



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA- UFRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LYSSA MARTINS DE SOUZA

DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE COMUNIDADE DE BESOUROS
ARBORÍCOLAS: DINÂMICA ESPACIAL EM AMBIENTES IMPACTADOS
POR MINERAÇÃO

BÉLEM

2023

LYSSA MARTINS DE SOUZA

**DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE COMUNIDADE DE BESOUROS
ARBORÍCOLAS: DINÂMICA ESPACIAL EM AMBIENTES IMPACTADOS
POR MINERAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências do
programa de Pós Graduação em Agronomia para
obtenção do título de doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Gonçalves Silva

Coorientador: Dr. Arleu Barbosa Viana Junior

BÉLEM

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M379d Martins de Souza, Lyssa
DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE COMUNIDADE DE BESOUROS ARBORÍCOLAS: Dinâmica espacial em ambientes impactados por mineração / Lyssa Martins de Souza. - 2023.
54 f. : il. color.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.
Orientador: Prof. Dr. Anderson Gonçalves Silva
Coorientador: Prof. Dr. Arleu Barbosa Viana Junior.

1. Amazônia. 2. Áreas pós- mineração. 3. Coleoptera. 4. Diversidade taxonômica. 5. Diversidade. I. Gonçalves Silva, Anderson, orient. II. Título.

574.52409811

CDD

LYSSA MARTINS DE SOUZA

**DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE COMUNIDADE DE BESOUROS
ARBORÍCOLAS: DINÂMICA ESPACIAL EM AMBIENTES IMPACTADOS
POR MINERAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do programa de Pós Graduação em Agronomia para obtenção do título de doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Anderson Gonçalves da Silva (Orientador)
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Dr. Rony Peterson Santos Almeida (Examinador 1)
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG

Dr. Ruy Guilherme Correia (Examinador 2)
Secretaria de Estado de Educação- SEDUC

Prof. Dr. Rafael Coelho Ribeiro (Examinador 3)
Universidade Federal do Pará- UFPA

Prof. Dr. Ivan Carlos Fernandes Almeida
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por guiar meu caminho.

Aos meus pais Vicente Venceslau e Lucidalva Martins por todos os sacrifícios que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui. Ao meu irmão Lucas Martins por todos esses anos de convivência e companhia.

À minha avó Leonete Martins que sempre acreditou no meu potencial. Aos meus avós que não puderam estar comigo nesse momento, mas que estariam torcendo por minhas conquistas.

À Antônia Carvalho, Edno Silva, Paula Rodrigues, Franciano Rodrigues, Erika Carvalho, Conceição Carvalho e Edilson Chagas pelo acolhimento e amizade.

Ao Museu Paraense Emilio Goeldi pelos auxílios cedendo laboratórios, em especial ao grupo LEIB pela parceria e ensinamentos.

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao meu orientador Anderson Gonçalves da Silva pela oportunidade de realizar este curso.

A CAPES pela oportunidade e apoio ao financiamento para pesquisa, com a concessão de bolsa de estudo contribuindo para meu desenvolvimento profissional.

Ao meu coorientado Arleu Barbosa Vianna Junior pela paciência e dedicação com a qual me orientou.

A Ananda Carvalho por me apoiar e acreditar mesmo quando tudo parecia confuso e por estar comigo quando mais precisei.

E a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Á minha eterna “mainha” Simonne Sampaio (*in memoriam*), por sua amizade e fonte de motivação. Exemplo de ser humano íntegro e ético que sempre será minha maior inspiração profissional.

RESUMO

As diferenças na composição de espécies entre comunidade locais (diversidade β) dependem de diversos fatores bióticos e abióticos como condições ambientais e interações biológicas. Conhecer a riqueza e abundância de besouros, caracterizados pela resposta a mudanças no ambiente, são determinantes para a manutenção de ambientes florestais e da sua biodiversidade. Com isso, o objetivo deste trabalho foi compreender a dinâmica espacial e a dissimilaridade da comunidade de besouros gorgulhos arborícolas em dois habitats com diferentes estruturas vegetais na Amazônia Oriental. O estudo foi realizado no município de Paragominas (PA) em dois fragmentos florestais em uma área de mineração de bauxita: um remanescente de floresta natural e uma área em recuperação natural após 5 anos de encerramento de atividade. Em cada local foram selecionados sete transectos de 250×4 m (1000 m^2), onde todas as árvores já foram e arbustos com uma circunferência na altura do peito de > 10 cm e altura de área foliar até 10m foram amostrados. As coletas foram realizadas bimestralmente de janeiro de 2019 a janeiro de 2020, utilizando um coletor de artrópodes arbóreos. Avaliou-se a composição das espécies entre os habitats, perfil de diversidade pelo número de Hill, particionamento da diversidade e β -diversidade. No total, foram capturados 465 espécimes, com predominância das subfamílias Curculioninae (45%) e Baridenae (21%), as cinco morfoespécies mais abundantes foram *Anthonomus* sp1 (136 ind. 30%), *Mandarini* sp1 (72 ind. 16%), *Anthonomus* sp2 (26 ind. 6%), *Cryptorhynchini* sp1 (25 ind. 6%) e *Udeus*_sp1 (14 ind. 3%). A área de floresta não apresentou diferença na diversidade beta total quando comparada com a área de regeneração natural. O turnover de espécies foi o principal contribuinte para a β -diversidade (92,2%), enquanto o aninhamento contribuiu apenas 7,8%. Foi encontrada uma relação positiva entre a diversidade β total e a distância geográfica quando as comunidades de besouros de ambos habitats foram combinadas (teste de Mantel: $r = 0,2771$; $P = 0,012$). Nossos resultados ilustram a significância de turnover na área de regeneração demonstra que o padrão de composição dos besouros é em função de fatores ambientais, e que é necessário monitorar e avaliar os processos ecológicos da área, a fim de garantir o sucesso da regeneração natural.

Palavra-chave: Curculionidae, Regeneração Natural, Sucessão Florestal, Gorgulhos.

ABSTRACT

Differences in species composition between local communities (β diversity) depend on several factors biotic and abiotic as environmental conditions and biological interactions. Knowledge of elements such as the richness and abundance of beetles, characterized by response to changes in the environment, are decisive for the maintenance of forest environments and their biodiversity. With this, the objective is to understand the spatial dynamics and dissimilarity of the weevil beetle community arboreal in two habitats with different plant structures in Eastern Amazonia. The study was carried out in the municipality of Paragominas (PA), two forest fragments were selected in a bauxite mining area: a remnant of natural forest and an area undergoing natural recovery after 5 years of closure of bauxite mining activities. At each site seven 250×4 m (1 000 m²) transects were selected, where all trees and shrubs with a circumference at breast height of > 10 cm and leaf area height up to 10 m were sampled. The collections were carried out bimonthly from January 2019 to January 2020, where the collection of beetles was used the arboreal arthropod collector, to assess species composition across habitats, Hill number diversity profiling, diversity partitioning, and β diversity. In total, 465 specimens were captured, with a predominance of the subfamilies Curculioninae (45%) and Baridenae (21%), the five most abundant morphospecies were *Anthonomus* sp1 (136 ind. 30%), *Mandarini* sp1 (72 ind. 16%), *Anthonomus* sp2 (26 ind. 6%), *Cryptorhynchini* sp1 (25 ind. 6%) and *Udeus*_sp1 (14 ind. 3%). The forest area showed no difference in total beta diversity when compared to the natural regeneration area. Species turnover was the main contributor to β -diversity (92.2%), while nesting contributed 7.8%. We found a positive relationship between total β diversity and the geographical distance when beetle communities from both habitats were combined (Mantel test: $r = 0.2771$ $P = 0.012$). Our results illustrate the significance of turnover in the regeneration area and demonstrate that the composition pattern of beetles is a function of environmental factors, and that it is necessary to monitor and evaluate the ecological processes in the area, in order to guarantee the success of natural regeneration.

Keyword: Curculionidae, Natural Regeneration, Forest Succession, Weevils.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Processo de obtenção do alumínio 13
- Figura 2. Área de estudo destacando (A) o município de Paragominas, Pará, Brasil; (B) delimitação da área pertencente à mineradora Hydro-Alunorte; (C) sete pontos de coleta em área florestal; e (D), sete pontos de coleta na área de regeneração natural desde 2014. Os dois pinos de cada ponto indicam a metragem do transecto linearmente 21
- Figura 3. Esquema geral da bandeja coletora e do batedor para agitar a folhagem: (A) detalhe do coletor de artrópode arbóreo com a haste telescópica expandida, (B) detalhe do gancho na extremidade do batedor, (C, D) vista lateral e vista superior da bandeja coletora e (E) utilização do coletor de artrópodes no galho de uma árvore. Ilustração de Cleverton da Silva. 22
- Figura 4. Distribuição da abundância relativa de acordo com o modelo Zipf, para o Remanescente florestal e a regeneração natural (gráfico de Whittaker). 24
- Figura 5. Curvas de rarefação para espécies de Curculionidae em cada habitat baseadas em indivíduos amostrados nas áreas, com Remanescente florestal (escuro) e Regeneração natural (claro). O gráfico apresenta a curva de rarefação estimada (linhas), a extrapolação (linhas pontilhadas) e o intervalo de confiança de 95% (sombreamento). 25
- Figura 6. Média (\pm SE; n = 14) da abundância, riqueza de espécies (Hill 0) e diversidade (Hill 1 e Hill 2) dos besouros gorgulhos em floresta e área de restauração natural em Paragominas, Pará, Brasil. O asterisco indica uma diferença significativa entre os habitats..... 26
- Figura 7. Análise de escala multidimensional não métrica (NMDS) de besouros encontrados área florestal e área em regeneração natural, matriz de dados de abundância (índice de Bray-Curtis distância; $P > 0,05$). 27
- Figura 8. Relação entre dissimilaridade biótica e distâncias geográficas usando dados de incidência em dois fragmentos florestais no município de Paragominas, Brasil. A) mostra apenas turnover (β SIM) entre os sítios; B) mostra o padrão de aninhamento

(β NESS); C) representa a beta diversidade total (β SØR); O “ns” representa que não houve diferença significativa, a barra de desvio representa a margem de erro. 37

Figura 9. Contribuição observada e esperada (%) de alfa (α 1: espécies no transecto), β 1 (β -diversidade entre os transectos) e β 2 (β -diversidade entre as áreas) num fragmento florestal no município de Paragominas, Brasil. 38

Figura 10. Regressão do teste de Mantel da β -diversidade (dissimilaridade de Jaccard) com distância geográfica entre os pontos de amostragem num fragmento florestal no município de Paragominas, Brasil. 39

SUMÁRIO

DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE COMUNIDADE DE BESOUROS ARBORÍCOLAS: DINÂMICA ESPACIAL EM AMBIENTES IMPACTADOS POR MINERAÇÃO	13
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.1. Mineração de Bauxita	13
1.2. Regeneração Natural	14
1.3. Bioindicadores	15
REFERÊNCIAS	17

DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE BESOUROS ARBORÍCOLAS EM ÁREAS PÓS-MINERAÇÃO DE BAUXITA EM PARAGOMINAS- PA	19
1. INTRODUÇÃO	19
2. MATERIAIS E MÉTODOS	20
2.1. Área de estudo e coleta de dados	20
2.2. Análise estatística	22
3. RESULTADOS	23
4. DISCUSSÃO.....	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS	29

β-DIVERSIDADE E PADRÕES DE DISTÂNCIA-DECAIMENTO EM UMA COMUNIDADE DE BESOUROS ARBORÍCOLAS EM ÁREAS PÓS-MINERAÇÃO NA AMAZÔNIA	32
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAIS E MÉTODOS	33
2.1. Área de estudo e coleta de dados	33

2.2. Análise estatística	35
3. RESULTADOS.....	36
4. DISCUSSÃO.....	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	42

**INFLUÊNCIA DO TAMANHO DAS ÁRVORES E DO TIPO DE HABITAT NA
ABUNDÂNCIA DE ARTRÓPODES ARBORÍCOLAS DA REGIÃO
AMAZÔNICA.....** 44

1. INTRODUÇÃO	45
2. MATERIAL E MÉTODOS	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4. CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	51

ANEXO A..... 53

DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE COMUNIDADE DE BESOUROS ARBORÍCOLAS: DINÂMICA ESPACIAL EM AMBIENTES IMPACTADOS POR MINERAÇÃO

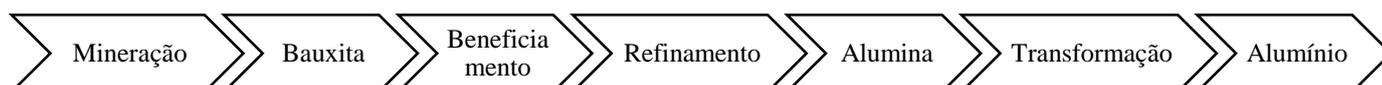
1. CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1. Mineração de Bauxita

O alumínio é o terceiro elemento mais encontrado na crosta terrestre e o mais abundante entre os elementos metálicos. Suas propriedades, como leveza, alta condutividade elétrica e grande resistência à corrosão, permitem que seja utilizado na produção de diversos itens tornando-o um material importante em múltiplas atividades econômicas, como no tratamento de água, indústrias metalúrgica, alimentícia e farmacêutica (CARDOSO et al., 2011).

Sua obtenção inicia com o processo de extração da bauxita, encontrada a cerca de oito metros de profundidade no solo. Para extraí-la, é necessário remover a camada de argila na superfície do solo. Em seguida, a camada de bauxita é escavada e transportada em caminhões para ser beneficiada. O beneficiamento inclui duas fases: a) britagem: redução do minério em partes menores, b) lavagem: os resíduos de argila que ainda estiverem misturados à bauxita são separados com jatos de água (MRN, 2023). A bauxita beneficiada segue para a refinaria, onde passa por tratamento químico para a extração das impurezas, dando origem a um produto intermediário denominado alumina. A etapa final consiste em transformar a alumina em alumínio primário, na forma metálica, por meio da eletrólise (CARDOSO et al., 2011).

Figura 1. Processo de obtenção do alumínio



A bauxita é uma rocha residual formada a partir do intemperismo de várias rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, que foram expostas a longos períodos de intemperismo em condições tropicais, subtropicais ou temperadas muito úmidas. A maior parte da bauxita ocorre próxima à superfície, os depósitos típicos variam em espessura de 3 a 15 m (DONOGHUE et al., 2014). Atualmente os maiores produtores

mundiais de bauxita são a Austrália, o Brasil, a China e a Índia, as principais produtoras do mercado são Alcoa e a Rio Tinto Alcan. Estima-se que as reservas mundiais de bauxita totalizem cerca de 27,1 bilhões de toneladas, o Brasil conta com cerca de 7% desse total (CARDOSO et al., 2011) sendo terceiro principal produtor de minério de ferro, bauxita, crisotila e grafita (ARAÚJO et al., 2014). A região Norte do Brasil se destaca com mineração tem sido um dos principais motores de crescimento da região, especialmente no estado do Pará ao qual a indústria mineral até 2024 pretende investir aproximadamente R\$22 bilhões, gerando mais de 250 mil empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva local (SIMINERAL, 2022).

Mas apesar de ser uma atividade que sem dúvida gera riqueza e crescimento econômico, a mineração de bauxita é responsável pela alteração no estado físico-químico básico das propriedades do solo causando um grande impacto ambiental. Esses impactos são ocasionados pelas atividades de mineração como detonação, perfuração, remoção da vegetação estabilizada, escavação e remoção da camada fértil do solo, instalações e movimentação de máquinas pesadas (LAD; SAMANT, 2015). Devido às consequências ambientais da mineração, vários regulamentos legais foram estabelecidos no Brasil com objetivo de promover a restauração de ecossistemas degradados (BRASIL, 1989). Dentre algumas das principais técnicas de recuperação de áreas degradadas estão o plantio de mudas, a semeadura direta, depósito de serapilheira e solo superficial e regeneração natural (CUGULA et al., 2021).

1.2. Regeneração Natural

A regeneração natural é consiste em um processo passivo, no qual a área degradada é abandonada e a recuperação da vegetação ocorre naturalmente por meio da sucessão secundária dependendo da chegada e estabelecimento de vegetação e fauna espontâneas no local degradado após a remoção do impacto humano (BARROS et al., 2022). Mostrar-se como a técnica eficiente e de baixo custo em comparação com outras técnicas, em termos de alcançar uma boa reabilitação e restauração da área, por meio da sucessão natural, garantindo condições de estabilidade no ambiente (CUGULA et al., 2021).

