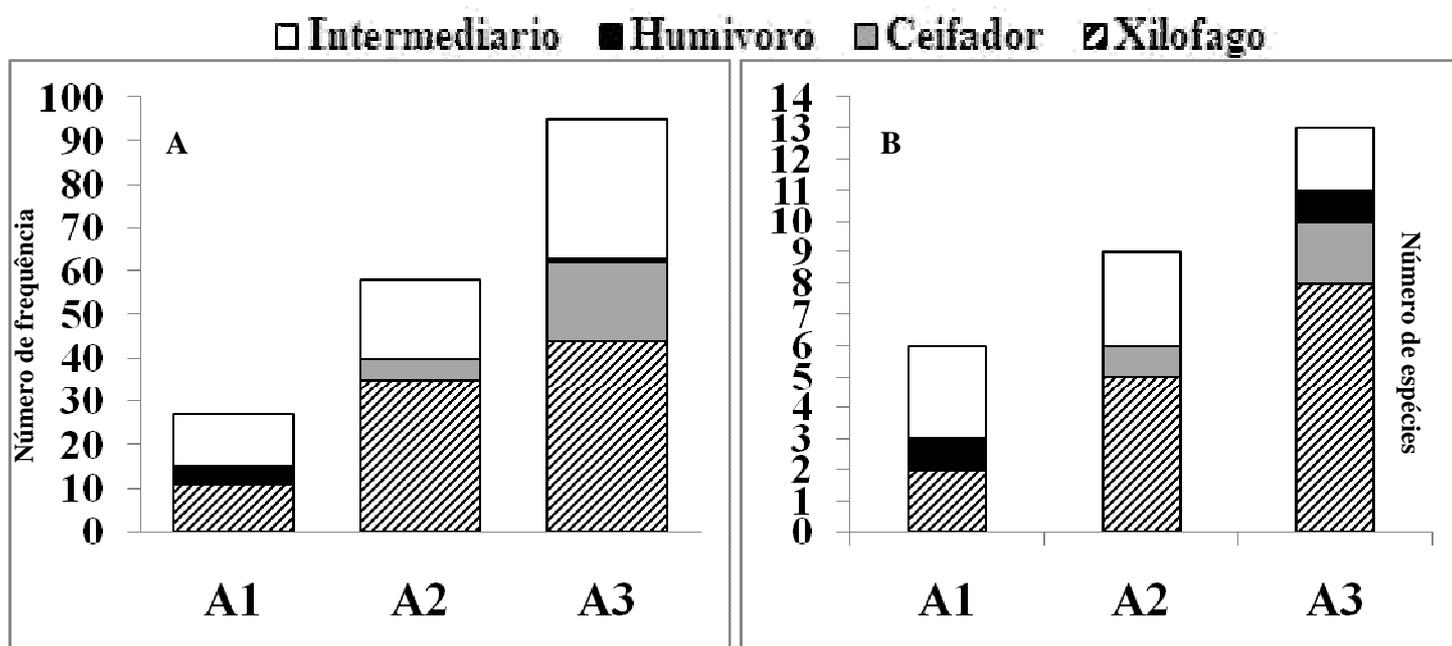


Figura 9. Distribuição do grupos tróficos de Isoptera existentes nas três áreas de Caatinga sob diferentes níveis de perturbação: (A) número de ocorrência para cada grupo trófico; (B) número de espécies para cada grupo trófico. A₁ – área de pasto; A₂ – área de vegetação arbustiva; A₃ – área de vegetação arbórea.

Os resultados aqui encontrados e os apresentados em outros trabalhos (Vasconcellos *et al.*, 2010; Alves *et al.*, 2011 e Bandeira *et al.*, 2003) desenvolvidos no mesmo bioma, indicam que em ambientes secos como a Caatinga, os xilófagos são dominantes em relação a outros grupos. Sabe-se que os humívoros e intermediários são mais sensíveis aos distúrbios ambientais que os xilófagos, bem como as flutuações climáticas naturais (DE SOUZA & BROWN, 1994; BANDEIRA *et al.*, 2003). Acredita-se que a pequena quantidade de matéria orgânica no solo (consequência da baixa produtividade foliar) seja um fator contribuinte para a diminuição desses grupos (humívoros e intermediários) em ambiente de Caatinga (MELO E BANDEIRA, 2004).

Dentro desta linha de raciocínio, é possível propor que a dominância de alguns grupos tróficos pode variar de acordo com o bioma analisado. Por exemplo, em Floresta Amazônica, de acordo com os trabalhos de De Souza & Brown (1994) e Palin *et al.*, (2010), a dominância dos humívoros é maior quando comparada com a dos outros grupos, e segundo os primeiros autores, isto pode ser devido ao fato deste grupo ser o mais afetado pelas variações microclimáticas do ambiente (DE SOUZA & BROWN, *op. cit.*). E, de acordo com LAVELLE *et al.*, (1997) a alteração na estrutura e

composição das comunidades de plantas, o uso intensificado do solo e mudanças nas florestas podem diminuir a diversidade de cupins e afetar principalmente os geófagos, por conta das modificações na disponibilidade de matéria orgânica.

Fica evidente que a remoção de árvores afeta o microclima, a quantidade e qualidade do recurso e/ou dos sítios de nidificação, e estes fatores vão promover alterações tanto na riqueza quanto na diversidade dos grupos alimentares de cupins (JONES *et al.*, 2000; BANDEIRA *et al.*, 2003; VASCONCELLOS *et al.*, 2010). E desse modo, a simplificação da assembléia de cupins, seja ela na diversidade e/ou nos grupos tróficos, é inevitável (VASCONCELLOS *et al.*, 2010).

A partir das análises dos dados de composição das espécies e dos grupos tróficos foi possível obter os seguintes resultados: os gráficos de NMDS (para a composição de espécies e para os grupos tróficos) não mostraram uma distinção clara entre as três áreas. Entretanto, ainda é possível observar no gráfico de composição, a separação entre as áreas A₁ e A₃ (Fig. 10 e 11). Já a análise de similaridade mostrou diferença significativa entre as três áreas quando utilizados os dados de composição (Tab. 2). Entretanto, quando usado os grupos tróficos, não é observada diferença significativa entre as áreas A₂ e A₃ (Tab. 3).

