0UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS

LUANA DE FÁTIMA BARAÚNA PEREIRA

EFEITOS DO MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL SOBRE ASSEMBLEIA DE STAPHYLINIDAE (COLEOPTERA: INSECTA) EM UMA FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Itacoatiara, Amazonas

2021

LUANA DE FÁTIMA BARAÚNA PEREIRA

EFEITOS DO MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL SOBRE ASSEMBLEIA DE STAPHYLINIDAE (COLEOPTERA: INSECTA) EM UMA FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos – UFAM, como parte dos requisitos no exame de qualificação para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração em Ciências Ambientais.

Linha de pesquisa: Agrobioenergia, análise e manejo de recursos amazônicos.

Orientador: Dr. Louri Klemann Júnior
Coorientador: Dr. Angélico Fortunato Asenjo Flores

Itacoatiara –AM

2021

Pereira, Luana de Fátima Baraúna
P436e Efeitos do manejo florestal sustentável sobre a assembleia de staphylinidae (coleoptera: insecta) em uma floresta de terra firme na amazônia brasileira / Luana de Fátima Baraúna Pereira . 2021
66 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Louri Klemann Júnior
Coorientador: Angélico Fortunato Asenjo Flores
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Floresta. 2. Corte seletivo de baixo impacto. 3. Staphylininae. 4. Estação do ano. I. Klemann Júnior, Louri. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos - PPGCTRA

UFAM

Luana de Fátima Baraúna Pereira

Efeitos do manejo florestal sustentável sobre a assembleia de Staphylinidae (Coleoptera: Insecta) em uma floresta de terra firme na Amazônia Brasileira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Aprovado(a) em 12 de fevereiro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Louri Klemann Junior
(Presidente/Orientador);

Prof. Erico Luis Hoshiba Takahashi
Membro

Prof. Ricardo Augusto Serpa Cerboncini
Membro

Rua Nossa Senhora do Rosário, 3863, Tiradentes. CEP: 69103-128 – Itacoatiara/AM

Telefone: (92) 99271-8661 e-mail: secretariappgctra@ufam.edu.br

wps.com

Dedico este trabalho aos meus pais por me darem amor, direcionamento e incentivo durante toda a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Poder Superior, que permitiu a oportunidade de alcançar essa conquista em minha vida. Aos meus pais, Raimundo José Travasso Pereira e Izolina Maria Baraúna Pereira e irmãs Ana Paula Baraúna Pereira e Letícia Baraúna Pereira que não mediram esforças para me ajudar e me incentivar a continuar quando existiram momentos difíceis. Ao meu orientador Louri Klemann Júnior que me mostrou o verdadeiro caminho da pesquisa e esteve comigo me motivando a cada etapa deste trabalho, ao meu co-orientador Angélico Fortunato Asenjo Flores que foi fundamental para a realização da identificação e ensinamentos deste lindo universo que são os Staphylinidae, ao professor Ricardo Augusto Cerboncini pela paciência e dedicação as correções e tradução deste trabalho, a Roberta Moura que apesar dos ralhos estava comigo até o horário que fosse, jamais vou esquecer do quanto me ajudou e dedicou seu tempo.
Aos meus amigos, Jarleson Lopes, Adilson Tavares, Andressa Vitória Barbosa e Amanda Mesquita que foram incansáveis em me apoiar, me alegrar, em estarem comigo nos momentos em que eu me sentia incapaz, vocês já fazem parte da minha história.
Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro aos programas de pós-graduação dos autores.

EPÍGRAFE

“Rico é aquele que sabe ter o suficiente".