Estudo desenvolvido por Neto et al. (2021) investigaram a eficiência de regeneração natural na melhoria dos atributos do solo e o sucesso da restauração florestal em áreas sob restauração em um curto espaço de tempo (2 e 7 anos) após a mineração de bauxita. Concluíram que a técnica de regeneração natural mostrou-se

eficiente para ocupar e cobrir o solo regenerando espécies arbóreas e arbustivas, bem como contribuiu para recuperar atributos de do solo como matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, densidade, porosidade e infiltração de água em sete anos (NETO et al., 2021).

Para garantir o sucesso das técnicas de restauração de acordo com cada cenário é imprescindível o acompanhamento e monitoramento das áreas, a instrução normativa IBAMA nº 4 de 13 de abril de 2011, estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área Alterada exigem o monitoramento das áreas vegetadas sejam feitas pelo menos de três ou quatro anos ou até que as metas de reabilitação sejam alcançadas (IBAMA, 2011). A comparação de sistemas de referência cobertos por vegetação natural e áreas em reabilitação ambiental permite avaliar o sucesso da restauração, uma grande número de indicadores, variando de parâmetros estruturais, índices de diversidade ou abordagens ecológicas modernas foram propostas para tais atividades de monitoramento (GASTAUER et al., 2019), uma dessas ferramentas são os bioindicadores (MARTINS et al., 2022).

1.3. Bioindicadores

Os bioindicadores são espécies, comunidades ou processos biológicos, que tem uma sensibilidade conhecida a determinados tipos de estresse em níveis relativamente baixos, de modo que sua integridade e saúde podem ser usadas como um indicador da qualidade do ambiente e como ele muda ao longo do tempo (PARK, 2007; HOLT; MILLER, 2010). Ao contrário de outros métodos de monitoramento que medem diretamente os parâmetros físicos do ambiente, o uso de bioindicadores usa a biota para avaliar as alterações do habitat ao longo do tempo (HOLT; MILLER, 2010). Essas modificações nos habitats são facilmente percebidas pelos vários grupos de artrópodes, que possuem múltiplas qualidades que os tornam indicadores ecológicos ideais, uma vez que todos os ecossistemas, naturais e modificados, terrestres e aquáticos, sustentam comunidades que apresentam uma variedade de estilos de vida, formas e funções (GULLAN, 2017), contudo, cada grupo responde de forma diferenciada às alterações de natureza biótica ou abiótica (SPILLER et al., 2018) e essas alterações na composição e dinâmica das espécies é justamente o que caracteriza esses organismos como boa ferramenta de biomonitoramento ajudando a avaliar o status da reabilitação das áreas em recuperação (GASTAUER et al., 2019).

Os insetos possuem múltiplas qualidades que os tornam indicadores ecológicos ideais, uma vez que todos os ecossistemas, naturais e modificados, terrestres e aquáticos, sustentam comunidades de insetos que apresentam uma variedade de estilos de vida, formas e funções (GULLAN, 2017). Um dos grupos mais acessível já utilizado como indicadores de qualidade ambiental, é o da entomofauna, em particular a ordem Coleoptera, que vem sendo utilizada para avaliar estrutura do habitat e grau de perturbação através da composição da comunidade (FAVERO et al., 2011). Os coleópteros representam o maior grupo dentro da entomofauna, correspondendo a aproximadamente 40% das espécies existentes de insetos (ARAÚJO et al., 2019) sendo a ordem mais rica em espécies já descritas no mundo (BOUCHARD, et al., 2017). Os besouros das famílias Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Curculionidae e Elateridae além de possuírem taxonomia diversificada representam fielmente as condições ecológicas dos habitats onde ocorre, respondendo rapidamente à mudança ou fragmentação do ambiente (OLIVEIRA et al., 2014).

Com elevada biodiversidade associada aos besouros, fica inviável estudar a ordem coleóptera completa coletada nos projetos inseridos em florestas tropicais, restringindo os estudos ecológicos a níveis taxonômicos mais restritos. No presente estudo vamos utilizar a família Curculionidae (Insecta: Coleoptera), representando um grupo altamente diverso que diferem tanto morfológicamente quanto ecologicamente, que reúne requisitos esperados de organismos potencialmente bioindicadores às mudanças no ambiente e dos seus níveis de conservação (MANEE et al., 2022) .

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. R.; OLIVEIRA, R. D.; FERNANDES, F. R. C. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. In: Recursos minerais e sociedade: impactos humanos - socioambientais - econômicos. Rio de Janeiro: **CETEM/MCTI**, 2014.
- BARROS, F. C.; ALMEIDA, S. M.; GODOY, B. S.; DA SILVA, R. R.; SILVA, L. C., DE MORAES, K. F.; SANTOS, M. P. D Taxonomic and functional diversity of bird communities in mining areas undergoing passive and active restoration in eastern Amazon. **Ecological Engineering**, v. 182, p. 106721, 2022.
- BRASIL. Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília. DF, 12 de abril de 1989. Seção 1, p. 5517. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- BOUCHARD, P.; SMITH, A. B.; DOUGLAS, H.; M. L. GIMMEL, M. L.; BRUNKE, A. J.; KANDA, K. Biodiversity of Coleoptera. In: ADLER, P. H.; FOOTIT, R. G. (Ed). *Insect Biodiversity: Science and Society*, **John Wiley & Sons**, 2017. p. 337-417.
- CARDOSO, J. G. da R.; CARVALHO, P. S. L. de; FONSECA, P. S. M.. da; SILVA, M. M. da, ROCIO, M. A. R. A indústria do alumínio: estrutura e tendências. **BNDES Setorial**, n. 33, p. 43-88, 2011.
- CUGULA, J. DOS S.; DE ARAUJO, R. A.; FREIRE, L. S.; PASCHOAL, J. P.; DOS SANTOS PONTES, A. K.; MORGADO, C. D. R. V.; ESTEVES, E. M. M. Análise temporal da recuperação de área de mineração em Paragominas pela técnica de regeneração natural por meio de índices de vegetação. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 4, p. 379-395, 2021.
- DONOGHUE, A. M.; FRISCH, N.; OLNEY, D. Bauxite mining and alumina refining: process description and occupational health risks. **Journal of occupational and environmental medicine**, v. 56, n. 5 Suppl, p. S12, 2014.
- FAVERO, A. A.; DO PRADO COSTA, M.; FIGUEIRA, M.; ANDRIOLLO, D. D.; LONGHI, S. J. Species abundance distribution in tree community of a hill top in subtropical seasonal forest/Distribuição de abundância de espécies da comunidade arbórea do topo de um morro na floresta estacional subtropical. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 806-815, 2015.
- GASTAUER, M.; SOUZA FILHO, P. W. M.; RAMOS, S. J.; CALDEIRA, C. F.; SILVA, J. R.; SIQUEIRA, J. O.; FURTINI NETO, A. E. Mine land rehabilitation in Brazil: Goals and techniques in the context of legal requirements. **Ambio**, v.48, n. 1, p. 74-88, 2019.
- GULLAN, P. J. **Insetos: fundamentos da entomologia**. Tradução Eduardo da Silva Alves dos Santos, Sonia Maria Marques Hoenen. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017.
- HOLT, E. A.; MILLER, S. W. Bioindicators: Using organisms to measure environmental impacts. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, p. 8, 2010.
- IBAMA. Instrução Normativa nº4, de 13 de abril de 2011. Estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental, bem como dos Termos de Referência constantes dos Anexos I e II desta Instrução Normativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília. DF, 14 de abril de 2011. Seção 1, p.100. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0004-130411.PDF>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- LAD, R. J.; SAMANT, J. S. Impact of bauxite mining on soil: a case study of bauxite mines at Udgiri, Dist-Kolhapur, Maharashtra State, India. **International Research Journal of Environment Sciences**, v. 4, n. 2, p. 77-83, 2015.
- MARTINS, S. V. et al. Reflorestamento com mudas altas: uma inovação da restauração florestal na mineração de bauxita em Minas Gerais. Engenharia florestal: contribuições, análises e práticas em pesquisa. Guarujá: Editora Científica Digital, 2022.
- MRN, Mineração Rio Norte. Conheça as etapas do nosso processo produtivo. Disponível em: <https://www.mrn.com.br/index.php/pt/o-que-fazemos/processo-produtivo>. Acesso em: 20 de jan. 2023.

MANEE, M. M. et al. Microsatellite Variation in the Most Devastating Beetle Pests (Coleoptera: Curculionidae) of Agricultural and Forest Crops. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 17, p. 9847, 2022.

NETO, A. B. B. et al. Natural regeneration for restoration of degraded areas after bauxite mining: A case study in the Eastern Amazon. **Ecological Engineering**, v. 171, p. 106392, 2021.

OLIVEIRA, M. A. D.; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S.; DELLA LUCIA, T. M. C. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, p.800-807, 2014.

PARK, C. **A dictionary of environment and conservation**. 1.ed. Oxford: Oxford University Press, 2007. 528 p.

SIMINERAL. Sindicato das indústrias minerais do estado do Pará. Mineração no Pará, Brasil e Mundo. Disponível em: <https://simineral.org.br/mineracao/mineracao-para>. Acesso em: 01 jan. 2022.

SPILLER, M. S.; SPILLER, C.; GARLET, J. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 12, n. 1, p. 41-57, 2018.

DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE BESOUROS ARBORÍCOLAS EM ÁREAS PÓS-MINERAÇÃO DE BAUXITA EM PARAGOMINAS- PA.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de mineração é fundamental para a economia brasileira sendo responsável por quase 2,5% do Produto Interno Bruto (PIB) (BRASIL, 2021), superando as expectativas do setor da mineração no país, faturando cerca de R \$56,2 bilhões no primeiro trimestre de 2021 (IBRAM, 2021). O Brasil como terceiro principal produtor de minério de ferro, bauxita, crisotila e grafita (ARAÚJO et al., 2014) com destaque para o norte do país, onde o setor da mineração tem sido um dos principais motores de crescimento da região, especialmente no estado do Pará ao qual a indústria mineral até 2024 pretende investir aproximadamente R\$22 bilhões, gerando mais de 250 mil empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva local (SIMINERAL, 2022). Mas apesar de ser uma atividade que sem dúvida gera riqueza e crescimento econômico, a indústria mineradora também é uma das atividades antrópicas que mais causam impactos ambientais negativos (ARAÚJO et al., 2014), devido à retirada total da vegetação e ao revolvimento do solo, sendo indispensável utilizar técnicas para a restauração ecológica dessas áreas (PORTELLA, 2015; PONTES et al., 2021).

Uma alternativa utilizada para restaurar as funções ecológicas é a regeneração natural, uma técnica de baixo custo que consiste no acúmulo gradual de vegetação por meio do acúmulo de biomassa e da renovação de espécies ao longo do tempo (NETO et al., 2021; LOHBECK et al., 2021). Esse tipo de processo de restauração florestal é fundamental para conservação da biodiversidade, pois através da recuperação da estrutura da vegetação são restabelecidas as relações funcionais fauna e flora e a diversidade de espécies. Para garantir definição de técnicas de restauração mais adequadas para cada cenário é imprescindível o acompanhamento e monitoramento das áreas, uma das ferramentas utilizadas para isso são os bioindicadores (MARTINS et al., 2022).

Os bioindicadores são processos biológicos, comunidades ou espécies, utilizados para avaliar a qualidade do ambiente e como ele muda ao longo do tempo (HOLT; MILLER, 2011). Dentre os organismos utilizados no monitoramento ambiental destacam-se os insetos da ordem Coleoptera, isso devido a grande diversidade de comportamentos e de funções nos ecossistemas, junto com a sensibilidade às mudanças

ambientais, que afetam diretamente a riqueza, a distribuição e a abundância (OLIVEIRA et al., 2014; GUEDES et al., 2019).

No presente estudo vamos utilizar a família Curculionidae (Insecta: Coleoptera), que reúne requisitos esperados de organismos potencialmente bioindicadores às mudanças no ambiente e dos seus níveis de conservação. Uma das maiores famílias de coleópteros com 17 subfamílias com mais de 5908 espécies descritas distribuídas por todo o Brasil (BENÁ et al., 2023), representando um grupo altamente diverso que diferem tanto morfológicamente quanto ecologicamente. Esses besouros são conhecidos como gorgulhos verdadeiros (true weevils) ou besouros do focinho, por apresentar na maioria das vezes como característica marcante um focinho ou bico, que é um alongamento da parte anterior da cabeça (MANEE et al., 2022). A maioria das larvas e adultos ocorre e se alimenta de todas as partes das plantas, com isso muitas espécies são pragas prejudiciais e devastadoras de culturas agrícolas, grãos e florestais (SANTOS, 2021; SANTOS et al., 2021; NGOM et al., 2021; WHEELER et al., 2021; COVRE et al., 2021).

Como áreas com diferentes estruturas de vegetação na região amazônica afetam a composição das comunidades de coleoptera curculionídeos? Há diferenças em composição, riqueza e abundância dos Curculionidae comprando-se área de floresta com área em regeneração natural a 5 anos?

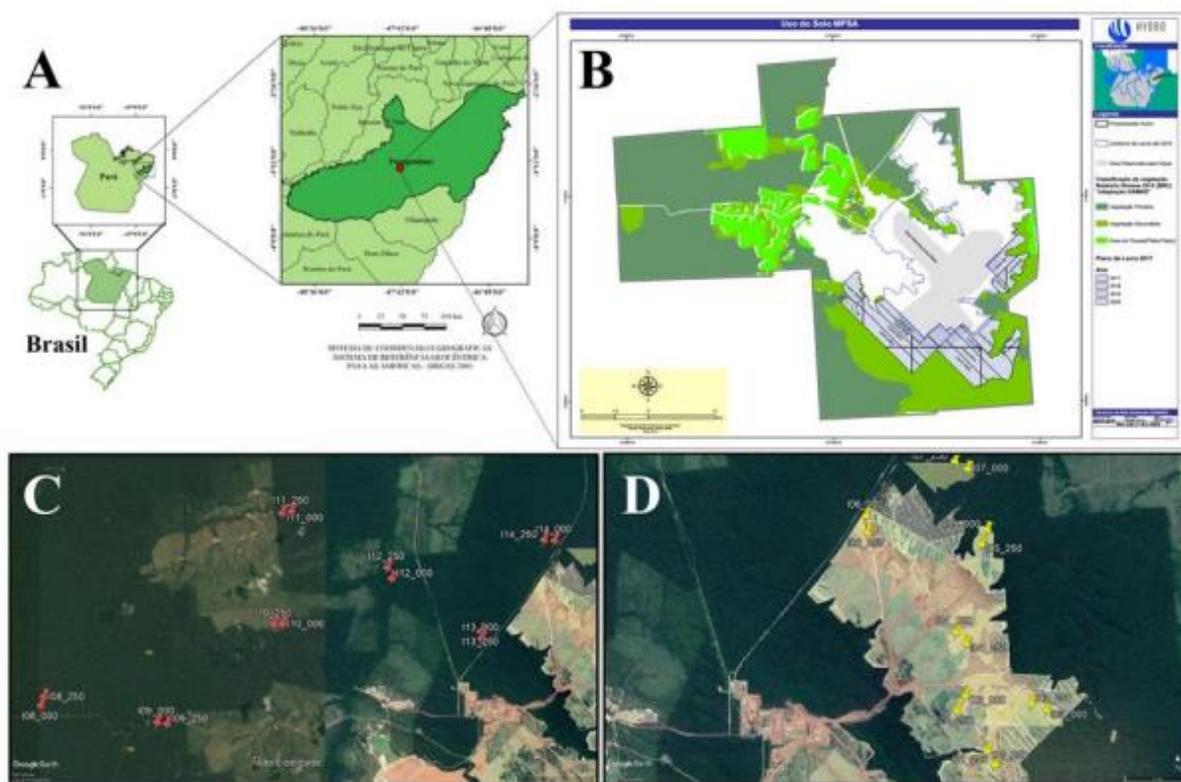
O conhecimento de elementos como a riqueza e abundância de besouros, caracterizados pela resposta a mudanças no ambiente, são determinantes para a manutenção de ambientes florestais e da sua biodiversidade. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo comparar a diversidade taxonômica da comunidade de besouros arborícolas (Coleoptera: Curculionidae) em dois ambientes florestais. Serão testadas as seguintes hipóteses: 1) a estrutura do habitat é determinante para os padrões de diversidade taxonômica de curculionídeos 2) a floresta como habitat mais heterogêneos apresenta maior diversidade de besouros. A predição é que valores de riqueza e abundância serão maiores comunidades localizadas em habitat menos impactadas pela mineração.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e coleta de dados

A amostragem foi realizada no município de Paragominas, Pará, Brasil, região caracterizada pelo clima do tipo Aw caracterizado como tropical chuvoso, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1766 mm e as temperaturas médias do ar variam de 25,6 a 27,8 °C, com duas estações climáticas bem marcadas entre dezembro a março (estação chuvosa) e abril a novembro (estação seca) (FRANCEZ et al., 2007; SILVA e SANTANA, 2014). Foram selecionados dois fragmentos florestais em uma área de mineração de bauxita (03°15'002"S, 47°44'003"W), sendo eles um remanescente de floresta natural e uma área em recuperação natural após 5 anos de encerramento de atividade de mineração de bauxita (Figura 2). Em cada local foram selecionados sete transectos de 250 × 4 m (1 000 m²), onde todas as árvores e arbustos com uma circunferência na altura do peito de > 10 cm e altura de área foliar até 10 m foram amostrados.