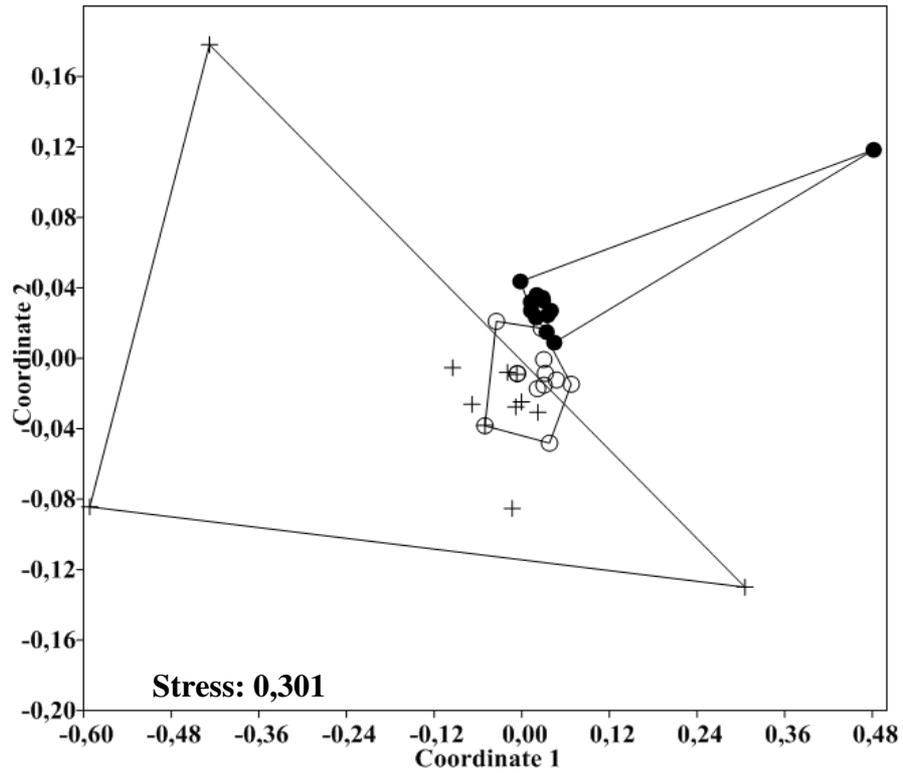


Figura 10. Análise de escalonamento multidimensional não-métrico para a composição de espécies de cupins nas três áreas de estudo da Caatinga sergipana: área A₁ (cruzes); área A₂ (círculos abertos) e área A₃ (círculos fechados).

Tabela 2. Análise de similaridade (ANOSIM) para a composição de espécies de cupins nas três áreas da Caatinga sergipana.

| Áreas | Valores R | Valores P |
|---------------------------------|-----------|-----------|
| A ₁ x A ₂ | 0,14 | 0,01 |
| A ₁ x A ₃ | 0,39 | <0,01 |
| A ₂ x A ₃ | 0,36 | <0,01 |

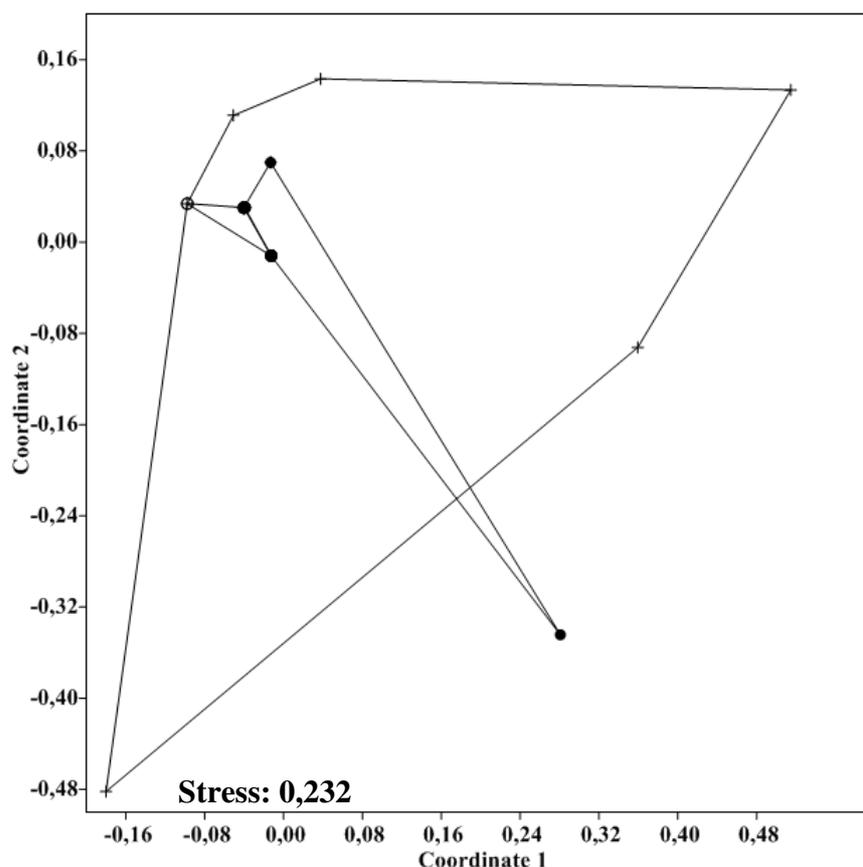


Figura 11. Análise de escalonamento multidimensional não-métrico para a composição dos grupos tróficos de cupins nas três áreas de estudo da Caatinga sergipana: área A₁ (cruzes); área A₂ (círculos abertos) e área A₃ (círculos fechados).