Lao Tze

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....5
EPÍGRAFE.....6
SUMÁRIO.....7
RESUMO GERAL.....8
INTRODUÇÃO GERAL.....9
APRESENTAÇÃO.....12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....13
LISTA DE FIGURAS.....17
LISTA DE TABELAS.....18
1. CAPÍTULO I.....19
RESUMO.....20
ABSTRACT.....21
INTRODUÇÃO.....22
2. METODOLOGIA.....25
2.1 Caracterização da área de estudo.....25
2.2 Coleta de dados.....26
2.3 Análise de dados.....28
3. RESULTADOS.....29
4. DISCUSSÃO.....34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....37
2. CAPÍTULO II.....44
RESUMO.....45
ABSTRACT.....46
INTRODUÇÃO.....47
2. METODOLOGIA.....50
2.1 Caracterização da área de estudo.....50
2.2 Coleta de dados.....50
2.3 Análise de dados.....51
3. RESULTADOS.....53
4. DISCUSSÃO.....57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....60

RESUMO GERAL

O corte seletivo de baixo impacto é de suma importância para a preservação dos recursos ambientais, da flora e fauna. No entanto, a troca de ambientes naturais por áreas manejadas ocasionam modificações na floresta com alterações nas comunidades de besouros por meio de substituições das espécies. Levando em conta a necessidade de levantamentos quali-quantitativo sobre a assembleia de Staphylininae e Paederinae (Insecta: Coleoptera: Staphylinidae) em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira i) avaliamos os impactos do corte seletivo de madeira sobre a assembleia de Staphylininae e Paederinae ii) observamos se a estação do ano período seco e chuvoso afeta a dispersão das subfamílias que estamos estudando iii) verificamos se o tempo transcorrido entre as áreas após o corte seletivo de madeira possui influencia nas assembleias em estudo iv) avaliamos se o volume de madeira explorado afeta a riqueza de espécies, abundância de indivíduos e a estrutura da assembleia de Staphylininae e Paederinae. No total nós coletamos 4.563 indivíduos, 6 tribos, 26 gêneros e 98 morfoespécies. O período seco mostrou maior número de indivíduos, o tempo influenciou na homogeneização das assembleias com o decorrer dos anos após a exploração, e em alguns casos foi observado que o volume de madeira está relacionado com o número de indivíduos e espécies da assembleia de Staphylininae e Paederinae.

INTRODUÇÃO GERAL

As florestas tropicais possuem grande parte da biodiversidade do planeta (EGUIGUREN, et al., 2019), são responsáveis por serviços ecossistêmicos essenciais, (ÁLVAREZ-YÉPIZ, et al., 2008), pela regulação e estabilidade do clima global (LEWIS, et al., 2006; CHOWDHURY, et al., 2014) e conservação da biodiversidade (MALHI, et al., 2013). Apesar da importância das florestas tropicais para o equilíbrio do ambiente global, infelizmente elas são alvo de destruição. Com isso nos últimos cem anos, cerca de 40% das florestas deixaram de existir no planeta (ADEODATO, et al., 2011).

As florestas enfrentam ameaças crescentes de pertubação e mudanças em suas condições ambientais (EVANS, et al., 2019). Mudanças no uso da terra ocasionadas pelo homem ameaçam a biodiversidade e as pressões humanas sobre os ambientes naturais (GIBSON, et al., 2011). A interação entre as mudanças climáticas globais, o desmatamento regional, incêndios e a exploração de madeira podem tornar a floresta Amazônia vulnerável à degradação (MALHI, et al., 2008).

A exploração de madeira é responsável por cerca de um terço do desmatamento global, possivelmente a grande maioria das atividades madeireiras em regiões mais vulneráveis são conduzidas ilegalmente (BRACK, 2003). A extração ilegal de madeira ocorre quando a madeira é cortada, transportada, comprada ou vendida sob violação das leis nacionais (FINER, et al., 2014). Práticas que utilizem os recursos florestais sem prejudicá-los e que diminua essas atividades criminosas (TACCONI, et al., 2019).

Uma das alternativas para mitigar a extração ilegal de madeira é o corte seletivo de baixo impacto, que consiste no manejo da floresta para obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando o ecossistema, bem como a utilização de outros bens e serviços florestais (HANEWINKEL, et al., 2013). O corte seletivo de madeira é uma prática que vem sendo muito utilizada (SCHROTH, et al., 2004). Esse manejo é praticado através da utilização de técnicas de redução do impacto, que possam manter os recursos naturais e da conservação das florestas tropicais (JOHNS, 1991).