Figura 2. Área de estudo destacando (A) o município de Paragominas, Pará, Brasil; (B) delimitação da área pertencente à mineradora Hydro-Alunorte; (C) sete pontos de coleta em área florestal; e (D), sete pontos de coleta na área de regeneração natural desde 2014. Os dois pinos de cada ponto indicam a metragem do transecto linearmente

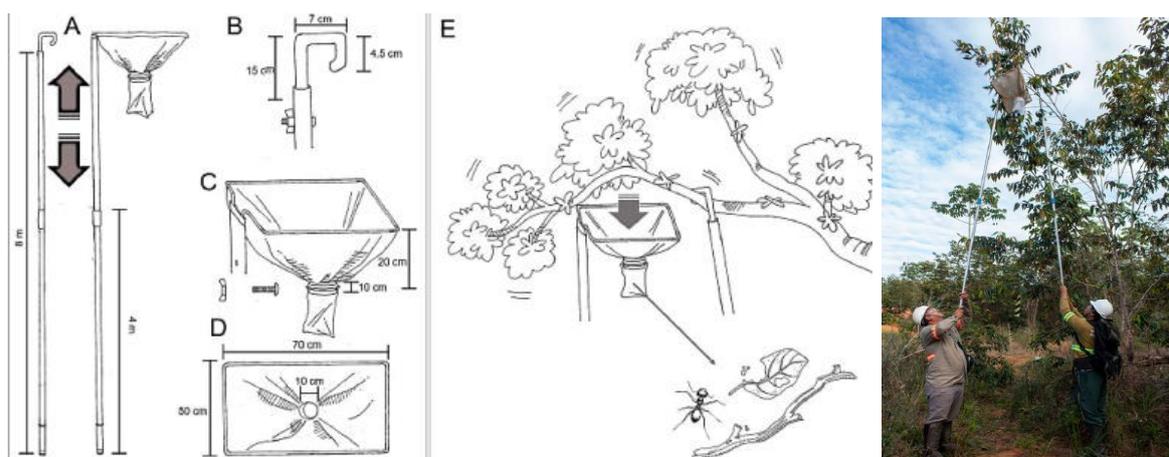


. Fonte: Viana-Junior et al., 2021.

Para a coleta dos besouros foi utilizado o coletor de artrópodes arbóreos composto por uma bandeja coletora afunilada em uma bolsa coletora e uma vara telescópica de alumínio com um gancho em sua extremidade superior para puxar e sacudir os galhos (VIANA-JUNIOR et al., 2021), aproximadamente um total de 50-80 agitações de ramos em diferentes partes em cada planta (Figura 3).

Os espécimes coletados foram triados e encaminhados para identificação junto ao Laboratório de Entomologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) em Belém, Pará, onde foram classificados em categorias taxonômicas superiores em níveis (subfamília, tribo e gênero). A amostragem foi realizada bimestralmente de janeiro de 2019 a janeiro de 2020.

Figura 3. Esquema geral da bandeja coletora e do batedor para agitar a folhagem: (A) detalhe do coletor de artrópode arbóreo com a haste telescópica expandida, (B) detalhe do gancho na extremidade do batedor, (C, D) vista lateral e vista superior da bandeja coletora e (E) utilização do coletor de artrópodes no galho de uma árvore. Ilustração de Cleverton da Silva.



Fonte: Viana-Junior et al., 2021.

2.2. Análise estatística

Para caracterizar a estrutura geral de cada habitat, a distribuição de abundância de espécies (SAD) foi representada graficamente com um gráfico de Whittaker (MCGILL et al., 2007). Adicionalmente, curvas de rarefação e extrapolação foram elaboradas para o número de curculionídeos coletados (rarefação com base no indivíduo) em cada habitat. As extrapolações foram feitas considerando dados de abundância, reduzindo assim um potencial viés causado por espécies raramente

amostradas (CHAO et al., 2014) com 1000 randomizado para comparar a diversidade entre os habitats amostrados.

Para avaliar se a riqueza de espécies, abundância individual e composição das comunidades coletadas diferem entre habitats, rodamos modelos lineares generalizados (GLM; NELDER e WEDDERBURN, 1972). O GLM da riqueza foi ajustado na distribuição de erros Poisson, e o modelo de abundância para espécies foi ajustado na distribuição de erros binomiais negativos quando verificada a superdispersão (BOLKER et al., 2009).

Também conduzimos uma análise de escala multidimensional não métrica (NMDS) para explorar padrões espaciais da comunidade (BRAY e CURTIS, 1957). Anteriormente, os dados eram transformados em $\log(x+1)$ e uma matriz de similaridade de Bray-Curtis foi produzida. Para estabelecer se os padrões obtidos no NMDS foram significativos, um teste ANOSIM ($p < 0,05$) foi realizado (MENG et al. 2013).

Todas as análises foram realizadas na plataforma R v.4.2.2 (R Core Team, 2022), usando os pacotes hillR (LI, 2018) para perfil de diversidade pelo número de Hill, MASS (VENABLES e RIPLEY, 2002) para modelos lineares generalizados, iNEXT (HSIEH et al., 2022) para calcular curvas de rarefação e extrapolação individuais, e pacote Vegan (OKSANEN et al., 2022) para curvas de distribuição de abundância de espécies, NMDS e ANOSIM.

3. RESULTADOS

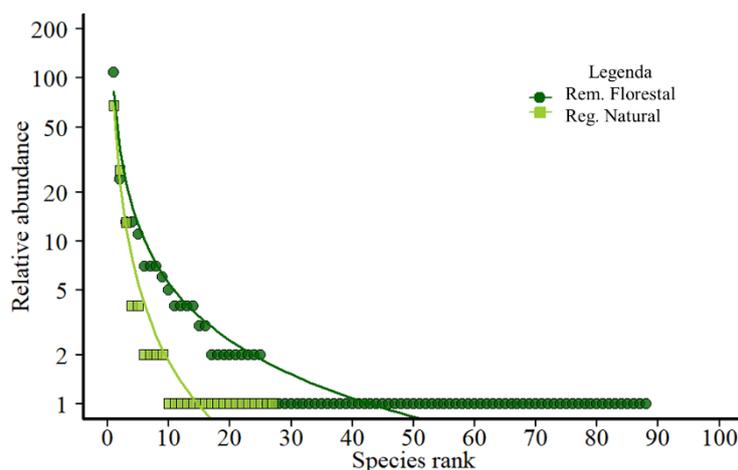
No total, foram coletados 465 espécimes de curculionídeos, 318 indivíduos na área de floresta e 147 na área de regeneração natural. Esses indivíduos foram classificados em seis subfamília de Curculionidae: Curculioninae (45%), Baridinae (21%), Cryptorhynchinae (16%), Molytinae (10%), Conoderinae (5%) e Entiminae (3%). Fortes mudanças foram observadas na abundância de espécies e riqueza de besouros gorgulhos entre os habitats, das 114 morfoespécies identificadas, 95 espécies foram amostradas na área de floresta 82 eram exclusivas dessa área (71,9% do total). Na área de regeneração natural encontramos 147 indivíduos pertencentes a 32 espécies, das quais 19 espécies (16,6%) são exclusivas. Das espécies coletadas, 11,4% (13 espécies) são comuns aos dois habitats.

As cinco morfoespécies mais abundantes foram *Anthonomus* sp1 (136 ind. 30%), *Mandarini* sp1 (72 ind. 16%), *Anthonomus* sp2 (26 ind. 6%), *Cryptorhynchini* sp1

(25 ind. 6%) e *Udeus*_sp1 (14 ind. 3%). Para a área de floresta e área de regeneração, as mais abundantes foram: *Anthonomus* sp1 (109 ind. subfamília Curculioninae) e *Mandarini* sp1 (68 ind. subfamília Baridinae), respectivamente (Anexo A).

Com o gráfico de Whittaker (Figura 4) é possível observar um padrão semelhante de comunidade de besouros entre os habitats, com uma mudança progressiva na frequência das espécies mais incomuns e únicas da área florestal. As curvas de rarefação baseadas na abundância mostram que a assíntota não foi alcançada para nenhuma dos dois habitats, enquanto as curvas extrapoladas mostraram que o remanescente florestal é o habitat mais rico analisado, mesmo extrapolando para o dobro do esforço amostral a riqueza extrapolada continua o padrão da riqueza observada (Figura 5).

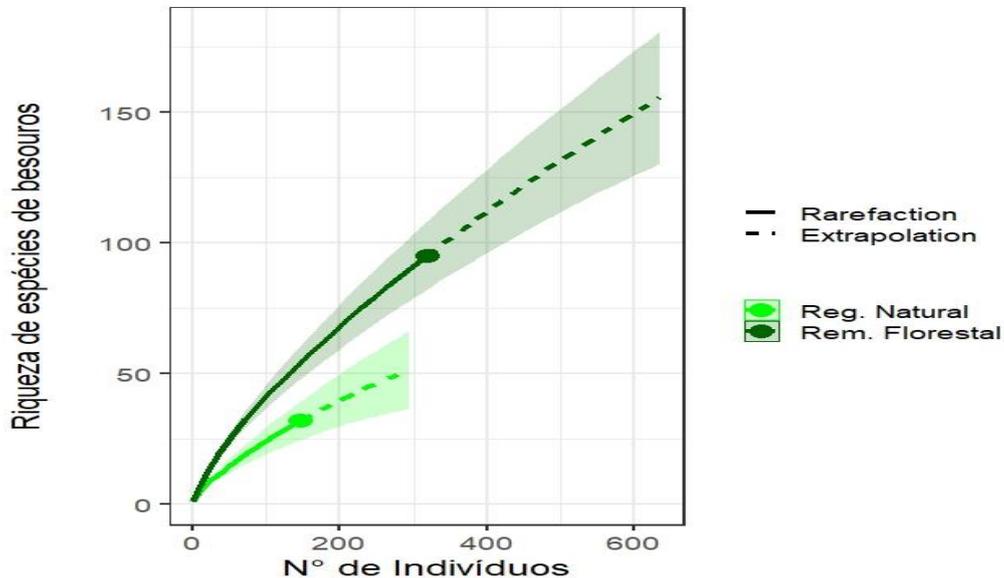
Figura 4. Distribuição da abundância relativa de acordo com o modelo Zipf, para o Remanescente florestal e a regeneração natural (gráfico de Whittaker).



Fonte: Autores, 2023.

A riqueza e a abundância de besouros diferem de maneira significativa entre os ambientes, o mesmo se repete para a diversidade (Figura 6). Mesmo quando atribuímos valor a ordem (hill 1 e 2) e retirando o peso das espécies dominantes a floresta se apresenta diferente da área em regeneração natural.

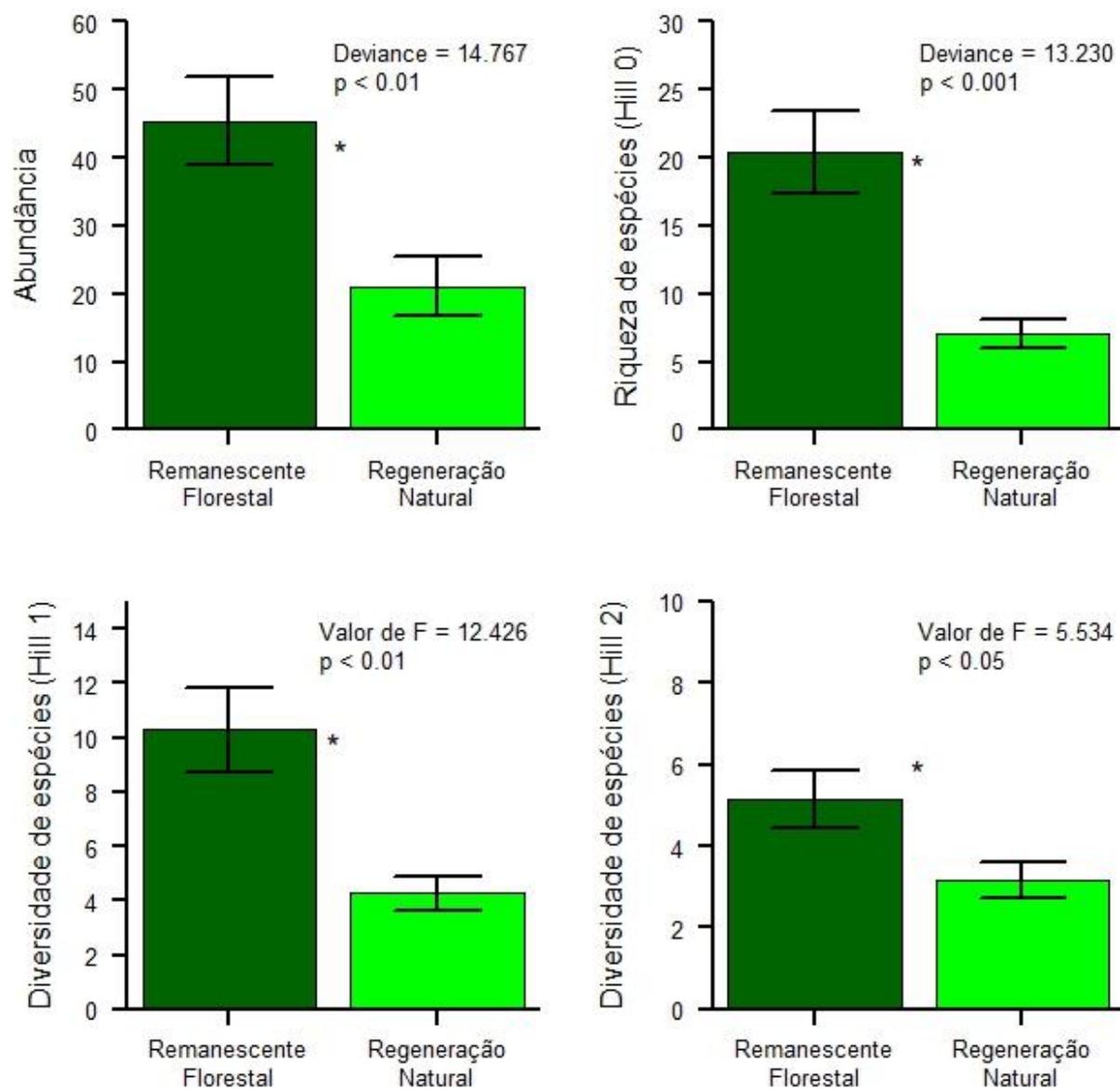
Figura 5. Curvas de rarefação para espécies de Curculionidae em cada habitat baseadas em indivíduos amostrados nas áreas, com Remanescente florestal (escuro) e Regeneração natural (claro). O gráfico apresenta a curva de rarefação estimada (linhas), a extrapolação (linhas pontilhadas) e o intervalo de confiança de 95% (sombreamento).



Fonte: Autores, 2023.