Tabela 3. Análise de similaridade (ANOSIM) para a assembléia dos grupos tróficos de cupins nas três áreas estudadas da Caatinga sergipana.

| Áreas | Valores R | Valores P |
|---------------------------------|-----------|-----------|
| A ₁ x A ₂ | 0,10 | <0,05 |
| A ₁ x A ₃ | 0,17 | <0,01 |
| A ₂ x A ₃ | 0,05 | 0,22 |

Considerando as análises e o conjunto dos resultados dos NMDS e da ANOSIM, é possível propor que tanto a composição de espécies quanto os grupos tróficos são afetados pela perturbação, visto que a área mais conservada e a mais degradada são distintas quando analisados ambos os aspectos. Dessa maneira, os resultados aqui encontrados corroboram a hipótese de que o desmatamento e o uso da terra, causadores das mudanças na estrutura da paisagem, podem ser responsáveis por alterações na disponibilidade de material vegetal e/ou nos nichos ecológicos para as espécies (JUNQUEIRA *et al.*, 2008). Assim, podemos propor que existe uma relação direta e positiva entre a diversidade termítica local e o grau de conservação da área. Ou seja, em relação aos distúrbios ambientais, existentes nas áreas de caatinga do alto sertão

sergipano, os cupins responderam as alterações, através das diferenças obtidas de riqueza, abundância e composição, registradas nas respectivas áreas.

Quando analisadas as variáveis ambientais (umidade, ph e granulometria), todas as três mostraram diferença significativa em pelo menos uma das áreas (Fig. 12). A partir da análise de componentes principais (PCA) esta separação ficou mais evidente (Fig. 13), indicado dessa forma que áreas são diferentes. E, através da ANOVA, feita com os primeiros componentes da PCA, observou-se diferença significativa ($F_2 = 12.44$, $p < 0.001$). Em síntese, ao se analisar a composição das espécies por área, é possível propor que as comunidades termíticas são distintas entre as localidades e os resultados da PCA confirmam que de fato tais locais são diferentes.

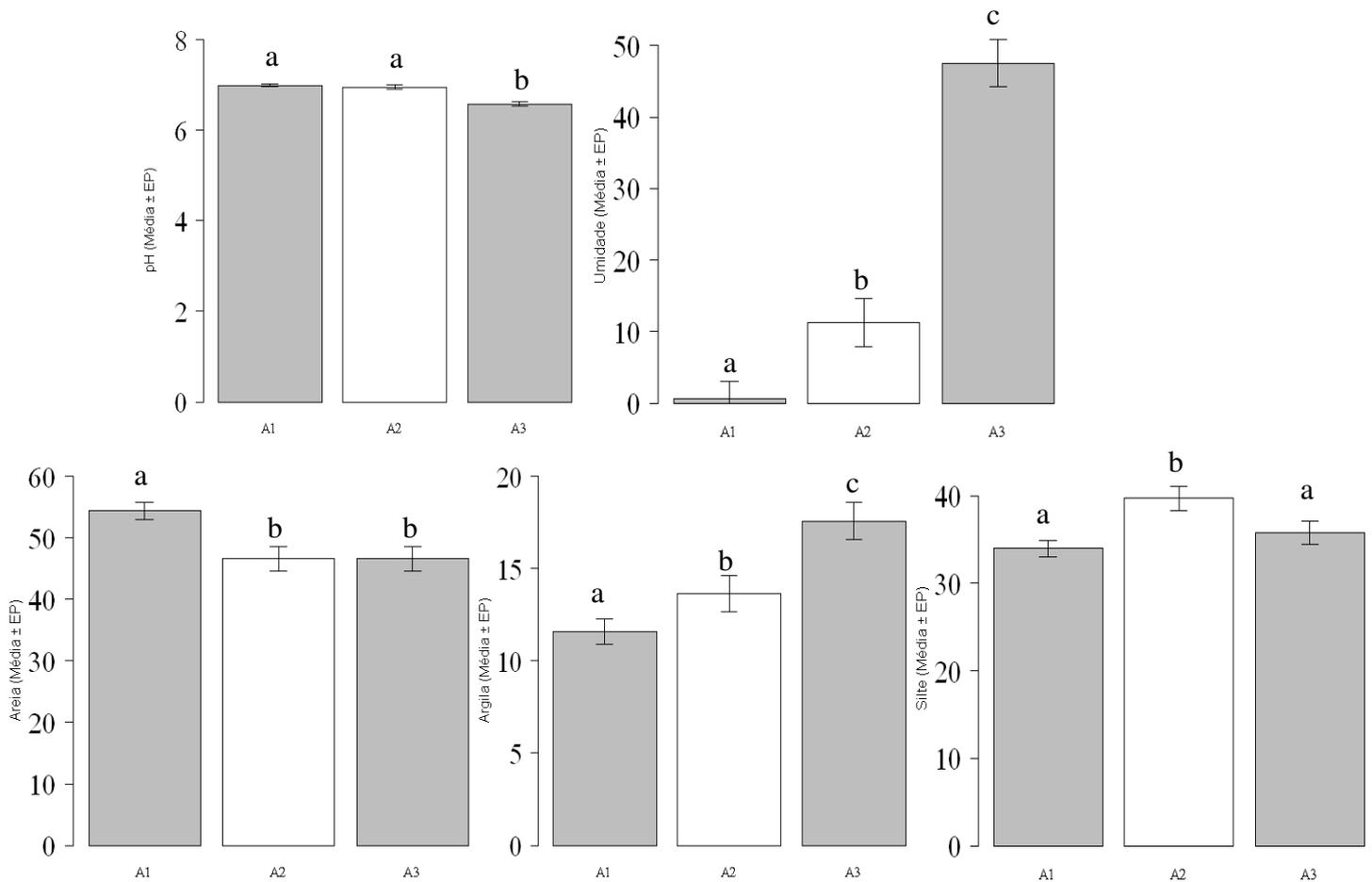


Figura 12. Média e erro padrão das cinco variáveis ambientais registradas nas três áreas de Caatinga, Sergipe, Brasil. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias das variáveis ($p < 0.05$).