As técnicas que são utilizadas no corte seletivo de baixo impacto reduzem até 50% os efeitos negativos da atividade de exploração (PUTZ, 2008). As técnicas envolvem práticas como o corte de cipós, evitando danos nas árvores que estão

conectadas à árvore explorada (VIDAL, et al., 1997), direcionamento de queda e inventários florestais para reduzir a quantidade de trilhas de arraste (FELTON, et al., 2006). Desta forma, se as florestas são manejadas de acordo com as técnicas sua estrutura e função não são alteradas, sendo uma estratégia de conservação da floresta e sua biodiversidade (NEPSTAD, et al., 1992). Com a implantação das técnicas de corte seletivo de baixo impacto, torna-se necessário estudo e monitoramento da vegetação e também dos animais, para determinar os níveis de impacto da atividade florestal no ambiente de exploração (ROBINSON, et al., 1999). Muitos trabalhos têm demonstrado ser fundamental a avaliação e monitoramento em longo prazo da vegetação, através dos estudos sobre estrutura, regeneração e composição da fauna (PEREIRA, et al., 2001; FELTON, et al., 2006)

A fauna pode ser avaliada, através de estudos sobre abundância, riqueza e estrutura (AZEVEDO-RAMOS, et al., 2006). A grande ordem de Coleoptera (besouros) é uma das mais conhecidas entre todos os grupos de insetos (BLACKWELDER, 1936). Esses insetos são importantes para a decomposição de material orgânico, ciclagem de nutrientes e para controlar populações de decompositores por meio da predação (PENNY, et al., 1978). Os coleópteros vêm usualmente sendo empregados como bioindicadores, respondendo às alterações antrópicas (CLARKE; SAMWAYS, 1996). Isso devido a serem espécies de insetos que já foram descritas mais do que qualquer outra forma de vida, sendo o grupo mais diverso de organismos na Terra (BOUCHARD, et al., 2017). Com isso o uso do grupo como bioindicador intensifica-se devido ao fato de apresentarem taxonomia bem conhecida, facilidade de amostragem, ampla distribuição geográfica e grande riqueza local e regional (BUCHS, 2003), além de desempenharem importantes funções nos ecossistemas florestais (RAINIO; NIEMELA, 2003). Nas áreas onde ocorrem corte seletivo de madeira, o estudo de besouros vem se mostrando como uma ferramenta promissora no processo de avaliação de impactos ambientais (AZEVEDO-RAMOS, et al., 2006).

A família Staphylinidae entre a ordem dos coleópteros, é uma das maiores famílias de besouros (GREBENNIKOV; NEWTON, 2009). A fauna de staphylinidae no Brasil está representa por aproximadamente 37% conhecida na região Neotropical e 5% no mundo (ASENJO, et al., 2013). Os staphylinídeos possuem um total de 11.675 espécies descritas, sendo 7.773 registradas na América Latina (ASENJO, et al., 2019). São relativamente fáceis de serem reconhecidos, pois, possuem élitros

curtos, deixando visível mais da metade dos seguimentos abdominais e possuem abdômen flexível (NAVARRETE-HEREDIA, 2002). Possuem grande variedade de formas e tamanhos, desde indivíduos com cerca de 1 mm até indivíduos maiores, com mais de 6 cm de comprimento (NAVARRETE-HEREDIA, et al., 2002). Podem ser encontrados em praticamente todos os habitats terrestres, zonas de marés e oceanos (ASENJO, et al., 2013). No entanto, grande parte dos Staphylinidae encontram-se em meio ao material orgânico da floresta, sendo importante para a fauna do solo (BOHAC, 1999), além de serem sensíveis com as alterações do ambiente (AHN, et al., 2017).

Dentre as subfamílias de Staphylinidae, a maior em número de espécies é Aleocharinae, seguida por Staphylininae e Paederinae (GAMARRA; OUTERELO, 2007). A subfamília Staphylininae foi catalogada com sete tribos, 350 gêneros e 7.972 espécies descritas (SOLODOVNIKOV, et al., 2013). A maior parte do ciclo de vida do Staphylininae é na serapilheira e no solo (ÇIFTÇI, 2018). A subfamília de Paederinae possue duas tribos, cerca de 220 gêneros e 6.000 espécies descritas no mundo (NAVARRETE-HEREDIA, et al., 2002). Alguns Staphylinidae como por exemplo Staphylininae, Paederinae são predadores de outros artrópodes, mas possuem outras relações alimentares como fungicidas e herbivoria (KLIMASZEWSKI, et al., 2018). Staphylininae e Paederinae estão associados a decomposição da matéria orgânica (WEBSTER, et al., 2012), com isso são considerados bons indicadores devido à sensibilidade as alterações antropogênicas (CAJAIBA, 2017).