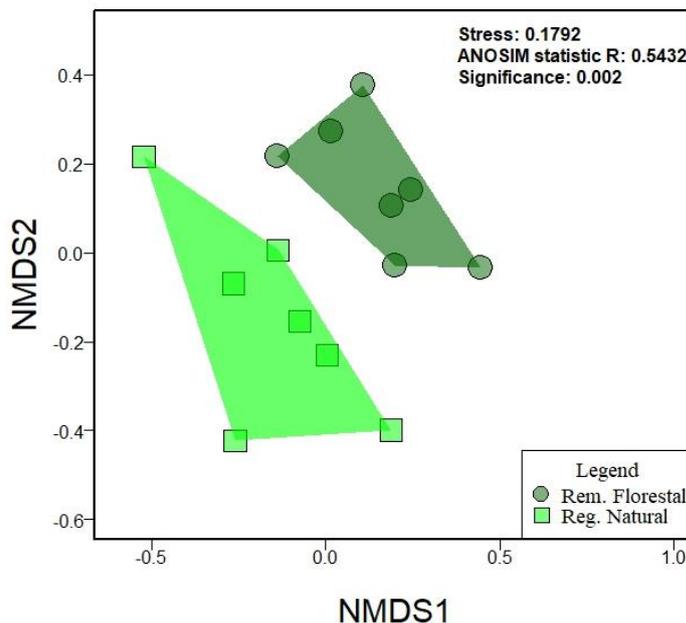
Os ambientes amostrados hospedam comunidade de besouros distintas em composição de espécies, a figura de ordenação NMDS mostra uma separação dos ambientes de floresta em relação a regeneração natural, indicando maior dissimilaridade composicional. Com a análises de similaridade (ANOSIM) confirmamos o padrão de distinção na composição de espécies entre os ambientes que diferiu significativamente (Anosim, $R = 0,5437$, $p = 0,002$ (Figura 7).

Figura 6. Média (\pm SE; n = 14) da abundância, riqueza de espécies (Hill 0) e diversidade (Hill 1 e Hill 2) dos besouros gorgulhos em floresta e área de restauração natural em Paragominas, Pará, Brasil. O asterisco indica uma diferença significativa entre os habitats.



Fonte: Autores, 2023.

Figura 7. Análise de escala multidimensional não métrica (NMDS) de besouros encontrados área florestal e área em regeneração natural, matriz de dados de abundância (índice de Bray-Curtis distância; $P > 0,05$).



Fonte: Autores, 2023.

4. DISCUSSÃO

Com a crescente pressão para recuperar áreas degradadas na Amazônia e de ferramentas para o monitoramento da eficácia de técnicas de restauração, o uso de organismos bioindicadores se destaca como uma alternativa viável e ecologicamente conhecida (WINK et al., 2005; MCGEOCH et al., 2007; STOLL et al., 2022). Esses besouros podem ser usados para indicar alterações no ambiente por apresentarem um alto número de espécies que vão apresentar diferentes resposta os fatores espaciais, climáticos e bióticos, aumentando ou diminuindo riqueza e abundância de acordo com as alterações no ambiente (NING et al., 2019). Para conhecer a comunidade estudada, principalmente quando se fala de biodiversidade, encontramos certas dificuldades ligadas à taxonomia, tornando necessária a adoção níveis taxonômicos que não espécie, como gêneros, subfamílias, ou mesmo família, mas que vem se demonstrando eficiente (LEIVAS e CARNEIRO, 2012; DRIESSEN e KIRKPATRICK, 2019; KOCH et al., 2021).

A partir da análise da composição das espécies de curculionídeos foi possível observar as diferenças na riqueza e abundância desses besouros arborícolas entre as áreas em estudo. Segundo Buchori et al. (2018) a diversidade de insetos é afetada por

diversos fatores, citando alguns como áreas com diferentes idades de recuperação, a idade das árvores pioneiras, a diversidade da vegetação e a qualidade do solo. Acreditamos que essas diferenças estejam relacionadas a aspectos do estágio sucessional dos ambientes, a área de floresta por estar em um estágio sucessional mais avançado apresentaria maior heterogeneidade da vegetação proporcionando melhores condições para os gorgulhos (NEVES et al, 2010; LAMARRE et al., 2016), diferente da área em regeneração natural que se encontra na fase inicial de sucessão com pouco tempo no processo de regeneração (LU et al., 2003; MADEIRA et al, 2009). A curva de distribuição da abundância SAD mostrou que o melhor modelo de ajuste foi Zipf que é interpretado pelo processo sucessional, a presença de uma espécie se deve a dependências de condições físicas e ecológicas da área. As espécies abundantes são as que possuem baixa exigência ecológica, enquanto as espécies raras seriam as que têm o custo ecológico elevado, precisando de energia, tempo e organização do ecossistema antes de se estabelecerem (FAVERO et al., 2015).

A diversidade taxonômica avaliada através do perfil de diversidade de Hill diferencia as áreas considerando o peso dado as espécies raras, convertendo os índices taxonômicos em número de espécies efetivas, permite uma unidade de medida comparável (HILL, 1973; CHIU; CHAO, 2014; Oliveira et al., 2019). Com isso foi possível observar que a área de floresta que é mais rica mostrou-se controlada por espécies raras, isso fica mais evidente quando observamos a Figura 4. Quando existe algum grau de dominância, o número efetivo de espécies de Shannon (Hill 1) é menor do que a riqueza (Hill 0) de espécies observada e, o número efetivo de espécies de Simpson (Hill 2), é menor do que as espécies efetivas de Shannon (JOST, 2007).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade de curculionídeos respondem negativamente a áreas impactadas pós mineração, fator este relacionado ao estágio sucessional dos ambientes. A área de floresta apresenta melhores condições ambientais, por estar num estágio sucessional mais avançado, comparado à área de regeneração natural.

Assim, quanto menos impactada for a área, mais abundante e diversificada é a comunidade de gorgulhos, enfatizando a viabilidade de utilizar besouros curculionídeos para monitorar áreas em regeneração natural pós atividade de mineração, mesmo que em escala taxonômica não muito profunda.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. R.; OLIVEIRA, R. D.; FERNANDES, F. R. C. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. In: Recursos minerais e sociedade: impactos humanos - socioambientais - econômicos. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014.
- BENÁ, D.C.; CHAMORRO, M. L; RAINHO, H.L. Curculionidae in **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2587>. Acesso em: 06 Fev. 2023
- BOLKER, B. M. et al. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 3, p. 127-135, 2009.
- BRASIL. Serviços e Informações do Brasil. **MINERAÇÃO: Desempenho do setor mineral em 2020 supera expectativas**. [Brasília]: Serviço de Informação do Brasil, 19 fev. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/02/desempenho-do-setor-mineral-em-2020-supera-expectativas>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. **Ecological monographs**, v. 27, n. 4, p. 326-349, 1957.
- BUCHORI, D. et al. Insect diversity in post-mining areas: Investigating their potential role as bioindicator of reclamation success. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 19, n. 5, p. 1696-1702, 2018.
- CHAO, A. et al. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. **Ecological monographs**, v. 84, n. 1, p. 45-67, 2014.
- CHIU, C. H.; CHAO, A. **Distance-based functional diversity measures and their decomposition: A framework based on hill numbers**. **PLoS ONE**, v. 9, n. 7, 2014.
- COVRE, L. de S. ; MELO, A. A.; FLECHTMANN, C. A. H. Flight activity and spread of *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) in Brazil. **Trees, Forests and People**, v. 4, p. 100076, 2021.
- DRIESSEN, Michael M.; KIRKPATRICK, James B. Higher taxa can be effective surrogates for species-level data in detecting changes in invertebrate assemblage structure due to disturbance: a case study using a broad range of orders. **Austral Entomology**, v. 58, n. 2, p. 361-369, 2019.
- FAVERO, A. A.; DO PRADO COSTA, M.; FIGUEIRA, M.; ANDRIOLLO, D. D.; LONGHI, S. J. Species abundance distribution in tree community of a hill top in subtropical seasonal forest/Distribuição de abundância de espécies da comunidade arbórea do topo de um morro na floresta estacional subtropical. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 806-815, 2015.
- FRANCEZ, L. M. de B.; CARVALHO, J. O. P. de; JARDIM, F. C. da S. Mudanças ocorridas na composição florística em decorrência da exploração florestal em uma área de floresta de terra firme na região de Paragominas, PA. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, p. 219-228, 2007.
- GUEDES, R. da S.; ZANELLA, F. C. V.; GROSSI, P. C. Composição e riqueza de espécies de uma comunidade de Coleoptera (Insecta) na Caatinga. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 109, 2019.
- HILL, Mark O. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. **Ecology**, v. 54, n. 2, p. 427-432, 1973.
- HOLT, E. A.; MILLER, S. W. Bioindicators: Using organisms to measure environmental impacts. **Nature Education Knowledge**. v.2, n.2. p 8-13. 2011.
- HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity. R package (version 3.0.0). 2022.
- IBRAM, Instituto de Brasileiro de Mineração. Relatório anual de atividades- janeiro a dezembro de 2021.

- JOST, Lou. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. **Ecology**, v. 88, n. 10, p. 2427-2439, 2007.
- KOCH, E. B. A. et al. Seeking surrogates for taxonomic and functional evaluations of leaf-litter ant faunas. **Ecological Indicators**, v. 122, p. 107305, 2021.
- LAMARRE, Greg PA et al. Taxonomic and functional composition of arthropod assemblages across contrasting Amazonian forests. **Journal of Animal Ecology**, v. 85, n. 1, p. 227-239, 2016
- LEIVAS, Fernando Willyan Trevisan; CARNEIRO, Eduardo. Utilizando os hexápodes (Arthropoda, Hexapoda) como bioindicadores na biologia da conservação: avanços e perspectivas. **Estud. Biol., Ambiente Divers**, v. 34, n. 83, p. 203-213, 2012.
- LI, D. hillR: taxonomic, functional, and phylogenetic diversity and similarity through Hill Numbers. **J. Open Source Softw.**, v. 3, n. 31, p. 1041, 2018.
- LOHBECK, M.; ROTHER, D. C. JAKOVAC, C. C. Enhancing Natural Regeneration to Restore Landscapes. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 4, p. 735457, 2021.
- LU, Dengsheng et al. Classification of successional forest stages in the Brazilian Amazon basin. **Forest Ecology and Management**, v. 181, n. 3, p. 301-312, 2003.
- MADEIRA, Bruno G. et al. Changes in tree and liana communities along a successional gradient in a tropical dry forest in south-eastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 201, p. 291-304, 2009.
- MANEE, M. M. et al. Microsatellite Variation in the Most Devastating Beetle Pests (Coleoptera: Curculionidae) of Agricultural and Forest Crops. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 17, p. 9847, 2022.
- MARTINS, S. V. et al. Reflorestamento com mudas altas: uma inovação da restauração florestal na mineração de bauxita em Minas Gerais. **Engenharia florestal: contribuições, análises e práticas em pesquisa**. Guarujá: Editora Científica Digital, 2022.
- MCGEOCH, M. A. et al. Insects and bioindication: theory and progress. **Insect conservation biology**, p. 144-174, 2007.
- MCGILL, B. J.; ETIENNE, R. S.; GRAY, J. S.; ALONSO, D.; ANDERSON, M. J.; BENECHA, H. K, ... & WHITE, E.P. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. **Ecology letters**, v. 10, n. 10, p. 995-1015, 2007.
- MENG, L.; MARTIN, K.; WEIGEL, A.; YANG, X. Tree diversity mediates the distribution of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in a changing tropical landscape (Southern Yunnan, SW China). **PLoS One**, v. 8, n. 9, p. e75481, 2013.
- NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)**, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.
- NETO, A. B. B. et al. Natural regeneration for restoration of degraded areas after bauxite mining: A case study in the Eastern Amazon. **Ecological Engineering**, v. 171, p. 106392, 2021.
- NEVES, Frederico S. et al. Efeito da estratificação florestal e da sucessão secundária sobre a fauna de insetos herbívoros associada ao dossel de uma floresta estacional decidual. **Biota**, v. 3, p. 33-44, 2010.
- NGOM, D. et al. Morphophysical and biochemical traits involved in maize grain varietal susceptibility to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, v. 25, n.1, p. 45-56, 2021.
- NING, Hang et al. Factors influencing the geographical distribution of *Dendroctonus armandi* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae) in China. **Forests**, v. 10, n. 5, p. 425, 2019.
- OKSANEN, J. et al. Vegan: community ecology package (version 2.6-4). **The Comprehensive R Archive Network**, 2022.

- OLIVEIRA, M.A. de et al. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, p. 800-807, 2014.
- OLIVEIRA, T. C. de S.; SILVA, V. F. da; SOUSA, V. F. da S; FARIAS, R. R. S. de; CASTRO, A. A. J. F. Diversidade taxonômica e funcional em áreas de cerrado rupestre de baixa altitude no complexo vegetacional de Campo Maior, Nordeste do Brasil. **Biota Amazônia**, v. 9, n. 2, p. 1-5, 2019.
- PONTES, A. N.; ALBUQUERQUE, Á. R.; MARTINS, W. B. R. (Orgs.) Perspectivas e tendências das ciências florestais: uma visão interdisciplinar para a Amazônia. Belém : EDUEPA, 2021. 229 p.
- PORTELLA, M. O. Efeitos colaterais da mineração no meio ambiente. **Revista Brasileira de políticas públicas**, v. 5, n. 3, 2015.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2022.
- REGUEIRA, J. C. S. et al. Contrasting Relationship of True Weevils (Curculionidae) and Woody Plants Diversity in Semi-arid Landscape Units. **Neotropical Entomology**, v. 49, n. 6, p. 812-820, 2020.
- SANTOS, J. P; dos . Odoiporus longicollis Oliver (Coleoptera: Curculionidae): uma ameaça à bananicultura brasileira?. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 38, n. 3, p. 26908, 2021.
- SANTOS, M. M. dos et al. Ocorrência de Euscepes postfasciatus (Coleoptera: Curculionidae) em Ipomoea batatas em Diamantina, Minas Gerais, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico** , v. 88, 2021.
- SILVA, E. N. da; SANTANA, A. C. de. Modelos de regressão para estimação do volume de árvores comerciais, em florestas de Paragominas. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 631-636, 2014.
- SIMINERAL. Sindicato das indústrias minerais do estado do Pará. Mineração no Pará, Brasil e Mundo. disponível em : <https://simineral.org.br/mineracao/mineracao-para>. Acesso em 01 de jan. de 2022.
- STOLL, E. Roopsind, A., Maharaj, G., Velazco, S., & Caughlin, T. T. Detecting gold mining impacts on insect biodiversity in a tropical mining frontier with SmallSat imagery. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, v. 8, n. 3, p. 379-390, 2022.
- VENABLES, W. N. & RIPLEY, B. D. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. **Springer**, New York. ISBN 0-387-95457-0. 2002.
- VIANA-JÚNIOR, A. B; QUIJANO-CUERVO, L. G.; FERREIRA, J. C.; DO NASCIMENTO REIS, R. R.; DOS SANTOS, I. A.; MARTINS, M. B.. Collecting arboreal arthropods: a technique for sampling plant-inhabiting arthropod communities in a tropical forest understory. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 169, n. 3, p. 312-321, 2021.
- WHEELER, Gregory S. et al. Community of bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae) infesting Brazilian peppertree treated with herbicide and the volatile tree response. **Environmental Entomology**, v. 50, n. 6, p. 1311-1321, 2021.
- WINK, C. Guedes, J. V. C., Fagundes, C. K., & Rovedder, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.

β -DIVERSIDADE E PADRÕES DE DISTÂNCIA-DECAIMENTO EM UMA COMUNIDADE DE BESOUROS ARBORÍCOLAS EM ÁREAS PÓS-MINERAÇÃO NA AMAZÔNIA.

1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia, a paisagem natural vem sendo modificada por atividades antrópicas de supressão e fragmentação da vegetação, gerando inúmeros impactos ambientais que resultam na perda da biodiversidade. A atividade de mineração, apesar da importância socioeconômica, é uma dessas atividades antrópicas causadora de impactos ambientais negativos, ocasionados principalmente pela retirada total da vegetação e ao revolvimento do solo, que são algumas das etapas para exploração mineral (ARAÚJO et al., 2014; PORTELLA, 2015; PONTES et al., 2021). No Brasil, leis ambientais responsabilizam as empresas mineradoras pelos impactos à biodiversidade, obrigando-as a mitigar os efeitos negativos por meio da recuperação os ecossistemas impactados, restabelecendo os processos naturais, seja para uso produtivo, implantação de uma atividade de recreação ou valorização estético-ecológica (BRASIL, 1989). Para atingir esse objetivo de recuperação das áreas degradadas várias estratégias têm sido propostas buscando favorecer e/ou acelerar o processo de sucessão florestal, o mais comum é a regeneração natural, que consiste em um processo passivo, no qual a área degradada é abandonada e a recuperação da vegetação ocorre naturalmente por meio da sucessão secundária dependendo da chegada e estabelecimento de vegetação e fauna espontâneas no local degradado após a remoção do impacto humano (BARROS et al., 2022).