Tabela 4. Valores médio (\pm erro padrão) das variáveis ambientais coletadas nas três áreas de Caatinga, Sergipe Brasil. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias das variáveis ($p < 0.05$).

| Área | pH | Umidade (%) | Areia (%) | Argila (%) | Silte (%) |
|------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| A1 | 6.99 \pm 0.03 a | 0.66 \pm 2.34 a | 54.41 \pm 1.41 a | 11.59 \pm 0.70 a | 33.98 \pm 0.95 a |
| A2 | 6.95 \pm 0.05 a | 11.26 \pm 3.31 b | 46.59 \pm 2.00 b | 13.65 \pm 0.99 b | 39.69 \pm 1.35 b |
| A3 | 6.58 \pm 0.05 b | 47.53 \pm 3.31 c | 46.63 \pm 2.00 b | 17.58 \pm 0.99 c | 35.77 \pm 1.35 a |

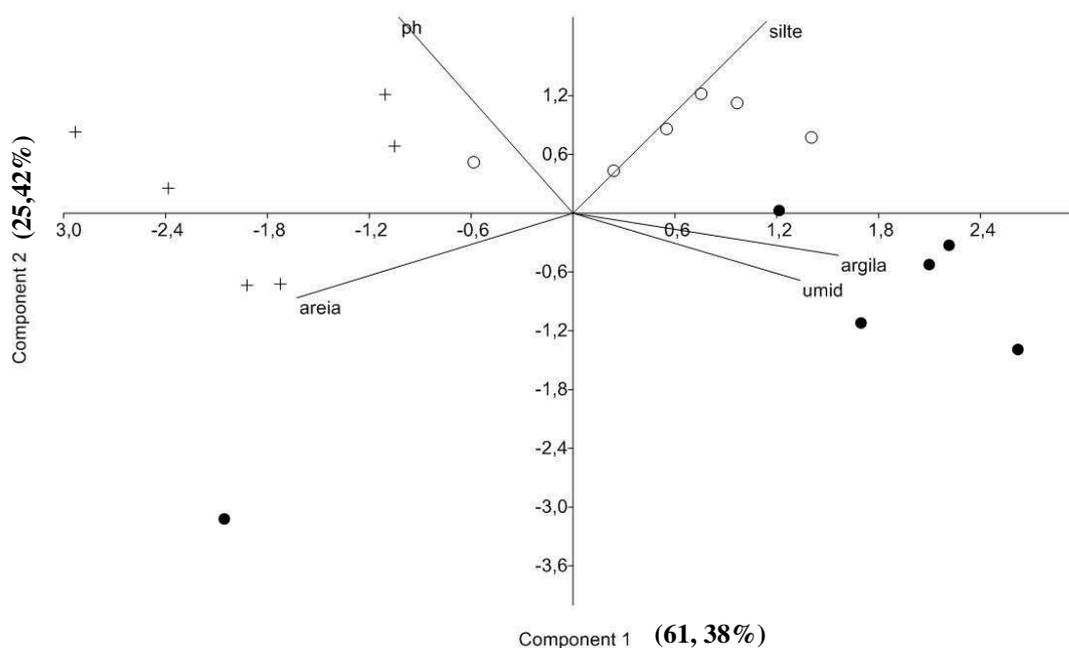


Figura 13. Análise de componentes principais (PCA) para variáveis ambientais nas áreas estudadas: área A₁ (cruzes); área A₂ (círculos abertos) e área A₃ (círculos fechados).

Vasconcellos *et al.* (2010), verificaram que em áreas com distintos níveis de perturbação as comunidades termíticas eram diferentes. Alves *et al.* (2011) em três áreas de caatinga com diferentes níveis de perturbação, foi verificado através de uma PCA (com o uso de onze variáveis ambientais), que não havia diferença significativa tanto entre as áreas amostradas e quanto na riqueza, abundância e composição dos cupins registradas nas áreas. Ou seja, no referido trabalho foi verificado que a comunidade termítica era igual entre as três áreas porque as mesmas possuíam características semelhantes. Dessa forma, todos os resultados encontrados, tanto no presente trabalho quanto na literatura, reforçam o potencial dos cupins como indicadores da qualidade ambiental, nas áreas de caatinga analisadas.

6. CONCLUSÕES

A composição de espécies nas referidas áreas de Caatinga do Estado de Sergipe, é bastante semelhante à de outros trabalhos desenvolvidos para o mesmo bioma. O conhecimento sobre o referido bioma ainda é incipiente, tendo em vista que neste trabalho foram descobertas duas novas espécies para a ciência, segundo o especialista em cupins do MZUSP, Dr. Mauricio Martins da Rocha. Dessa forma fica evidente a necessidade de realização de novos levantamentos e/ou estudos mais profundos acerca dos cupins na caatinga sergipana.

Todas as hipóteses deste trabalho foram corroboradas: a riqueza e a abundância de cupins variam positivamente com o grau de conservação da área, ou seja, quanto mais conservada a área, mais abundante e diversificada será a comunidade de térmitas.

De acordo com as análises estatísticas realizadas a partir dos dados das variáveis ambientais verificou-se que as áreas são diferentes.

Tais resultados podem reforçar a hipótese de que mudanças na estrutura do habitat influênciam a diversidade de cupins, e no presente trabalho, essa alteração foi causada pela ação antrópica. Ou seja, o nível de perturbação de uma área alterou significativamente a composição de espécies e de grupos tróficos de cupins em áreas de Caatinga sergipana, mostrando que esses insetos podem possuir afinidade com a degradação ou conservação do habitat.