Dessa forma, observando a importância do corte seletivo de baixo impacto para as florestas tropicais, o objetivo deste trabalho foi avaliar a riqueza, abundância e estrutura da assembleia de Staphylininae e Paederinae (Insecta: Coleoptera: Staphylinidae) provocadas pela remoção de árvores em uma área de corte seletivo de madeira na Amazônia brasileira. Foram avaliados os efeitos da estação do ano, o tempo transcorrido entre as áreas após a exploração florestal e o volume explorado de madeira.

APRESENTAÇÃO

Este trabalho apresenta dois capítulos, organizados na forma de artigo científico. Os dois capítulos possuem coautoria de Louri Klemann Júnior e Angélico Fortunato Asenjo Flores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEODATO, S.; MONZONI, M.; BETIOL, L. S.; VILLELA, M. Madeira de ponta a ponta: o caminho desde a floresta até o consumo. **Fundação Getulio Vargas.** 2011 (1): 1-130. ISBN: 978-85-63620-02-6

AHN, K-J.; CHO, Y-B.; KIM, Y-H.; YOO, I-S.; NEWTON, A. F. Checklist of the Staphylinidae (Coleoptera) in Korea. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity.** 2017 (10): 279-336. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.japb.2017.06.006

ÁLVAREZ-YÉPIZ, J. C.; MARTÍNEZ-YRı´ZAR, A.; BÚRQUEZ, A.; LINDQUIST, C. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old-growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. **Forest Ecology and Management.** 2008 (256): 355–366. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.04.049

ASENJO, A. ; IRMER, U. ; KLIMASZEWSKI, J.; CHANDLER, D. S.; FIERROS-LÓPEZ, H. E.; VIEIRA, J. S. Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) in Latin America: synopsis, annotated catalog, diversity and distribution. **Zootaxa**. 2019 (4621): 001–406. ISBN 978-1-77670-692-1

ASENJO, A.; IRMLER, U.; KLIMASZEWSKI, J.; HERMAN, L. H.; CHANDLER, D. S. A complete checklist with new records and geographical distribuition of the rove beetles (Coleoptera, Staphylinidae) of Brazil. Insecta Mundi. **A Journal of Wold Insect Systematics.** 2013 (0277): 1-419.

AZEVEDO-RAMOS, C.; DE CRAVALHO, JR, O.; DO AMARAL , B. D. Short-term effects of reduced-impact logging on eastern Amazon fauna. **Forest Ecology and Management.** 2006 (232): 1–35. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.025

BLACKWELDER, R. E. Morphology of the Coleopterous Family Staphylinidae. **Stanford University, California Smithsonian Miscellaneous Collections.** 1936 (94): 1-104.

BOHAC, J. Staphylinid beetles as Bioindicators. Agriculture, Ecosystems and Environment. 1999 (74): 357–372. DOI: https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00043-2

BOUCHARD, P.; SMITH, A. B. T.; DOUGLAS, H.; GIMMEL, M. L.; BRUNKE, A. J.; KANDA, K. **Biodiversity of Coleoptera**. 2017 (11): 337-417.

BRACK, D. Illegal logging and the illegal trade in forest and timber products. **International Forestry Review.** 2003 (3): 195-198. DOI: https://doi.org/10.1505/IFOR.5.3.195.19148

BUCHS, W. Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special reference to the habitat level. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** 2003 (98): 35-78. DOI: https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00070-7

CAJAIBA,R. L.; PÉRICO, E.; CARON, E.; DALZOCHIO, M. S.; SILVA, W. B.; SANTOS, M. Are disturbance gradients in neotropical ecosystems detected using rove beetles? A case study in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management.** 2017 (405): 319-327. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.058

CHOWDHURY, M. N. M.; UDDIN, S.; SALEH, S. Present scenario of renewable and non-renewable resources in Bangladesh: A compact analysis. **International Journal of Sustainable and Green Energy.** 2014; (6): 164-178. DOI: 10.11648/j.ijrse.20140306.17

ÇIFTÇI, D; HASBENLI, A. Diversity Analysis of the Subfamilies Steninae, Staphylininae and Paederinae (Coleoptera: Staphylinidae) in Different Habitats of the Sündiken Mountains, Turkey. **Acta zool. bulg**. 2018 (3): 319-329.