Diante de diferentes estratégias de monitoramento dos ambientes em restauração, utilizando como referência de ecossistema florestais remanescentes (KAUANO et al., 2013), é possível qualificar indicadores de desenvolvimento do ecossistema e detectar a necessidade de manejo adaptativo ou corretivo (BARBOSA et al., 2022). Um dos grupos mais acessíveis já utilizado como indicadores de qualidade ambiental, é o da entomofauna, em particular a ordem Coleoptera, que vem sendo utilizada para avaliar estrutura do habitat e grau de perturbação através da composição da comunidade (FAVERO et al., 2011). Assim, investigar a distribuição espacial de besouros em ambientes altamente diversos, como a floresta tropical brasileira,

compreender as causas da variabilidade espacial e suas consequências continuam sendo um dos principais focos das investigações ecológicas (SUTHERLAND et al., 2013).

Mudanças na composição de espécies entre diferentes ambientes podem ser quantificadas usando a diversidade beta (β), definida por Whittaker (1960) como a mudança de composição da comunidade entre os locais dentro de uma determinada área geográfica de interesse. As mudanças na diversidade beta fornecem o fator de escala que nos permite prever mudanças na diversidade gama a partir de mudanças medidas na diversidade alfa, revelando como a biodiversidade é organizada no espaço e os fundamentos desses padrões (SOCOLAR et al., 2016). A diversidade beta também pode ser decomposta em dois componentes: aninhamento/nestedness que ocorre quando à perda ou ganho de espécies e turnover que seria substituição de espécies entre locais (BASELGA, 2010). Além disso, a composição das espécies também muda de maneira espacial, pois a similaridade da comunidade geralmente diminui com o aumento da distância geográfica (WETZEL et al., 2012; STONE et al., 2018). Essa relação é conhecida como distância-decaimento (*distance-decay relationship*), acontece principalmente devido a diminuição da similaridade das características ambientais com o aumento da distância, levando a mudanças na comunidade biótica, uma vez que as espécies têm requisitos de nicho diferentes (NEKOLA e WHITE 1999).

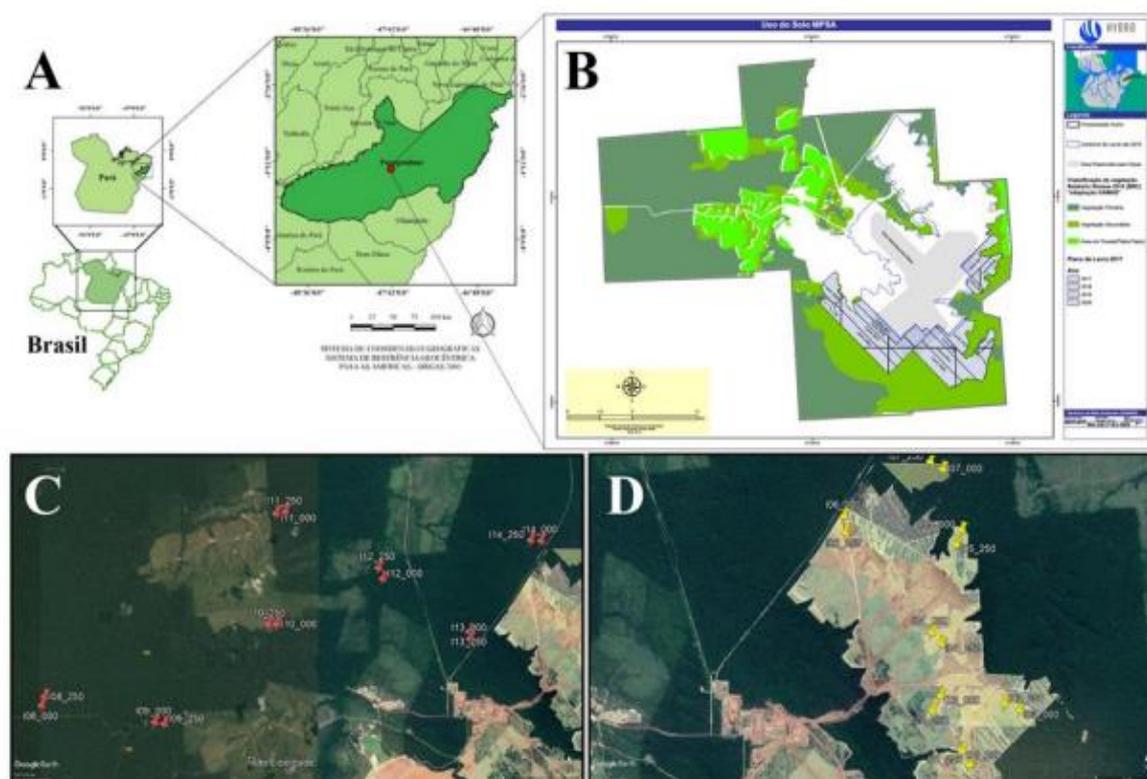
Os curculionídeos são componentes essenciais para os ecossistemas, reúne requisitos esperados de organismos potencialmente bioindicadores às mudanças no ambiente e níveis de conservação, além de ser uma das maiores famílias de coleópteras distribuídas no Brasil (BENÁ et al., 2023), portanto, avaliar sua composição e distribuição em uma paisagem complexa é fundamental para compreender os processos ecológicos nas áreas. Com isso, o presente estudo tem como objetivo compreender a dinâmica espacial e dissimilaridade da comunidade de besouros arborícolas em um fragmento florestal e uma área em regeneração natural pós atividade de mineração na Amazônia Oriental, em Paragominas-PA. Buscamos portanto: a) padrões de β -diversidade estão espacialmente aninhados, com a diversidade local afetando a diversidade regional; b) A composição de espécies é melhor representada processo de substituição/ turnover.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e coleta de dados

A amostragem foi realizada no município de Paragominas, Pará, Brasil, região caracterizada pelo clima do tipo Aw caracterizado como tropical chuvoso, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1766 mm e as temperaturas médias do ar variam de 25,6 a 27,8 °C, com duas estações climáticas bem marcadas entre dezembro a março (estação chuvosa) e abril a novembro (estação seca) (FRANCEZ et al., 2007; SILVA e SANTANA, 2014). Foram selecionados dois fragmentos florestais em uma área de mineração de bauxita (03°15002"S, 47°44003"W), sendo eles um remanescente de floresta natural e uma área em recuperação natural após 5 anos de encerramento de atividade de mineração de bauxita (Figura 2). Em cada local foram selecionados sete transectos de 250 × 4 m (1 000 m²), onde todas as árvores e arbustos com uma circunferência na altura do peito de > 10 cm e altura de área foliar até 10 m foram amostrados.

Figura 2. Área de estudo destacando (A) o município de Paragominas, Pará, Brasil; (B) delimitação da área pertencente à mineradora Hydro-Alunorte; (C) sete pontos de coleta em área florestal; e (D), sete pontos de coleta na área de regeneração natural desde 2014. Os dois pinos de cada ponto indicam a metragem do transecto linearmente.

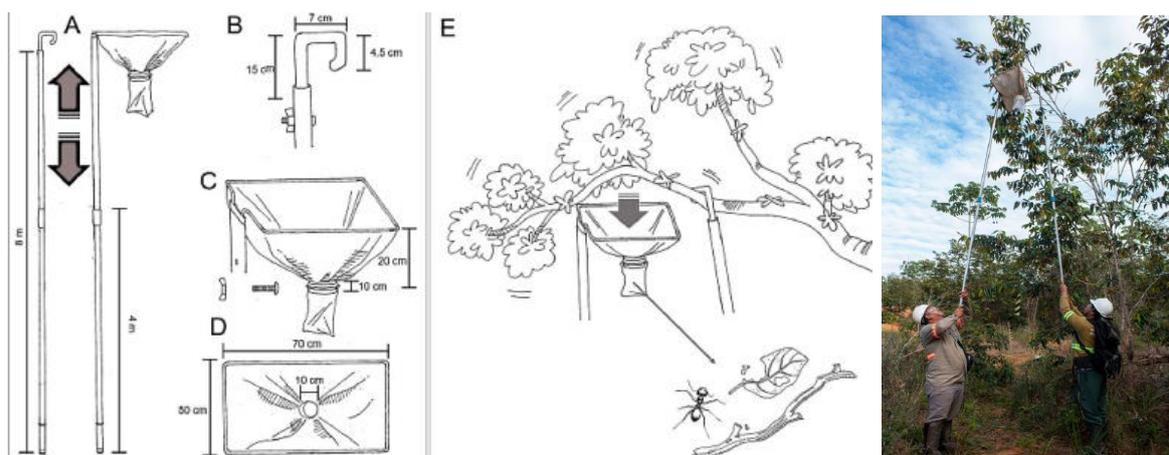


Fonte: Viana-Junior et al., 2021.

Para a coleta dos besouros foi utilizado o coletor de artrópodes arbóreos composto por uma bandeja coletora afunilada em uma bolsa coletora e uma vara telescópica de alumínio com um gancho em sua extremidade superior para puxar e sacudir os galhos (VIANA-JUNIOR et al., 2021), aproximadamente um total de 50-80 agitações de ramos em diferentes partes em cada planta (Figura 3).

Os espécimes coletados foram triados e encaminhados para identificação junto ao Laboratório de Entomologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) em Belém, Pará, onde foram classificados em categorias taxonômicas superiores em níveis (subfamília, tribo e gênero). A amostragem foi realizada bimestralmente de janeiro de 2019 a janeiro de 2020.

Figura 3. Esquema geral da bandeja coletora e do batedor para agitar a folhagem: (A) detalhe do coletor de artrópode arbóreo com a haste telescópica expandida, (B) detalhe do gancho na extremidade do batedor, (C, D) vista lateral e vista superior da bandeja coletora e (E) utilização do coletor de artrópodes no galho de uma árvore. Ilustração de Cleverton da Silva.



Fonte: Viana-Junior et al., 2021.

2.2. Análise estatística

Para testar se a composição de espécies mudou mais entre os transectos ou entre os habitats, avaliamos a contribuição da diversidade em diferentes escalas espaciais. Em seguida, usamos partição aditiva da diversidade ($\gamma = \alpha_1 + \beta_1 + \beta_2$), onde γ é a riqueza total de espécies, α_1 é a diversidade de espécies de cada transecto, β_1 é a β -diversidade entre transectos e β_2 é a β -diversidade entre os habitats. Testamos a significância estatística dos valores de β -diversidade observados em relação aos valores esperados usando um modelo nulo que fixa cada um dos componentes da diversidade

(isto é, α_1 , β_1 , β_2), com 999 randomizações (ANTONIAZZI et al. 2020). Nesse caso, a hipótese nula é que a média da diversidade observada é igual à esperada pelo modelo nulo, e isso deve ocorrer se a distribuição da diversidade for espacialmente homogênea. Por outro lado, se a diversidade média observada for maior do que a esperada pelo modelo nulo, isso pode ser o resultado de uma forte variação dentro de um dos componentes da diversidade (ou seja, α_1 , β_1 , β_2).

Além disso, para entender os processos que regulam a variação espacial na diversidade de besouros, separamos a β -diversidade de toda a comunidade em dois componentes: (i) Nestedness ou aninhamento (ganho/perda de espécies) e (ii) Turnover ou rotatividade (mudança de espécies). Além disso, desconstruímos a β -diversidade nesses dois componentes, os índices Sørensen ($\beta_{SØR}$) e Simpson (β_{SIM}) (BASELGA, 2010). O $\beta_{SØR}$ caracteriza o total de β -diversidade, que representa a variação total da composição entre todos os pares de módulos. O β_{SIM} mostra a alteração na composição de espécies por substituição de espécies, turnover, e não considera variação na riqueza de espécies. A diferença no cálculo entre esses índices indica a dissimilaridade de espécies devido ao aninhamento (β_{NES}), de tal modo que ($\beta_{NES} = \beta_{SØR} - \beta_{SIM}$) (BASELGA, 2010).

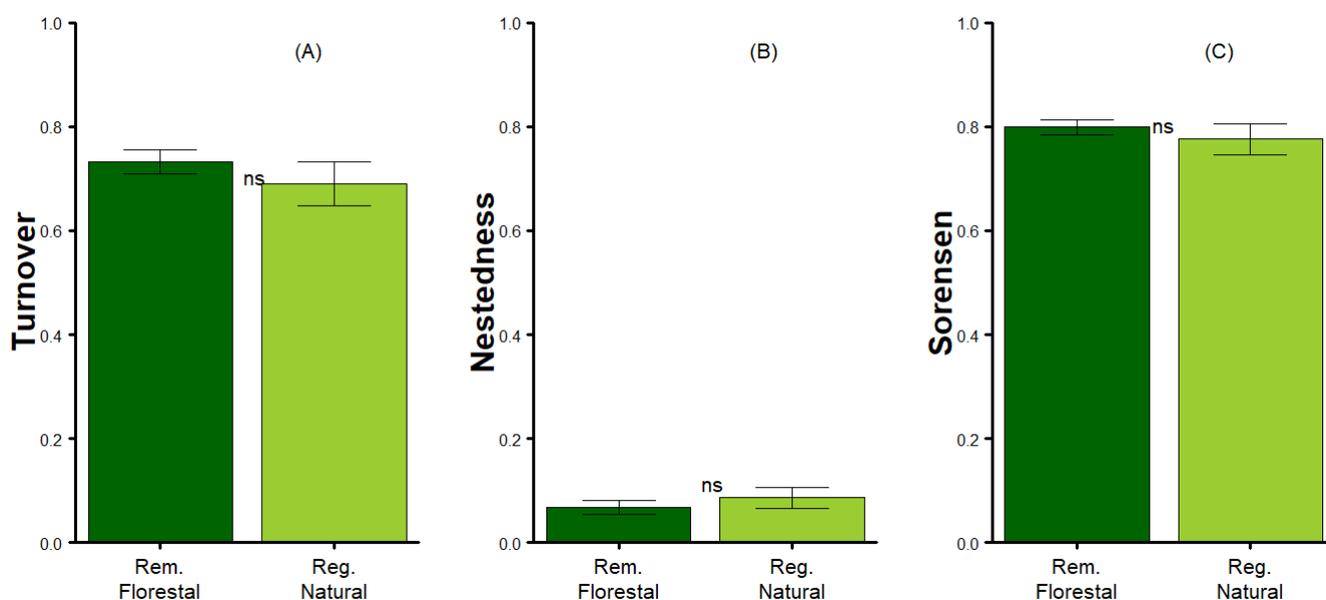
Por fim, testamos se a β -diversidade aumenta com a distância geográfica entre os pontos de amostragem (ou seja, distance–decay relationship - distância de decaimento) usando o $\beta_{SØR}$ entre os transectos. Para isso, realizamos um teste de Mantel (Smouse et al. 1986) usando o índice de dissimilaridade de Jaccard em função da distância linear (em quilômetros) entre os transectos. Ao calcular e representar graficamente a significância de Mantel, empregamos modelos lineares usando as distâncias euclidianas entre os pontos de amostragem e a dissimilaridade da composição das espécies (Jaccard). Todas as análises foram realizadas na plataforma R v.4.2.2 (R Core Team, 2022), usando os pacotes vegan (OKSANEN et al., 2022), adespatial (DRAY et al., 2022) e betapart (BASELGA e ORME, 2012).

3. RESULTADOS

No total, foram coletadas 465 espécimes de curculionídeos, 318 indivíduos na área de floresta e 147 na área de regeneração natural. Esses indivíduos foram classificados em seis subfamília de Curculionidae: Curculioninae (45%), Baridenae (21%), Cryptorhynchinae (16%), Molytinae (10%), Conoderinae (5%) e Entiminae

(3%). Foram identificadas 114 morfoespécies, 95 espécies na área de floresta (82 espécies exclusivas, 71,9% do total) e 32 espécies na área de regeneração natural (19 espécies exclusivas, 16,6%). Das espécies coletadas, 11,4% (13 espécies) são comuns aos dois habitats (Anexo A). A área de floresta não apresentou diferença na diversidade beta total quando comparada com a área de regeneração natural (Figura 8C). A decomposição da β - diversidade revelou que nestedness e o turnover das espécies não foram significativos (Figura 8B, 8C), enquanto o turnover foi o principal processo que estruturou a composição das comunidades entre as duas áreas (Figura 8A).