Por fim, os cupins podem ser considerados bons indicadores da qualidade ambiental nas áreas analisadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, n.20, 1970.
- ACKERMAN, I. L.; CONSTANTINO, R.; GAUCH JR., H. G.; LEHMANN, J.; RIHA, S. J.; FERNANDES, E.C.M. Termite (Insecta: Isoptera) species composition in a Primary Rain Forest and Agroforests in Central Amazonia. **Biotropica**, v. 41, n. 2, p. 226–233, 2009.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. do. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 22, n3, p. 126-135, 2009.
- ALVES, W. de F.; MOTA, A.S.; LIMA, R.A.A. de; BELLEZONI, R.; & A. VASCONCELLOS. 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 Sociedade Entomológica do Brasil. 2011.
- ANDERSEN, A. N.; LUDWIG, J. A.; LOWE, L. M. and RENTZ, D. C. F. Grasshopper biodiversity and bioindicators in Australian tropical savannas: Responses to disturbance in Kakadu National Park. **Austral Ecology** v. 26, p. 213–222, 2001.
- ANDERSEN, A.N. Ants as indicators of restoration success following mining: a functional group approach. **In: Conservation Outside Nature Reserves** (P. Hale and D. Lamb, eds), p. 319-325. Centre for Conservation Biology, University of Queensland, Queensland, Australia. 1997b.
- ANDERSEN, A.N. Using ants as bioindicators: multi-scale issues in ant community ecology. **Conserv. Ecol.** (on line) v. 1, 8, 1997a.
- ANDRADE-LIMA, D. A. The caatinga dominium. **Rev. Bras. Bot.** Rio de Janeiro, v.4, n.1, p. 149-153, 1981.
- ARAÚJO, R. L. Termites of the Neotropical region. **In: K. Krishna, F. Weesner (Eds.), Biology of Termites**, vol. 1. Academic Press, New York, pp. 527-571. 1970
- AVGIN, S. S. and LUFF, M. L. Ground beetles (coleoptera: carabidae) as bioindicators of human impact. **Mun. Ent. Zool.** v. 5, n. 1, 2010.
- BANDEIRA, A. G. & A. VASCONCELLOS. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in northeastern Brazil (Isoptera). **Sociobiology** 39: 429–439. 2002.
- BANDEIRA, A. G. Análise da termitofauna (Insecta: Isoptera) de uma floresta primária e de uma pastagem na Amazônia Oriental, Brasil. **Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi: Zool.** 5: 225–241. 1989.
- BANDEIRA, A.G. & M.F.P. TORRES. Abundância e distribuição de invertebrados do solo em ecossistemas amazônicos. O papel ecológico dos cupins. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi Ser. Zool.** 2: 13-38. 1985.
- BANDEIRA, A.G.; VASCONCELLOS, A.; SILVA, M.P. & CONSTANTINO, R. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland forest in the Caatinga Domain, Brazil. **Sociobiology**, 42(1):117-27. 2003
- BASU, P., E. BLANCHART & M. LEPAGE. Termite (Isoptera) community in the Western Ghats, South India: influence of anthropogenic disturbance of natural vegetation. **European Journal of Soil Biology** 32:113-121. 1996.
- BAZELET, C. S. AND SAMWAYS, M. J. Identifying grasshopper bioindicators for habitat quality assessment of ecological networks. **Ecological Indicators** v. 11, p. 1259–1269, 2011.

- BIGNELL, D. E. & P. EGGLETON. Termites in ecosystems, p. 363–387. In: T. Abe; D. E. Bignell & M. Higashi (eds.). **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 466 p. 2000.
- BOHAC, J. Staphylinid beetles as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v. 74, p. 357–372, 1999.
- BRANDÃO, C. R. F.; VIANA, B. F.; MARTINS, C. F.; YAMAMOTO, C. I.; ZANELLA, F. C. V.; CASTRO, M. Invertebrados: áreas prioritárias para conservação da Caatinga. In: Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília, DF: **Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco**, 2004.
- BRANDÃO, D. & F. SOUZA. Effects of deforestation and implantation of pastures on the termite fauna in the Brazilian “Cerrado” region. **Tropical Ecology**, 39 (2): 175 -178. 1998.
- BROWN, K.S. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. In: Collins NM, Thomas JA (eds) **The conservation of insects and their habitats**. Academic Press, London. 1991.
- BROWN, K.S. Diversity, disturbance, and sustainable use of neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **J Insect Conserv** v. 1, p. 25–42, 1997.
- BROWN-JR, K. S. & FREITAS, A. V. L. Atlantic Forest Butterflies: Indicators for Landscape Conservation. **Biotropica** v. 32, n. 4b, p. 934-956, 2000.
- BÜCHS, W. Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special reference to the habitat level. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.98, p.35-78, 2003.
- BULÁNKOVÁ, E. Dragonflies (Odonata) as bioindicators of environment quality. **Biologia (Bratisl)** v. 52, p. 177–180, 1997.
- CANCELLO, E. M. & T. SCHLEMMERMEYER. Isoptera, p. 82–91. In: C. R. F. Brandão & E. M. Canello (orgs.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do conhecimento ao final do século XX. Invertebrado Terrestres**. São Paulo, FAPESP, Vol. 5, 279 p. 1999.
- CANCELLO, E. M. Termite diversity and richness in Brazil - an overview. In: BICUDO, C. E. DE M. & MENEZES, N. A. eds. **Biodiversity in Brazil - a first approach**. São Paulo, CNPq. p.173-182. 1996.
- CANCELLO, E.M. Termite diversity along the Brazilian Atlantic Forest. In: **Proceedings of the XIV International Congress of IUSI – The Golden Jubilee Proceedings**, p. 164. Hokkaido University, Sapporo. 2002.
- CARRIJO, T.F.; BRANDÃO, D.; OLIVEIRA, D.E. de; COSTA, D.A.; SANTOS, T. Effects of pasture implantation on the termite (Isoptera) fauna in the central Brazilian savanna (Cerrado). **Journal of Insect Conservation**, v.13, p.575-581, 2009.
- KRISHNA, KUMAR.; GRIMALDI, DAVID A.; KRISHNA, VALERIE.; ENGEL, MICHAEL S. Treatise on the Isoptera of the world. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, no. 377. 2013.
- CASTELLETTI, C. H. M.; SANTOS A. M. M.; TABARELLI, M. & SILVA, J. M. C. O quanto ainda resta da caatinga? Uma estimativa preliminar. IN: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA J. M. C. (eds.) **Ecologia e conservação da caatinga**. pp. 777-796. Univ. Federal de Pernambuco, Recife. 2003.
- CASTRO, C. R.; PRADO, F. M. V.; BRITO, E. S.; ARAUJO, F. S.; ROCHA, J. G. M.; ASSUNCAO, M. V.; FIGUEIREDO, M. A.; SILVA, M. G. V.; GALLAO, M. I.; FERME, M. C.; PESSOA, M. A. M.; ROCHA, S. J.; SILVA, S. I. Oleos, ceras, taninos, latex e gomas. In: SAMPAIO, E. V. S. B. (Ed.). **Espécies da flora**