CLARKE, T. E.; M. J. SAMWAYS. Dragonflies (Odonata) as indicators of biotope quality in the Krüger National Park, South Africa. **Journal of Applied Ecology**. 1996. (33): 1001-1012. DOI: 10.2307/2404681

EGUIGUREN, P.; FISCHER, R.; GÜNTER S. Degradation of Ecosystem Services and Deforestation in Landscapes With and Without Incentive-Based Forest Conservation in the Ecuadorian Amazon. **Forests**. 2019 (442): 1-26. DOI: 10.3390/f10050442

EVANS, P. M.; NEWTON, A. C.; CANTARELLO, E.; SANDERSON, N.; JONES, D. L.; BARSOUM, N.; COTTRELL, J. E.; A'HARA, S. W.; FULLER, L. Testing the relative sensitivity of 102 ecological variables as indicators of woodland condition in the New Forest, UK. **Ecological Indicators.** 2019 (107): 1-12. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105575

FELTON, A.; FELTON, A. M.; WOOD ,J.; LINDENMAYER, D. B. Vegetation structure, phenology, and regeneration in the natural and anthropogenic tree-fall gaps of a reduced-impact logged subtropical Bolivian forest. **Forest Ecology and management**. 2006 (235): 186-193. DOI: 10.1016 / j.foreco.2006.08.011

FINER, M.; JENKINS, C. N.; SKY, M. A. B.; PINE, J. Logging Concessions Enable Illegal Logging Crisis in the Peruvian Amazon. **Nature.** 2014 (4719): 1-6. DOI: 10.1038/srep04719

GAMARRA, P.; OUTERELO, R.Catálogo iberribalear de los Paederinae (Coleoptera: Staphylinidae). **Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa.** 2007 (40) : 1−37.

GIBSON, L.; LEE, T. M.; KOH, L. P.; BROOK, B. W.; GARDNER T. A.; BARLOW, J.; PERES, C. A.; BRADSHAW, C. J. A.; LAURANCE, W. F.; THOMAS E. L.; SODHI, N. S. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. **Nature.** 2011 (478): 378-381. DOI: https://doi.org/10.1038/nature10425

GREBENNIKOV, V. V.; NEWTON, A. F. Good-bye Scydmaenidae, or why the ant-like stone beetles should become megadiverse Staphylinidae sensu latissimo (Coleoptera). **Eur. J. Entomol**. 2009 (106): 275–301. DOI: 10.14411 / eje.2009.035

HANEWINKEL, M.; FRUTIG, F.; LEMM, R. Economic performance of uneven-aged forests analysed with annuities. **Forestry**. 2013 (87): 49 –60. DOI: 10.1093/forestry/cpt043

JOHNS, A. D. Responses of Amazonian rainforest birds to habitat modification. **Journal of Tropical Ecology.** 1991 (7): 417-437. DOI: 10.2307 / 2559209

KLIMASZEWSKI, J.; BRUNKE, A. J.; WORK, T. T.; VENIER, L. Rove Beetles (Coleoptera, Staphylinidae) as Bioindicators of Change in Boreal Forests and Their Biological Control Services in Agroecosystems: Canadian Case Studies. **Crown**. 2018: 161-181. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-70257-5_9

LEWIS, S. L. PHILLIPSL, O. L.; BARKERL, T. R.; MALHI, Y.; LLOYD, J. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide: current conditions and future scenarios. **Avoiding Dangerous Climate Change**. 2006: 147-153.