Figura 8. Relação entre dissimilaridade biótica e distâncias geográficas usando dados de incidência em dois fragmentos florestais no município de Paragominas, Brasil. A) mostra apenas turnover (β SIM) entre os sítios; B) mostra o padrão de aninhamento (β NESS); C) representa a beta diversidade total (β SØR); O “ns” representa que não houve diferença significativa, a barra de desvio representa a margem de erro.



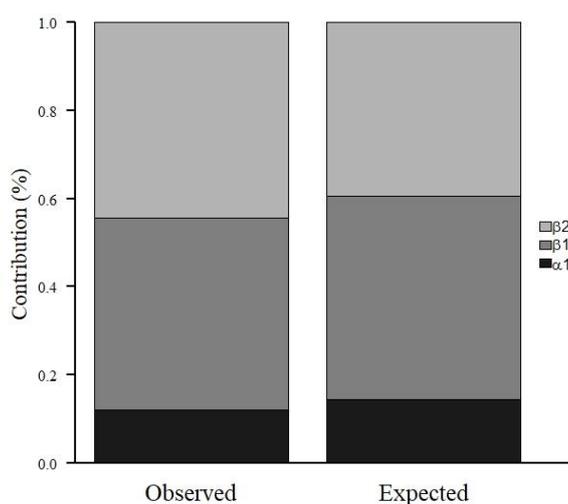
Fonte: Autores, 2023.

A dissimilaridade média de Sørensen não mudou significativamente entre floresta e regeneração ($F=0.4749$ $P=0.4947$, Fig. 8C). A diferenciação composicional de uma parcela contra todas as outras em termos de dissimilaridade de Sørensen, portanto, não mudou ao longo dos habitats. Os componentes de rotatividade e aninhamento da diferenciação composicional também não mudaram. A dissimilaridade de Simpson, que expressa a rotatividade na composição de espécies entre um par de parcelas, diminuiu de 0,73 em floresta para 0,68 em regeneração ($F = 0.765$ $P=0.387$, Fig. 8A). Com efeito,

passando de uma parcela para outra, um número maior de espécies é realmente substituído por outras espécies nessas áreas. Em contraste, a dissimilaridade resultante do aninhamento, que expressa a diferença na riqueza de espécies derivada do padrão aninhamento, foi maior na regeneração natural aumentou 0,086 para 0,066 em floresta ($F=0.6405$ $P=0.4282$, Fig. 8B).

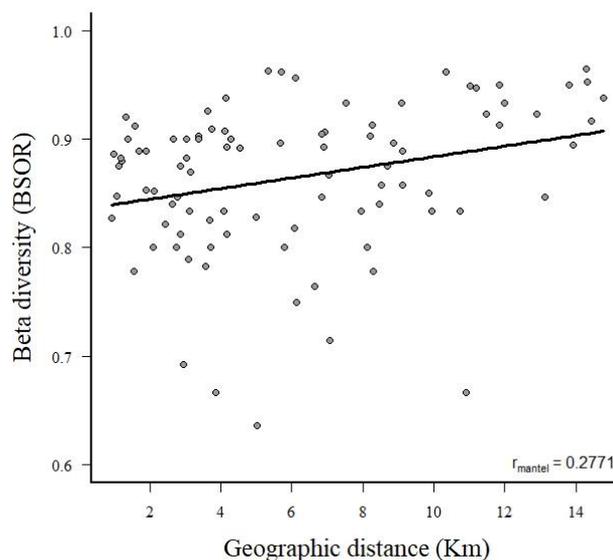
A partição aditiva da diversidade total mostrou que as espécies de besouros no transecto (α diversidade) representaram 12% da riqueza total de espécies (γ), a β -diversidade entre os transectos (β_1) representou 43,6% e a β -diversidade entre as áreas (β_2) representaram 44,2% (Figura 9). A β -diversidade observada entre os transectos ($\beta_{1obs} = 0,436$) e entre os fragmentos florestais ($\beta_{2obs} = 0,442$) diferiram do esperado pela hipótese nula (valor médio das 999 randomizações: $\beta_{1exp} = 0,461$ $P < 0,05$; $\beta_{2exp} = 0,394$ $P < 0,001$). Igualmente, a contribuição das espécies de besouros no transecto ($\alpha_{obs} = 0,120$) foi significativa, sendo menor do que a esperado pelas simulações do modelo nulo ($\alpha_{exp} = 14,4$ $P < 0,001$; Figura 9). O turnover de espécies foi o principal contribuinte para a β -diversidade (92,2%), enquanto o aninhamento contribuiu com 7,8%. Encontramos uma relação positiva entre a diversidade β total e a distância geográfica quando as comunidades de besouros de ambos habitats foram combinadas (teste de Mantel: $r = 0,2771$ $P = 0,012$; Figura 10).

Figura 9. Contribuição observada e esperada (%) de alfa (α_1 : espécies no transecto), β_1 (β -diversidade entre os transectos) e β_2 (β -diversidade entre as áreas) num fragmento florestal no município de Paragominas, Brasil.



Fonte: Autores, 2023.

Figura 10. Regressão do teste de Mantel da β -diversidade (dissimilaridade de Jaccard) com distância geográfica entre os pontos de amostragem num fragmento florestal no município de Paragominas, Brasil.



Fonte: Autores, 2023.

4. DISCUSSÃO

Neste estudo, examinamos a influência da área de floresta remanescente e área de regeneração natural pós-mineração sobre a dissimilaridade da comunidade de curculionídeos arborícolas em uma floresta tropical amazônica, com foco particular na rotatividade e aninhamento, componentes de diversidade β e distância de decaimento. Percebe-se que embora a riqueza e a composição de espécies de besouros tenham sido maiores na área de floresta, a diversidade entre os transectos teve o peso menor que entre os habitats diferente do esperado, provavelmente, devido a heterogeneidade ambiental que apresenta um conjunto de fatores que afetam as oscilações microclimáticas influenciando na escolha e na preferência do habitat pelas espécies (ULYSHEN; HANULA, 2007; SILVA et al., 2010).

Apesar da presença de espécies únicas tanto para áreas florestais, como para áreas de regeneração, esses ambientes compartilharam inúmeras espécies (65% dos indivíduos coletados) isto sugere que as variáveis ambientais, não são fatores estruturantes os besouros curculionídeos, que as consideraram as áreas como única unidade vegetacional (SILVA et al., 2010). A substituição de espécies residentes por um

conjunto restrito de espécies já comuns pode causar aumentos na similaridade composicional entre os habitats ao longo do tempo (BAETEN et al., 2012). Essa similaridade espacial pode ser resultado da homogeneização biótica que é quando espécies especialistas, vista como uma resposta evolutiva a um ambiente que está estável no espaço e no tempo, são substituídas por espécies generalistas mais prováveis de serem favorecidas em ambientes heterogêneos e perturbado, tornando-as mais abundantes (CLAVEL et al., 2011). Nesse caso as áreas de florestas apresentariam maior quantidade de espécies especialistas devido às condições ambientais estáveis quando comparadas com áreas em regeneração natural, com as perturbações ocasionadas com a atividade de mineração ocorreria o favorecimento da invasão do habitat por espécies generalistas, tornando-as mais abundantes, reduzindo a diversidade espacial. O método de regeneração natural é uma técnica eficiente para cobrir o solo regenerando espécies arbóreas e arbustivas. Porém, áreas em regeneração apresentam vegetação com baixa diversidade e alta dominância de algumas espécies pioneiras (NETO et al., 2021).

Os Curculionídeos podem utilizar diferentes habitats ao longo do ciclo de vida, demonstrando, portanto, hábitos alimentares variados entre as fases larval e adulta, com ou sem especificidade hospedeira (BATTIROLA et al., 2014). As espécies de *Anthonomus* geralmente são pragas agrícolas, com por exemplo *Anthonomus grandis* que é conhecido como bicudo do algodoeiro, e apresentam um padrão distribuição espacial agregado, com dispersão relativamente lenta de adultos quando as plantas oferecem muitas estruturas para alimentos e locais de oviposição, portanto, não há impulso para se mover para mais longe quando há condições favoráveis (OLIVEIRA et al., 2022). Os grãos de pólen mais frequentes encontrados no trato digestivo dos insetos são de cipós e trepadeiras, ocasionalmente espécies arbustivas, mas preferencialmente são fontes alimentares de menor altura (RIBEIRO et al., 2010).

A distância decaimento pelo teste Mantel evidenciou que 27% da variação da diversidade beta são explicadas pela distância geográfica. Assim a maior rotatividade de espécies em áreas em estudo foi impulsionada principalmente por uma maior variação do ambiente com a distância. As variáveis ambientais, muitas vezes ligadas à identidade da árvore sendo primordiais para a relação da comunidade biológica revelando como a biodiversidade é organizada no espaço (KNOP, 2016; SOCOLAR et al., 2016). Segundo SOININEN et al. (2007) esse decaimento pode ser explicado basicamente por três mecanismos. Primeiro, a dissimilaridade diminui com a distância devido as espécies

diferirem nas suas especificidades as condições ambientais. Em segundo lugar, a natureza da paisagem e configuração espacial afetariam a taxa de dispersão de organismos entre locais. Em terceiro lugar, a similaridade decai mesmo que o ambiente seja completamente homogêneo, devido à dispersão limitada dos organismos, não é afetada por heterogeneidade ambiental, mas sim por deriva, dispersão aleatória e especiação aleatória (SOININEN et al., 2007).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de regeneração natural é uma técnica eficiente para cobrir o solo regenerando espécies arbóreas e arbustivas. Porém áreas em regeneração apresentam vegetação com baixa diversidade arbórea o que favorece a distribuição de espécies de besouros mais generalistas.

Os padrões de β -diversidade estão atrelados, com a diversidade local afetando a diversidade regional, com a composição de besouros sendo melhor representada processo de substituição/ turnover das espécies.

REFERÊNCIAS

- ANTONIAZZI, R.; VIANA-JUNIOR, A. B.; PELAYO-MARTÍNEZ, J.; ORTIZ-LOZADA, L.; NEVES, F. S.; LEPONCE, M.; DÁTTILO, W. Distance–decay patterns differ between canopy and ground ant assemblages in a tropical rainforest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 36, n. 5, p. 234-242, 2020.
- ARAÚJO, E. R.; OLIVEIRA, R. D.; FERNANDES, F. R. C. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. In: Recursos minerais e sociedade: impactos humanos - socioambientais - econômicos. Rio de Janeiro: **CETEM/MCTI**, 2014.
- BAETEN, L.; VANGANSBEKE, P.; HERMY, M.; PETERKEN, G.; VANHUYSE, K.; VERHEYEN, K. Distinguishing between turnover and nestedness in the quantification of biotic homogenization. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, p. 1399-1409, 2012.
- BARBOSA, R DE S.; DO VALE, R. S.; SCHWARTZ, G.; MARTINS, W. B. R.; RIBEIRO, S. S.; DE MATOS RODRIGUES, J. I.; FERREIRA, G. C.; BARBOSA, V. M. Restoration of degraded areas after bauxite mining in the eastern Amazon: Which method to apply?. **Ecological Engineering**, v. 180, p. 106639, 2022.
- BARROS, F. C.; ALMEIDA, S. M.; GODOY, B. S.; DA SILVA, R. R.; SILVA, L. C., DE MORAES, K. F.; SANTOS, M. P. D Taxonomic and functional diversity of bird communities in mining areas undergoing passive and active restoration in eastern Amazon. **Ecological Engineering**, v. 182, p. 106721, 2022.
- BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global ecology and biogeography**, v. 19, n. 1, p. 134-143, 2010.
- BASELGA, A; ORME, C. D. L. Betapart: an R package for the study of beta diversity. **Methods in Ecology and Evolution**. v 3, p. 808–812, 2012.
- BATTIROLA, L. D., DOS SANTOS, G. B., ROSADO-NETO, G. H., & MARQUES, M. I. Coleoptera (Arthropoda, Insecta) Associados às Copas de *Attalea phalerata* Mart.(Arecaceae) no Pantanal de Mato Grosso, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 7, n. 1, p. 20-28, 2014.
- BENÁ, D.C.; CHAMORRO, M. L; RAINHO, H.L. Curculionidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. **PNUD**. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2587>. Acesso em: 06 Fev. 2023
- BRASIL. Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília**. DF, 12 de abril de 1989. Seção 1, p. 5517. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- CLAVEL, J.; JULLIARD, R.; DEVICTOR, V.. Worldwide decline of specialist species: toward a global functional homogenization?. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 9, n. 4, p. 222-228, 2011.
- DRAY, S.; BAUMAN, D.; BLANCHET, G.; BORCARD, D.; CLAPPE, S.; GUÉNARD, G.; JOMBART, T.; LAROCQUE, G. LEGENDRE, P.; MADI, N.; WAGNER, H. H. Adespatial: Multivariate Multiscalepatial Analysis. R package (version 0.3-20). 2022.
- FAVERO, S.; SOUZA, H. A.; OLIVEIRA, A. K. M. Coleoptera (Insecta) as forest fragmentation indicators in the Rio Negro sub-region of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, p. 291-295, 2011.
- KAUANO, É. E; CARDOSO, F. C.; TOREZAN, J. M. D.; MARQUES, M. C. Micro- and meso-scale factors affect the restoration of atlantic forest. **Natureza e Conservação**, v. 11, n. 2, p. 145–151, 2013.
- KNOP, Eva. Biotic homogenization of three insect groups due to urbanization. **Global Change Biology**, v. 22, n. 1, p. 228-236, 2016.
- OKSANEN, J. et al. Vegan: community ecology package (version 2.6-4). The Comprehensive R Archive Network, 2022.

- OLIVEIRA, A. A. S.; ARAÚJO, T. A.; SHOWLER, A. T.; ARAÚJO, A. C.; ALMEIDA, I. S.; AGUIAR, R. S., BASTOS, C. S. Spatio-temporal distribution of *Anthonomus grandis grandis* Boh. in tropical cotton fields. *Pest Management Science*, v. 78, n. 6, p. 2492-2501, 2022.
- RIBEIRO, P. DE A. SUJII, E. R.; DINIZ, I. R.; DE MEDEIROS, M. A.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; BRANCO, M. C.; FONTES, E. M. Alternative food sources and overwintering feeding behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis bohemian* (coleoptera: curculionidae) under the tropical conditions of central Brazil. *Neotropical entomology*, v. 39, p. 28-34, 2010.
- PONTES, A. N.; ALBUQUERQUE, Á. R.; MARTINS, W. B. R. (Orgs.) Perspectivas e tendências das ciências florestais: uma visão interdisciplinar para a Amazônia. Belém : **EDUEPA**, 2021. 229 p.
- PORTELLA, M. O. Efeitos colaterais da mineração no meio ambiente. **Revista Brasileira de políticas públicas**, v. 5, n. 3, 2015.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2022.
- SOCOLAR, J. B.; GILROY J. J.; KUNIN, E. W.; EDWARDS, D. P. How should beta-diversity inform biodiversity conservation?. **Trends in ecology & evolution**, v. 31, n. 1, p. 67-80, 2016.
- STONE, Marisa J.; CATTERALL, Carla P.; STORK, Nigel E. Edge effects and beta diversity in ground and canopy beetle communities of fragmented subtropical forest. **PLoS One**, v. 13, n. 3, p. e0193369, 2018.
- SUTHERLAND, W. J.; FRECKLETON, R. P.; GODFRAY, H. C. J.; BEISSINGER, S. R.; BENTON, T.; CAMERON, D. D.; WIEGAND, T. Identification of 100 fundamental ecological questions. **Journal of ecology**, v. 101, n. 1, p. 58-67, 2013.
- ULYSHEN, M. D.; HANULA, J. L. A comparison of the beetle (Coleoptera) fauna captured at two heights above the ground in a North American temperate deciduous forest. **The American Midland Naturalist**, v. 158, n. 2, p. 260-278, 2007.
- WETZEL, C. E.; BICUDO, D. D. C.; ECTOR, L.; LOBO, E. A.; SOININEN, J.; LANDEIRO, V. L.; BINI, L. M. Distance Decay of Similarity in Neotropical Diatom Communities. **PLoS One**, v 7, n.9, p. e45071, 2012.