- nordestina de importância econômica potencial.** Recife, Pernambuco: Associação Plantas do Nordeste, p. 199-226. 2005.
- CELLI, G & MACCAGNANI, B. Honey bees as bioindicators of environmental pollution. **Bulletin of Insectology** v. 56, n. 1, p. 137-139, 2003.
- CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**. 18:117–143. 1993.
- CLARKE, K. R., WARWICK, R.M. Change in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation. **PRIMER-E: Plymouth**, 91p. 2001.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & CÂMARA, I. de G. Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil. **Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza**, Rio de Janeiro. 1996.
- COLLINS, N. M. Termites. In: LIETH, H.; WERGER, M. J. A. (Org.). Tropical Rain Forest Ecosystems. Elsevier Science Publishers, **Amsterdam**: p. 455-471. 1989.
- COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J.A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B**. 345: 101-118. 1994.
- COLWELL, R.K. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versão 8.2.0. University of Connecticut, USA. Disponível em: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> 02 de Maio de 2012. 2009.
- CONSTANTINO, R. Catalog of the living termites of the new world (Insecta: Isoptera). **Arquivos de Zoologia** 35: 135–260. 1998.
- CONSTANTINO, R. Padrões de diversidade e endemismo de térmitas no bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.O. et al. (Eds.). **Biodiversidade, ecologia, e conservação do cerrado**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.319- 333. 2005.
- CONSTANTINO, R.. On-line Termite Database. Brasília: UnB. Disponível em: http://www.termitologia.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=10 (acessado em 2013). 2013.
- CONSTANTINO, R.; ACIOLI, A. N. S. . Termite diversity in Brazil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD. L. (Org.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI Publishing, p.117-128. 2006.
- CUNHA, H. F. da. Cupins (Isoptera) bioindicadores para conservação do Cerrado em Goiás - Universidade Federal de Goiás– Pós-graduação em Ciências Ambientais. 79p. **Tese de doutorado**. 2006.
- CUNHA, H. F.; ORLANDO T. Y. S. Functional composition of termite species in areas of Abandoned pasture and in secondary succession of the Parque estadual altamiro de moura pacheco, goiás, brazil. **Biosci. J., uberlândia**, v. 27, n. 6, p. 986-992, 2011.
- DANGERFIELD, J.M. et al. The mound-building termite *Macrotermes michaelseni* as an ecosystem engineer. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.507-520, 1998.
- DAVIES RG, EGGLETON P, JONES DT, GATHORNE-HARDY FJ, HERNANDEZ LM. Evolution of termite functional diversity: analysis and synthesis of local ecological and regional influence richness on local species. **J Biogeogr** 30: 847-877. 2003.
- DE SOUZA, O. Efeitos da fragmentação de ecossistemas em comunidades de cupins, p. 19–27. In: E. Berti Filho & L. R. Fontes (eds.). **Biologia e controle de cupins**. Piracicaba, FEALQ, 183 p. 1995.
- DE SOUZA, O. F. F.; BROWN V. K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. **J Trop Ecol** 10:197–206. 1994.

- DEMATTE, J.L.I. VIDAL-TORRADO P.; SPAROVEK G. Influência da drenagem na morfogênese de solos desenvolvidos de rochas básicas no município de Piracicaba (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.241-248, 1992.
- DONOVAN, S.E., EGGLETON, P. & BIGNELL, D.E. Gut content analysis and a new feeding group classification of termites (Isoptera). **Ecological Entomology**, 26, 356–366. 2001.
- DONOVAN, S.E.; GRIFFITHS, G.J.K.; HOMATHEVI, R.; WINDER, L. The spatial pattern of soil-dwelling termites in primary and logged forest in Sabah, Malaysia. **Ecological Entomology**, v.32, p.1-10, 2007.
- DOSSO, K.; YÉO, K.; KONATÉ, S.; LINSENMAIR, K. E. Importance of protected areas for biodiversity conservation in central Côte d'Ivoire: Comparison of termite assemblages between two neighboring areas under differing levels of disturbance. **Journal of Insect Science** 12:131. 2012.
- EGGLETON, P. Global patterns of termite diversity, p. 25–51. In: T. Abe; D. E. Bignell & M. Higashi (eds.). **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 466 p. 2000.
- EGGLETON, P., BIGNELL, D.E., SANDS, W.A., MAWDSLEY, N.A., LAWTON, J.H., WOOD, T.G. The diversity, abundance, and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B**, 351, 51±68. 1996.
- EGGLETON, P., BIGNELL, D.E., SANDS, W.A., WAITE, B., WOOD, T.G. & LAWTON, J.H. The species richness of termites (Isoptera) under differing levels of forest disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, 11, 85± 98. 1995.
- EGGLETON, P., HOMATHEVI, R., JEEVA, D., JONES, D.T., DAVIES, R.G. & MARYATI, M. The species richness and composition of termites (Isoptera) in primary and regenerating lowland dipterocarp forest in Sabah, east Malaysia. **Ecotropica**, 3, 119±128. 1997.
- FAUVEL, G. Diversity of Heteroptera in agroecosystems: role of sustainability and bioindication. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v. 74, p. 275–303, 1999.
- FERREIRA, E. V. O.; MARTINS V.; INDA-JUNIOR, A. V.; GIASSON, E.; NASCIMENTO, P. C. Ação dos térmitas no solo. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.804-811, 2011.
- FIGUEIREDO, P. M. F. G. de. Insetos Arborícolas Em Áreas De Caatinga: Efeitos Da Sucessão Ecológica - Universidade Federal de Sergipe – Pós-graduação em Ecologia e Conservação. 111p. **Dissertação de Mestrado**. 2012.
- FILHO, K. do E. S. Efeito de distúrbios ambientais sobre a fauna de cupins (insecta: isoptera) e seu papel como bioindicador - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" – Pós-graduação em Ciências Biológicas, Zoologia. 113p. **Dissertação de mestrado**. 2005.
- FROUZ, J. Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v. 74, p. 167–186, 1999.
- GERHARDT A. Bioindicator species and their use in biomonitoring. *In*: UNESCO, editor. **Encyclopedia of life support systems**. Oxford (UK): UNESCO, EOLSS.50 p. 2002.