MALHI, Y.; ADU-BREDU, S.; ASARE, R. A.; LEWIS, S. L.; MAYAUX, P. African rainforests: past, present and future. Philosophical Transactions of the Royal Society B: **Biological Sciences**. 2013: 1-10. DOI: https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0312

MALHI, Y.; ROBERTS, J. T.; BETTS, R. A.; KILLEEN, T. J.; LI, W.; NOBRE, C. A. Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. **Science.** 2008 (319): 169-171. DOI: 10.1126/science.1146961

NAVARRETE-HEREDIA, J. L. NEWTON, A. F.; THAYER, M. K.; ASHE, J. S.; CHANDLER, D. S. Guía Ilustrada para los Géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. **Universidade de Guadalajara, Canabio, México.** 2002. ISBN 970-27-0180-5

NEPSTAD, D. C.; SCHWARZMAN, S. Non-Timber Products from Tropical Forests: Evaluation of a Conservation and Development Strategy. **Bronx, NY: New York Botanical Garden.** 1992. ISBN: 0893273767

PENNY, N. D.; ARIAS, J. R.; SCHUBART, H. O. R. Tendências populacionais da Fauna de Coleópteros do solo sob floresta de terra firme na Amazônia. **Acta Amazônica.** 1978 (8): 259-265.

PEREIRA JR, R. ; ZWEEDEA, J. ; ASNER, G. P.; KELLER, M. Forest canopy damage and recovery in reduced-impact and conventional selective logging in eastern Para, Brazil. **Forest Ecology and Management.** 2001 (5778) 1-13. DOI: 10.1016 / S0378-1127 (01) 00732-0

PUTZ, F. E.; ZUIDEMA, P. A.; PINARD, M. A.; BOOT, R. G. A.; SAYER, J. A.; SHEIL, D.; SIST, P.; VANCLAYL, E. J. K. Improved tropical forest management form carbon retention. **PLOS Biology.** 2008 (6): 1368-1369. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060166

RAINIO, J.; NIEMELA, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as Bioindicators. Biodiversity and Conservation. 2003 (12): 487–506.

ROBINSON, J. C.; REDFORD,K. H.; BENNETT, E. Wildlife Harvest in Logged Tropical Forests. **Science's Compass.** 1999 (284): 595-596. DOI: 10.1126/science.284.5414.595

SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B., HARVEY C. A.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H. L.; IZAC, A-M, N. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. **Island Press.** 2004. 1-523.

SOLODOVNIKOV, A.; YUEB, Y.;TARASOVA, S.; REN, D. Extinct and extant rove beetles meet in the matrix: Early Cretaceous fossils shed light on the evolution of a hyperdiverse insect lineage (Coleoptera: Staphylinidae: Staphylininae). **Cladistics.** 2013 (29): 360–403. DOI: 10.1111/j.1096-0031.2012.00433.x

TACCONI, L.; RODRIGUES, R. J.; MARYUDI, A. Law enforcement and deforestation: Lessons for Indonesia from Brazil. **Forest Policy and Economics.** 2019 (108): DOI: 10.1016 / j.forpol.2019.05.029

VIDAL, E.; JOHNS, J.; GERWING, J. J.; BARRETO, P.; UHL, C. Vine management for reducedimpact logging in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management.** 1997 (98): 105- 114. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00051-0

WEBSTER, R. P.; SMETANA, A.; SWEENEY, J. D.; DEMERCHANT, I. New Staphylinidae (Coleoptera) records with new collection data from New Brunswick and an addition to the fauna of Quebec: Staphylininae. **ZooKeys**. 2012 (186): 293–348. DOI: 10.3897/zookeys.186.2469

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1 - Localização geográfica da área de corte seletivo de baixo impacto da empresa Mil Madeiras Preciosas na região dos municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga, estado do Amazonas.....26

Figura 2 - Modelo da armadilha utilizado no estudo.....28

Figura 3 - Boxplot comparando a riqueza (nº de espécies) no período chuvoso (A) e período seco (B), a abundância (nº de indivíduos) no período chuvoso (C) e período seco (D) e a média da riqueza e abundância (✳) e a média do volume explorado de madeira (•) nos anos de exploração entre as áreas de efetiva exploração e área não explorada..... 33

Figura 4 - Boxplot comparando o eixo 1 da PCoA no período chuvoso (A) e período seco (B), e a média da riqueza e abundância (✳) e a média do volume explorado de madeira (•) nos anos de exploração entre as áreas de efetiva exploração e área não explorada.....35