1 Submetido à revista Ciência Florestal – UFSM

2 **INFLUÊNCIA DO TAMANHO DAS ÁRVORES E DO TIPO DE HABITAT NA**
3 **ABUNDÂNCIA DE ARTRÓPODES ARBORÍCOLAS DA REGIÃO**
4 **AMAZÔNICA**

5

6 **INFLUENCE OF THE SIZE OF THE TREES AND THE TYPE OF HABITAT ON**
7 **THE ABUNDANCE OF TREE ARTHROPODS IN THE AMAZON REGION**

8

9

RESUMO

10 Em ambientes naturais e antrópicos, o componente arborícola é essencial para
11 configuração e composição da estrutura vegetal e animal dos ecossistemas. Nesse
12 sentido, as árvores se destacam por serem consideradas tanto como recursos quanto
13 como condições do habitat para diversos organismos. Assim, nosso objetivo foi
14 verificar a influência do habitat e do tamanho das árvores sobre a abundância dos
15 artrópodes arborícolas na região da Amazônia Oriental (Paragominas, Pará, Brasil). Em
16 dois tipos de habitats: um remanescente florestal (RF) e uma área de restauração natural
17 (RN) foram amostrados um total de 342 árvores (166 RF e 176 RN) com circunferência
18 à altura do peito (CAP) ≥ 10 cm e até 10 metros alturas. Foram capturados 2930
19 espécimes de artrópodes, destacando-se Insecta, com 2 150 indivíduos e Arachnida com
20 741 indivíduos. As ordens mais representativas foram Hymenoptera (1.002 indivíduos),
21 Coleoptera (879), Araneae (668), Hemiptera (138), Opiliones (51) e Orthoptera (47). O
22 tipo de habitat influenciou as ordens Orthoptera e Opiliones que tiveram maior
23 abundância na área de floresta. Já o tamanho da árvore influenciou positivamente
24 Coleoptera, Hemiptera e Hymenoptera. A ordem Araneae não sofreu influência de
25 nenhum dos fatores estudados. Conclui-se que o tamanho da árvore e o habitat
26 influenciam na abundância de artrópodes arborícolas, mas que essa influência ocorre de
27 forma diferente dentro das ordens estudadas.

28

29 **Palavras-chave:** Artropodofauna; Floresta; Regeneração natural; Mineração.

30

31

ABSTRACT

32 In natural and anthropic environments, the arboreal component is essential for the
33 configuration and composition of the plant and animal structure of ecosystems. In this
34 sense, trees stand out for being considered both as resources and as habitat conditions
35 for different organisms. Thus, our objective was to verify the influence of habitat and
36 tree size on the abundance of arboreal arthropods in the eastern Amazon region
37 (Paragominas, Pará, Brazil). In two types of habitats: a forest remnant (RF) and a
38 natural restoration area (RN), a total of 342 trees (166 RF and 176 RN) with
39 circumference at breast height (CAP) ≥ 10 cm and up to 10 meters were sampled
40 heights. A total of 2930 specimens of arthropods were captured, especially Insecta with
41 2 150 individuals and Arachnida with 741 individuals. The most representative orders
42 were Hymenoptera (1,002 individuals), Coleoptera (879), Araneae (668), Hemiptera
43 (138), Opiliones (51) and Orthoptera (47). The habitat type influenced the Orthoptera
44 and Opiliones orders, which were more abundant in the forest area. The size of the tree
45 positively influenced Coleoptera, Hemiptera and Hymenoptera. The order Araneae was

1 not influenced by any of the factors studied. It is concluded that tree size and habitat
2 influence the abundance of arboreal arthropods, but that this influence occurs differently
3 within the orders studied.

4 **Keywords:** Arthropodfauna; Forest; Natural regeneration; Mining.

5

6 1. INTRODUÇÃO

7 A mineração é o processo de extração de minerais que se concentram
8 naturalmente no solo, correspondendo a uma das atividades que mais impulsionam o
9 crescimento econômico brasileiro. Segundo o IBRAM (2021) no primeiro trimestre de
10 2021 foram arrecadados R\$ 24,2 bi em tributos, um faturamento de 339 bilhões, cerca
11 de 60% maior que o ano de 2020. Entretanto, esse tipo de atividade inevitavelmente
12 gera impactos ambientais como a perda e degradação do habitat, uma vez que a
13 preparação do local para a expansão da mina, extração e gestão de resíduos é um
14 processo destrutivo, alterando as condições abióticas e bióticas, podendo em alguns
15 casos, afetando a riqueza, abundância e diversidade das comunidades resultando
16 declínios de espécies e de ecossistemas (SONTER et al., 2018; CHAVES et al., 2021).
17 Assim, é responsabilidade da empresa mineradora recuperar os ecossistemas
18 impactados, de modo a restabelecer os processos naturais, seja para uso produtivo,
19 implantação de uma atividade de recreação ou valorização estético-ecológica (BRASIL,
20 1989).

21 Buscando minimizar danos ambientais causados pela mineração é realizada a
22 recuperação de áreas degradadas, que se baseia em medidas de revegetação para
23 estabelecer a sucessão natural (CUGULA et al., 2021) contribuindo para a estabilidade
24 das funções ecológicas associadas a biodiversidade (HENDRYCHOVÁ et al., 2020).
25 Mas para entender a eficácia de qualquer medida de recuperação é necessário utilizar
26 indicadores confiáveis capazes de mostrar a integridade, funcionamento e a eficiência
27 de certos processos ecológicos (WELLER; BOSSART, 2017). Nesse sentido os
28 artrópodes possuem múltiplas qualidades que os tornam indicadores ecológicos ideais,
29 uma vez que todos os ecossistemas, naturais e modificados, terrestres e aquáticos,
30 sustentam comunidades que apresentam uma variedade de estilos de vida, formas e
31 funções (GULLAN, 2017). A alteração na composição e dinâmica das espécies é
32 utilizada como ferramenta de biomonitoramento ajudando a avaliar o status da
33 reabilitação das áreas em recuperação (GASTAUER et al., 2019).

1 Vale ressaltar que a modificação do habitat pode alterar a abundância e riqueza de
2 espécies, mas que essa influência na dinâmica dos organismos ocorre de forma distinta
3 dependendo do organismo em estudo (ARAUJO et al., 2014; ROGAN; LACHER,
4 2018). Assim, nosso objetivo foi verificar a influência do habitat e do tamanho das
5 árvores sobre a abundância dos artrópodes arborícolas na região da Amazônia oriental
6 (Paragominas, Pará, Brazil).

7 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

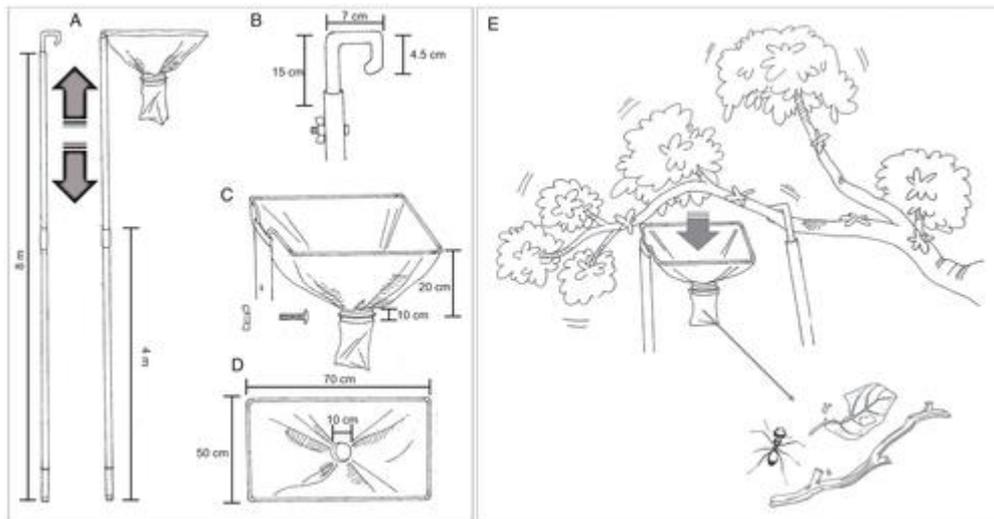
8 O estudo foi realizado na cidade de Paragominas, pertencente a Mesorregião
9 Sudeste Paraense. Segundo a classificação de Köeppen, a região tem clima do tipo Aw
10 caracterizado como tropical chuvoso, com precipitação média anual de 1766 mm e as
11 temperaturas médias do ar variam de 25,6 a 27,8 °C (FRANCEZ et al., 2007; SILVA;
12 SANTANA, 2014).

13 A amostragem foi realizada em dois fragmentos florestais uma área
14 remanescente de floresta natural e uma área em recuperação natural após 5 anos de
15 encerramento de atividade de mineração de bauxita. Em cada fragmento, foram
16 selecionados sete transectos de 250 × 4 m (1.000 m²) onde todas as árvores e arbustos
17 com uma circunferência na altura do peito de > 10 cm e altura de área foliar até 10 m.
18 Foi utilizado um coletor de artrópodes arborícolas (Figura 1) similar ao guarda-chuva
19 entomológico sugerido por Viana-Junior et al. (2021). O coletor foi feito usando os
20 princípios básicos de bandejas de bater combinadas com o uso de uma haste telescópica
21 de alumínio medindo 4 a 8 m. Apresentando um gancho na extremidade da haste
22 telescópica para sacudir o galho; após sacudir os galhos das árvores, os artrópodes,
23 imediatamente caem no coletor de tecido deslizam até o centro onde se encontra um
24 cano de PVC de 10 cm que liga o coletor a um saco plástico onde os artrópodes foram
25 amostrados com aproximadamente 50-80 agitações de ramos em diferentes partes em
26 cada planta (VIANA-JUNIOR et al., 2021).

27 Todos os artrópodes coletados foram classificados em níveis taxonômicos
28 superiores (ordem e classes), quantificando sua abundância (número de espécimes),
29 exceto para insetos sociais das ordens Hymenoptera (Formicidae) e Blattodea (Isoptera).
30 Para ambas as ordens, usamos sua ocorrência nas árvores como indicativo de sua
31 abundância - uma colônia é considerada uma unidade ecológica. A amostragem foi
32 realizada bimestralmente de janeiro a novembro de 2019. Os espécimes coletados foram

1 triados, encaminhados para identificação junto ao Laboratório de Entomologia do
 2 Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) em Belém, Pará. Os insetos foram
 3 identificados ao nível de gênero e quando possível em espécie.

4



5

6 FIGURA 1. Desenho geral da bandeja coletora e do bastão batedor para agitar a folhagem: (A) detalhe do
 7 coletor arbóreo-artrópode com a haste telescópica expandida, (B) detalhe do gancho na ponta do bastão
 8 batedor, lado (C, D) vista e vista superior da bandeja coletora, e (E) operação do coletor artrópode no
 9 galho de uma árvore. Ilustração de Cleverton da Silva.

10 FIGURE 1. General drawing of the collecting tray and the beater stick to stir the foliage: (A) detail of the
 11 arboreal-arthropod collector with the expanded telescopic rod, (B) detail of the hook at the tip of the
 12 beater stick, side (C, D) view and top view of the catch tray, and (E) operation of the arthropod catcher on
 13 a tree branch. Illustration by Cleverton da Silva.

14 Fonte: Viana-Junior et al., 2021.

15 A relação entre variáveis ambientais e abundância de artrópodes arborícolas foi
 16 avaliada a partir de uma análise de regressão linear múltipla, onde a abundância foi
 17 considerada como variáveis de resposta e variáveis ambientais tipo de habitat (floresta e
 18 regeneração natural) e tamanho das árvores (circunferência a 1,30m do solo) como
 19 preditoras. As variáveis ambientais foram testadas para normalidade com o teste de
 20 Shapiro-Wilk, todas as análises foram realizadas na plataforma R v.4.0.1 (R Core Team,
 21 2019).

22 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

23 No total, foram coletados 2926 espécimes de insetos, 1354 na área de floresta e 1572 na
 24 área de regeneração natural. As classes que se destacaram foram Insecta, com 2 150
 25 indivíduos (73,88%), e Arachnida, com 741 indivíduos (25,32%). Os espécimes foram
 26 classificados em 19 ordens com Hymenoptera (1002), Coleoptera (879) e Araneae (668)

1 Hemiptera (138), Opiliones e Orthoptera (47) os mais representativos (Tabela 1, Figura
 2 2). Insetos das ordens Hymenoptera e Coleoptera são frequentemente utilizados como
 3 bioindicadores da recuperação de ambientes por apresentarem sensibilidade a mudanças
 4 ambientais e por serem altamente diversos (ROCHA et al. 2015; ROCHA et al. 2018;
 5 BUCHORI, D. et al., 2018).

6 TABELA 1: Números totais e porcentagens de artrópodes amostrados em março de 2019 na cidade de
 7 Paragominas, Pará, Brasil.

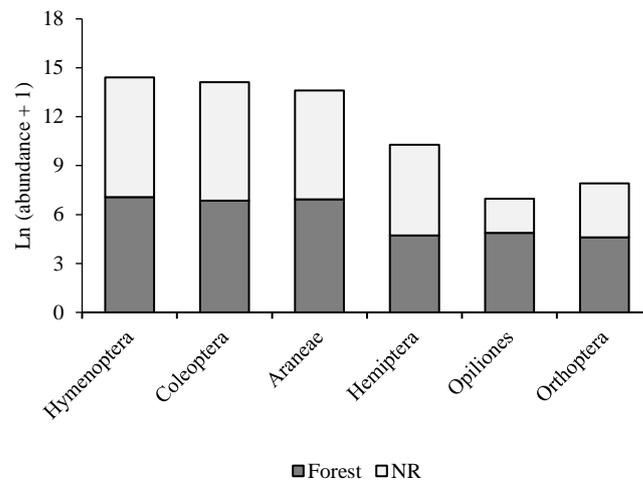
8 TABLE 1: Total numbers and percentages of arthropods sampled in march 2019 in the city of
 9 Paragominas, Pará, Brazil.

Class	Orders	Total individuals	Total individuals
		n°	%
Arachnid			
	Scorpiones	1	0.03
	Acari	21	0.72
	Opiliones	51	1.74
	Araneae	668	22.83
Entognatha			
	Collembola	26	0.89
Insect			
	Psocoptera	1	0.03
	Phasmatodea	1	0.03
	Archaeognatha	1	0.03
	Neuroptera	1	0.03
	Embioptera	2	0.07
	Thysanoptera	4	0.14
	Lepidoptera	9	0.31
	Blattaria	28	0.96
	Diptera	37	1.26
	Orthoptera	47	1.61
	Hemiptera	138	4.72
	Coleoptera	879	30.04
	Hymenoptera	1002	34.24
Malacostraca			
	Isopoda	9	0.31
	Total Geral	2926	100

10 Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

11 O habitat representa o espaço físico ocupado pelos organismos, a complexidade desses
 12 ambientes influencia a diversidade e distribuição das espécies. Desta forma, ambientes
 13 mais heterogêneos e complexos tendem a apresentar maiores valores de diversidade
 14 biológica devido à maior quantidade de recurso disponíveis (SILVA et al., 2010).

1



2

3 FIGURA 2: Distribuição da abundância $[\ln(x)+1]$ das ordens mais representativas.4 FIGURE 2: Distribution of abundance $[\ln(x)+1]$ of the most representative orders.