- GEISSEN, V. AND KAMPICHLER, C. Limits to the bioindication potential of Collembola in environmental impact analysis: a case study of forest soil-liming and fertilization. **Biol Fertil Soils** v. 39, p. 383–390, 2004.
- GIULIETTI, A. M.; NETA, A. L. du B.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGINIO, J. F. QUEIROZ, L. P. de; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. de J. N.; BARBOSA, M. R. de V.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA J.M.C., TABARELLI M., FONSECA M.T. & LINS L.V. (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. pp. 48-90. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2004.
- GONCALVES, T.T., REIS JR. R., DESOUSA, O. & RIBEIRO, S. P. Predation and Interference Competition Between Ants (Hymenoptera: Formicidae) and Arboreal Termites (Isoptera: Termitidae). **Sociobiology** Vol. 46, No. 2, p. 409 - 419. 2005.
- GONTIJO, T.A. & DOMINGOS, D.J. Guild distribution of some termites from cerrado vegetation in south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, 7, 523±529. 1991
- HAMMER, Ø, HARPER, D. A.T., AND RYAN, P. D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, vol. 4, issue 1, art. 4: 9pp., 178kb. 2001.
- HOLT, J. A.; LEPAGE, M. Termites and soil properties. In: ABE, T.; BIGNELL, D. E. & HIGASHI, M. (Orgs.). **Termites, evolution, sociality, symbiosis, ecology**. Dordrecht, Kluwer Academic., p.389-407. 2000.
- INCRA. Desenvolvimento Territorial no Alto Sertão Sergipano: diagnóstico, assentamentos de reforma agrária e propostas de política. *Coord.* Fernando Gaiger Silveira. Disponível em: http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_territorio008.pdf (acessado em 2013). 2006.
- JONES, C. G., LAWTON, J. H. AND SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos** 69: 373-386. 1994.
- JONES, D.T. & P. EGGLETON. Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. **Journal of Applied Ecology**, v. 37, p. 191–203. 2000.
- JOUQUET, P.; TRAORÉ, S.; CHOOSAI, C.; HARTMANN, C.; D. BIGNELL. Influence of termites on ecosystem functioning. Ecosystem services provided by termites. **European Journal of Soil Biology** 47, 215-222. 2011.
- JUNQUEIRA, L. K.; DIEHL, E. E. BERTI-FILHO. Termites in eucalyptus forest plantations and forest remnants: an ecological approach. **Bioikos**, Campinas, 22(1):3-14, 2008.
- KEVAN, P. G. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v. 74, p. 373–393, 1999.
- KING, J. R.; ANDERSEN, A. N. and CUTTER, A. D. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. **Biodiversity and Conservation** v. 7, p. 1627-1638, 1998.
- LAGISZ, M. & LASKOWSKI, R. Evidence for between-generation effects in carabids exposed to heavy metals pollution. **Ecotoxicology**, 17: 59–66. 2008.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D. & LAPAGE, M. Soil function in changing world: the role of invertebrate ecosystems engineers. **European Journal Soil Biology** 33(4):159-193. 1997.
- LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. & JÚNIOR, T. E. L. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil; **Megadiversidade**. 1:139-146. 2005.

- LEPAGE, M. Recherches ecológicas sur une savane sahelienne du ferlo septentrional, Senegal: données préliminaires sur l'écologie des termites. **Terre et Vie**, 26, 383-409. 1972
- LIMA-RIBEIRO, M. S.; PINTO, M. P.; COSTA, S. S.; NABOUT, J. C.; RANGEL, F. L. V.; MELO, L. & MOURA, I. O. Associação de *Constrictotermes cyphergaster* Silvestri (Isoptera: termitidae) com espécies arbóreas do cerrado brasileiro. **Neotropical Entomology** 35(1): 49-55. 2006.
- LOBRY DE BRUYN, L.A.; CONACHER, A.J. The role of termites and ants in soil modification: a review. **Australian Journal of Soil Research**, v.28, p.55-93, 1990.
- MAGURRAN, A.E. Measuring biological diversity. **Blackwell Publishing**. 256p. 2004.
- MARTIUS, C., W.A.F. TABOSA, A.G. BANDEIRA & W. AMELUNG. Richness of termite genera in a semi-arid region (Sertão) in NE Brazil (Isoptera). **Sociobiology** 33:357-365. 1999.
- MATA, R. A. da; MCGEOCH, M; TIDON, R. Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. **Biodivers Conserv** v. 17, p. 2899-2916, 2008.
- MCGEOCH, M. A.; RENSBURG, B. J. V.; BOTES, B. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. **Journal of Applied Ecology**, v.39, n.4, p.661-672, 2002
- MCGEOCH, M.A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biol Rev Cambridge Philos Soc** v. 73, p. 181-201, 1998.
- MÉLO, A. C. S.; BANDEIRA, A.G. A qualitative and quantitative survey of termites (Isoptera) in an open shrubby Caatinga in Northeast Brazil. **Sociobiology**, v.44, n.3, p.707-716, 2004.
- MÉLO, A.C.S. & L.R. FONTES. A new species of *Amitermes* (Isoptera, Termitidae, Termitinae) from Northeastern Brazil. **Sociobiology** 41: 411-418. 2003.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Second national report for the Convention on Biological Diversity. Brasil. **Secretaria de Biodiversidade e Florestas, MMA, Brasília**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/component/k2/item/7929-second-national-report> (acessado em 2012). 2005.
- MOURA, M. S. B. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUZA, L. S. B. de; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. R. de. Clima e água de chuva no Semi-árido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro. **Embrapa Semi-Árido**, Petrolina. 2007.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. Aims and methods vegetation ecology. **J. Wiley**, New York. 1974.
- NEW, T. R. Are Lepidoptera an effective 'umbrella group' for biodiversity conservation? **Journal of Insect Conservation**, v. 1, p. 5-12, 1997.
- NÚÑEZ, B. N. C., LIMA, M. S. C. S., MENEZES, E. B., PEDERASSI, J. Ocupação de ninhos de cupins epígeos e arbóreos em fragmento de caatinga hipoxerófila em Bom Jesus-PI. **Comunicata Scientiae** 2(3): 164-169, 2011.
- OLIVEIRA, A. C. F. Formigas epigéicas em resposta a um gradiente sucessional em fragmento de Caatinga no alto sertão sergipano. - Universidade Federal de Sergipe – Pós-graduação em Ecologia e Conservação. 111p. **Dissertação de Mestrado**. 2012.
- OLIVEIRA, M. A. P. Composição de comunidades termíticas em áreas de cana-de-açúcar e em fragmentos de mata atlântica de Pernambuco. - Universidade Federal