5 Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

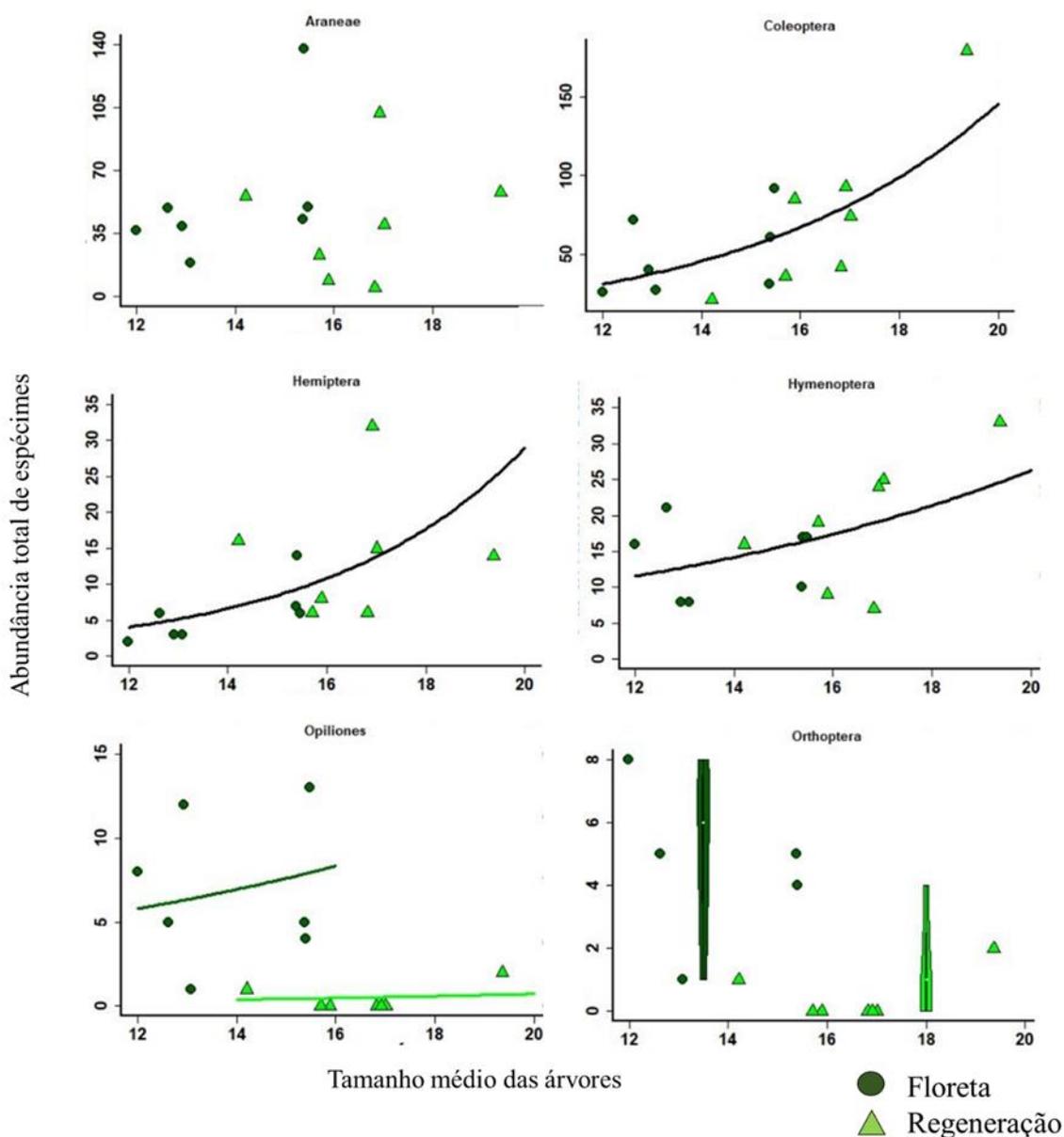
6

7 Para a variável dependente, abundância das ordens, as relações obtidas pela
 8 análise de regressão múltipla, mostrou padrão diferente para cada Ordem. Na Figura 3
 9 as ordens Coleoptera, Hemiptera e Hymenoptera tiveram comportamento semelhante
 10 onde o tipo de habitat não afetou a abundância, mas o tamanho das árvores influenciou
 11 positivamente pois quanto maior o tamanho das árvores maior é a abundância de
 12 espécimes dessas ordens. Para Guedes et al. (2020) a maior abundância de besouros na
 13 área de floresta pode estar relacionada as melhores condições para a manutenção dos
 14 insetos adultos, devido à maior disponibilidade e diversidade de recursos alimentares,
 15 além de condições microclimáticas com menor estresse hídrico, o que fornece condições
 16 mais favoráveis à comunidade de besouros em comparação à área em regeneração.

17 Avaliando os efeitos do tamanho da árvore sobre as assembleias de formigas e
 18 insetos herbívoros, Campos et al. (2006) verificaram o aumento significativo tanto na
 19 abundância quanto na riqueza de espécies com o aumento da altura das árvores.

20 Para os Opiliones as duas variáveis influenciaram a abundância de espécimes,
 21 com a área de floresta apresentando maior abundância quando compara a regeneração.
 22 O tamanho das árvores influenciou negativamente Orthoptera e Opiliones, quanto maior

- 1 a árvore menor a abundancia dessas ordens. A ordem Araneae foi s única que não sofreu
 2 influência de nenhum dos fatores estudados. (Figura 3).



3

4 FIGURA 3: A abundância das ordens Araneae, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Opiliones e
 5 Orthoptera relacionadas ao tamanho das árvores nos ambientes de Floresta e regeneração natural na
 6 cidade de Paragominas.

7 FIGURE 3: The abundance of Araneae, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Opiliones and Orthoptera
 8 orders related to tree size in Forest environments and natural representation in the city of Paragominas.

9 Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

10 Em ambientes naturais e antrópicos, o componente arborícola é essencial para
 11 configuração e composição da estrutura vegetal, pois as árvores podem ser consideradas tanto
 12 como recursos quanto como condições do habitat para diversos organismos. Quando um

1 números muito diferentes de espécies de invertebrados associados as árvores, pode variar
2 dependendo da espécie de árvore em questão ecossistemas (HELDEN et al., 2012).

3 4. CONCLUSÃO

4 Embora existam evidências de que as áreas em regeneração suportam uma
5 biodiversidade considerável, o trabalho aqui apresentado indica claramente que, o habitat e o
6 tamanho das árvores influenciam na abundância de artrópodes arborícolas, mas que essa
7 influência ocorre de forma diferente dentro das ordens estudadas.

8

9

10 REFERÊNCIAS

11 ARAÚJO, W. S.; DO ESPÍRITO-SANTO FILHO, K.; BERGAMINI, L. L.; GOMES, R.; MORATO, S.
12 A. A. Habitat conversion and galling insect richness in tropical rainforests under mining effect. **Journal**
13 **of insect conservation**, v. 18, n. 6, p. 1147-1152, 2014.

14 BRASIL. Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso
15 VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República**
16 **Federativa do Brasil**. Brasília. DF, 12 de abril de 1989. Seção 1, p. 5517. Disponível em <
17 http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm>. Acesso em 01 de fev. de
18 2022.

19 BUCHORI, D.; RIZALI, A.; RAHAYU, G. A.; MANSUR, I. Insect diversity in post-mining areas:
20 Investigating their potential role as bioindicator of reclamation success. **Biodiversitas Journal of**
21 **Biological Diversity**, v. 19, n. 5, p. 1696-1702, 2018.

22 CAMPOS, R. I.; VASCONCELOS, H. L.; RIBEIRO, S. P.; NEVES, F. S.; SOARES, J. P. Relationship
23 between tree size and insect assemblages associated with *Anadenanthera macrocarpa*. **Ecography**, v. 29,
24 n. 3, p. 442-450, 2006.

25 CHAVES, E. P.; MENEZES, C. G. P.; MONTEIRO, A. C.; ROCHA, R. M.; CHAVES, E. B. D. P.;
26 BIBIANO, I. S. C. Desmatamento induzido pela mineração: análise espacial no município de Oriximiná
27 (PA). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 2, n. 1, 2021.

28 CUGULA, J. DOS S.; DE ARAUJO, R. A.; FREIRE, L. S.; PASCHOAL, J. P.; DOS SANTOS
29 PONTES, A. K.; MORGADO, C. D. R. V.; ESTEVES, E. M. M. Análise temporal da recuperação de
30 área de mineração em Paragominas pela técnica de regeneração natural por meio de índices de vegetação.
31 **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 4, p. 379-395, 2021.

32 FRANCEZ, L. M. de B.; CARVALHO, J. O. P. de; JARDIM, F. C. da S. Mudanças ocorridas na
33 composição florística em decorrência da exploração florestal em uma área de floresta de terra firme na
34 região de Paragominas, PA. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, p. 219-228, 2007.

35 GASTAUER, M.; SOUZA FILHO, P. W. M.; RAMOS, S. J.; CALDEIRA, C. F.; SILVA, J. R.;
36 SIQUEIRA, J. O.; FURTINI NETO, A. E. Mine land rehabilitation in Brazil: Goals and techniques in the
37 context of legal requirements. **Ambio**, v. 48, n. 1, p. 74-88, 2019.

38 GUEDES, R. da Silva; ZANELLA, F. C. V.; GROSSI, P. C. Sazonalidade na comunidade de coleoptera
39 em duas fitofisionomias de Caatinga. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 995-1007, 2020.

40 GULLAN, P. J. **Insetos: fundamentos da entomologia**. Tradução Eduardo da Silva Alves dos Santos,
41 Sonia Maria Marques Hoenen. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017.

- 1 HELDEN, A. J.; STAMP, G. C.; LEATHER, S. R. Urban biodiversity: comparison of insect assemblages
2 on native and non-native trees. **Urban Ecosystems**, v. 15, n. 3, p. 611-624, 2012.
- 3 HENDRYCHOVÁ, M.; SVOBODOVA, K.; KABRNA, M. Mine reclamation planning and management:
4 Integrating natural habitats into post-mining land use. **Resources Policy**, v. 69, p. 101882, 2020.
- 5 IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. Relatório anual de atividades: janeiro a Dezembro de 2021.
6 Disponível em < <https://ibram.org.br/relatorios-de-atividades/>>. Acesso em 29 de junho de 2022.
- 7 R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical
8 Computing, Vienna, Austria. 2019.
- 9 ROCHA, J. C.; ALVES, J.; HAYATA, M. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Diversidade morfofuncional de
10 coleoptera em ambientes de mata ripária e campo no sul do Brasil. **Forest**, v. 18, n. 539, p. 546.
- 11 ROCHA, W. O., DORVAL-FILHO, A. C. A., RIBEIRO, E. S. Formigas (Hymenoptera: Formicidae)
12 bioindicadoras de degradação ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 22,
13 n. 1, p. 88-98, 2015.
- 14 ROGAN, J. E.; LACHER, T. E. Impacts of Habitat Loss and Fragmentation on Terrestrial Biodiversity.
15 **Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences**, 18 p., 2018.
- 16 SILVA, E. N. da; SANTANA, A. C. de. Modelos de regressão para estimação do volume de árvores
17 comerciais, em florestas de Paragominas. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 631-636, 2014.
- 18 SILVA, R. J.; DINIZ, S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Heterogeneidade do habitat, riqueza e estrutura da
19 assembléia de besouros rola-bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em áreas de cerrado na Chapada dos
20 Parecis, MT. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 934-940, 2010.
- 21 SONTER, L. J.; ALI, S. H.; WATSON, J. E. M. Mining and biodiversity: key issues and research needs
22 in conservation science. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 285, n. 1892, p. 20181926, 2018.
- 23 VIANA-JUNIOR, A. B; QUIJANO-CUERVO, L. G.; FERREIRA, J. C.; DO NASCIMENTO REIS, R.
24 R.; DOS SANTOS, I. A.; MARTINS, M. B. Collecting arboreal arthropods: a technique for sampling
25 plant-inhabiting arthropod communities in a tropical forest understory. **Entomologia Experimentalis et**
26 **Applicata**, v. 169, n. 3, p. 312-321, 2021.
- 27 WELLER, M. O.; BOSSART, J. L. Insect community diversity tracks degradation and recovery of a
28 wastewater assimilation marsh in southeast Louisiana. **Wetlands**, v. 37, n. 4, p. 661-673, 2017.

ANEXO A

Tabela 1. Lista de espécies de besouros capturadas na área de Remanescente Florestal e na área em Regeneração Florestal na cidade de Paragominas, Pará, Brasil.

Subfamília	Morfótipo	Rem. Florestal	Reg. Natural	Total de indivíduos	
				n°	%
Baridinae					
	Baridinae_sp1	7	0	7	1.51%
	Baridinae_sp10	1	0	1	0.22%
	Baridinae_sp11	1	0	1	0.22%
	Baridinae_sp2	0	1	1	0.22%
	Baridinae_sp3	0	2	2	0.43%
	Baridinae_sp4	1	0	1	0.22%
	Baridinae_sp5	1	0	1	0.22%
	Baridinae_sp6	2	0	2	0.43%
	Baridinae_sp7	1	1	2	0.43%
	Baridinae_sp8	1	0	1	0.22%
	Baridinae_sp9	1	0	1	0.22%
	Loboderes_sp1	1	1	2	0.43%
	Madarini_sp1	4	68	72	15.48%
Conoderinae					
	Conoderinae_sp1	2	0	2	0.43%
	Conoderinae_sp2	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp3	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp4	7	0	7	1.51%
	Conoderinae_sp5	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp6	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp7	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp8	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp9	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp10	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp11	2	0	2	0.43%
	Conoderinae_sp12	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp13	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp14	1	0	1	0.22%
	Conoderinae_sp15		1	1	0.22%
Cryptorhynchinae					
	Cryptorhynchini_sp1	24	1	25	5.38%
	Cryptorhynchini_sp2	1	0	1	0.22%
	Cryptorhynchini_sp3	2	0	2	0.43%
	Cryptorhynchini_sp4	1	0	1	0.22%
	Cryptorhynchini_sp5	2	0	2	0.43%

Cryptorhynchini_sp6	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp7	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp8	0	1	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp9	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp10	4	0	4	0.86%
Cryptorhynchini_sp11	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp12	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp13	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp14	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp15	0	2	2	0.43%
Cryptorhynchini_sp16	11	1	12	2.58%
Cryptorhynchini_sp17	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp18	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp19	0	1	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp20	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp21	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp22	2	0	2	0.43%
Cryptorhynchini_sp23	0	1	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp24	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp25	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp26	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp27	1	0	1	0.22%
Cryptorhynchini_sp28	1	0	1	0.22%
Phyrdenus_sp1	0	1	1	0.22%
Curculioninae				
Anthonomus_sp1	109	27	136	29.25%
Anthonomus_sp2	13	13	26	5.59%
Anthonomus_sp3	5	2	7	1.51%
Camarotini_sp1	4	0	4	0.86%
Camarotini_sp2	1	0	1	0.22%
Derelomini_sp1	0	4	4	0.86%
Derelomini_sp2	0	1	1	0.22%
Erodiscini_sp1	1	0	1	0.22%
Erodiscini_sp2	1	2	3	0.65%
Erodiscini_sp3	1	1	2	0.43%
Erodiscini_sp4	0	1	1	0.22%
Erodiscini_sp5	1	0	1	0.22%
Udeus_sp1	13	1	14	3.01%
Curculionidae_sp1	1	0	1	0.22%
Curculionidae_sp2	0	1	1	0.22%
Curculionidae_sp3	0	1	1	0.22%
Curculionidae_sp4	7	0	7	1.51%
Curculionidae_sp5	0	1	1	0.22%
Curculionidae_sp6	1	0	1	0.22%
Curculionidae_sp7	0	1	1	0.22%

Curculionidae_sp8	0	1	1	0.22%
Curculionidae_sp9	1	0	1	0.22%
Curculionidae_sp10	1	0	1	0.22%
Curculionidae_sp11	1	0	1	0.22%
Curculionidae_sp12	1	0	1	0.22%
Entiminae				
Entiminae_sp1	2	0	2	0.43%
Entiminae_sp2	0	1	1	0.22%
Entiminae_sp3	1	0	1	0.22%
Entiminae_sp4	1	0	1	0.22%
Entiminae_sp5	0	4	4	0.86%
Entiminae_sp6	1	0	1	0.22%
Litostylus_sp1	2	1	3	0.65%
Molytinae				
Chalcodermus_sp1	6	0	6	1.29%
Chalcodermus_sp2	7	0	7	1.51%
Conotrachelus_sp1	3	0	3	0.65%
Conotrachelus_sp2	3	0	3	0.65%
Conotrachelus_sp3	1	0	1	0.22%
Conotrachelus_sp4	1	0	1	0.22%
Conotrachelus_sp5	1	0	1	0.22%
Conotrachelus_sp7	1	0	1	0.22%
Conotrachelus_sp8	1	0	1	0.22%
Conotrachelus_sp9	1	0	1	0.22%
Conotrachelus_sp10	1	0	1	0.22%
Conotrachelus_sp11	1	0	1	0.22%
Conotrachelus_sp12	2	0	2	0.43%
Hylobiini_sp1	1	0	1	0.22%
Hylobiini_sp2	1	1	2	0.43%
Hylobiini_sp3	1	0	1	0.22%
Hylobiini_sp4	1	0	1	0.22%
Hylobiini_sp5		1	1	0.22%
Hylobiini_sp6	1	0	1	0.22%
Hylobiini_sp7	1	0	1	0.22%
Hylobiini_sp8	1	0	1	0.22%
Hylobiini_sp9	1	0	1	0.22%
Molytinae_sp1	4	0	4	0.86%
Molytinae_sp2	1	0	1	0.22%
Molytinae_sp3	1	0	1	0.22%