- Rural de Pernambuco – Pós-graduação em Entomologia Agrícola. 74p. **Tese de Doutorado**. 2011.
- OOSTERMEIJER, J.G.B. & VAN SWAAY, C.A.M. The relationship between butterflies and environmental indicator values: a tool for conservation in a changing landscape. **Biological Conservation** v. 86, p. 271-280, 1998.
- PALIN, O. F., EGGLETON, P., MALHI, Y., GIRARDIN, C. A. J., ROZAS-DÁVILA, A. & PARR, C. L. Termite diversity along an Amazon-Andes elevation gradient, Peru. **Biotropica**, 43: 100-107. 2011.
- PEARCE, J. L. & VENIER, L. A. The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. **Ecological Indicators** v. 6, p. 780-793, 2006.
- PONGE, J. F.; GILLET, S.; DUBS, F.; FEDOROFF, E.; HAESE, L.; SOUSA, J. P.; LAVELLE, P. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. **Soil Biology & Biochemistry** v. 35, p. 813-826, 2003.
- PRADO, D. E. As Caatingas Da América Do Sul. *IN*: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA J. M. C. (eds.) **Ecologia e conservação da caatinga**. pp. 777-796. Univ. Federal de Pernambuco, Recife. 2003.
- R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna. 2008
- REIS, Y.T. & E.M. CANCELLO. Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. **Iheringia**, Série Zoologia, v. 97, p. 229-234. 2007.
- RODRÍGUEZ, J. P.; PEARSON, D. L. and ROBERTO-BARRERA, R. A test for the adequacy of bioindicator taxa: are tiger beetles (coleoptera: cicindelidae) appropriate indicators for monitoring the degradation of tropical forests in Venezuela? **Biological Conservation** v. 83, n. 1, p. 69-76, 1998.
- ROISIN, Y. The termite genus *Amitermes* Silvestri in Papua New Guinea. **Indo-Malayan Zoology**. v. 6, p. 185-194, 1989.
- ROISIN, Y.; A. DEJEAN; B. CORBARA; J. ORIVEL; M. SAMANIEGO & M. LEPONCE. Vertical stratification of the termite assemblage in a neotropical rainforest. **Oecologia** 149: 301-311. 2006.
- SAMPAIO, E.V. de S.B. Características e Potencialidades. *In*: GARIGLIO, M.A.; SAMPAIO, E.V. de S.B.; CESTARO, L.A. & KAGEYAMA, P.Y. **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. 369 p. Ministério do Meio Ambiente, 2010.
- SANTOS, A. J. Estimativas em riqueza de espécies. *In*: CULLEN Jr., L.; VALLADARES-PADUA, C. e RUDRAN, R. (orgs.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba, Ed. Da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. 667 p. 2003.
- SANTOS, J. C.; LEAL, I. R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERNANDES, G. W. & TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical Forest. **Tropical Conservation Science**, 4: 276-286. 2011.
- SATO, M. AND RIDDIFORD N. A preliminary study of the Odonata of S'Albufera Natural Park, Mallorca: status, conservation priorities and bio-indicator potential. **J Insect Conserv** v. 12, p.539-548, 2008.
- SCHEFFRAHN, R. & SU, N.-Y. A world list of species in the genus *Amitermes* (Isoptera: Termitidae). **Sociobiology**, 13, 183-190.1987.
- SCHEFFRAHN, R. H. & HUCHET, J. B. A new termite species (Isoptera: Termitidae: Termitinae: *Amitermes*) and first record of a Subterranean Termite from the Coastal Desert of South America. **Zootaxa**. v. 2328, p. 65-68, 2010.

- SCHNELL, R. Le problème des homologues phytogéographiques entre l'Afrique et l'Amérique tropicales. **Mém. Mus. D'Hist. Nat. Nouv. Série**, Paris, v. 11, p. 137-241, 1961.
- SENA, J.M.; VASCONCELLOS, A.; GUSMÃO, M.A.B. & BANDEIRA, A.G. Assemblage of termites in a fragment of cerrado on the coast of Paraíba State, Northeast Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, v. 42, n. 3, p. 753-760. 2003.
- SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. & M. T. da FONSECA. Áreas e Ações Prioritárias Para a Conservação Da Biodiversidade Da Caatinga. *IN*: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA J. M. C. (eds.). **Ecologia e conservação da caatinga**. pp. 777-796. Univ. Federal de Pernambuco, Recife. 2003.
- STATSOFT, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 10. Tulsa: Stat Soft Inc., 2011.
- TSCHARNTKE, T; GATHMANN, A. and STEFFAN-DEWENTER I. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. **Journal of Applied Ecology** v. 35, p. 708-719, 1998.
- VASCONCELLOS, A.; BANDEIRA, A. G.; MOURA F. M. S.; ARAÚJO V. F. P.; CONSTANTINO R. Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. **J Arid Environ** 74: 298-302. 2010.
- VASCONCELLOS, A.; MELO, A.C.S.; SEGUNDO, E. de M. V.; BANDEIRA, A.G. Cupins de duas florestas de restinga do nordeste brasileiro. **Iheringia**, Ser. Zool. Porto Alegre, v. 95, n. 2, p.127131. 2005.
- WALTHER, B.A.; MOORE, J. L. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. **Ecography** 28: 815-829. 2005.
- WHITFORD, W.G. Subterranean termites and long-term productivity of desert rangelands. **Sociobiology** 19, 235–242. 1991.
- ZEPPELINI, D.; BELLINI, B. C.; CREÃO-DUARTE, A. J.E HERNÁNDEZ, M. I. M. Collembola as bioindicators of restoration in mined sand dunes of Northeastern Brazil. **Biodivers Conserv** v. 18, p. 1161–1170, 2009.