Capítulo II

Figura 1 - Boxplot comparando a riqueza (nº de espécies) no decorrer do período chuvoso (A) e do período seco (B) e a a abundância (nº de indivíduos) no período chuvoso (C) e período seco (D), média da riqueza e abundância (✳) e a média do volume explorado de madeira (•) nos anos de exploração entre as áreas de efetiva exploração e área não explorada.....58

Figura 2 - Boxplot comparando a estrutura da assembleia de Paederinae com o eixo 1 da PCoA no período chuvoso (A) e período seco (B), média da PCoA (✳) a média do volume explorado de madeira (•) nos anos de exploração. 60

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1 - Abundância de espécies de Staphylininae, por área explorada, área controle e período do ano (seco/chuvoso)..... 31

Capítulo II

Tabela 1 - Abundância de Paederinae capturados na área de corte seletivo de baixo impacto, nas áreas exploradas e área não explorada na estação chuvosa e na estação seca.....57

1. CAPÍTULO I

EFEITOS DO CORTE SELETIVO DE BAIXO IMPACTO SOBRE A ASSEMBLEIA DE STAPHYLININAE (COLEOPTERA: INSECTA: STAPHYLINIDAE) EM UMA FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

RESUMO

As florestas tropicais possuem a maior diversidade biológica do planeta e oferecem diversos serviços ecossistêmicos, como regulação do clima global e manutenção dos recursos hídricos. No entanto, essas florestas vêm sendo ameaçadas por atividades antrópicas, que ocasionam mudanças na estrutura dessas florestas, tornando urgente o planejamento para uso racional de seus recursos. Uma das alternativas que conciliam a exploração dos recursos florestais e conservação da biodiversidade é o corte seletivo de baixo impacto. Apesar do planejamento e da redução dos impactos à floresta, essa atividade ainda provoca alterações no ecossistema florestal, com impactos diretos na fauna, alterando a estrutura das comunidades e reduzindo a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos. Dentre os grupos de animais, a ordem Coleoptera (insecta) é considerada sensível às mudanças no ambiente, desta forma a subfamília Staphylininae (Insecta: Coleoptera: Staphylinidae) possui potencial para análises de pertubações ambientais e monitoramento de áreas manejadas. O objetivo deste estudo é avaliar os impactos do corte seletivo de baixo impacto sobre a assembleia de Staphylininae em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira. Avaliamos se a estação do ano (seco e chuvoso), o tempo transcorrido entre as áreas após a exploração madeireira (11 áreas de exploração madeireira e uma área controle) e o volume de madeira explorado (soma do volume individual das árvores abatidas em um raio de 100m ao longo do transecto de coleta) afetaram a riqueza de espécies, a abundância de indivíduos e a estrutura da assembleia de Staphylininae. Foram montadas 240 armadilhas de interceptação de voo e os indivíduos da subfamília Staphylininae foram triados, separados, contabilizados, montados em alfinetes entomológicos e incorporados na coleção entomológica da Universidade do Estado do Amazonas, Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara (UEA/CESIT). Foram capturados 1.707 indivíduos, sendo identificadas quatro tribos, 19 gêneros e 71 morfoespécies. A riqueza e abundância da assembleia de Staphylininae apresentaram interação com o tempo transcorrido entre as áreas após o corte seletivo de baixo impacto, estação do ano e volume de madeira explorado. A estrutura da assembleia indica que apenas o período e o tempo foram significativos. O tempo transcorrido entre as áreas após a exploração mostrou redução, seguida por aumento a níveis similares a área controle com o decorrer dos anos. Houve redução na área controle quando comparamos entre o período do ano (54%), observamos redução na riqueza e na abundância de Staphylininae até o terceiro ano após a exploração madeireira. Do quarto ano em diante é observado um aumento da riqueza e da abundância, chegando a níveis similares ao controle no sexto ano após a exploração. Do sexto ano em diante foram observadas pequenas oscilações na riqueza. Ainda, ocorreu aumento no número de espécies e de indivíduos com o aumento na intensidade de exploração na área de estudo. Portanto nossos resultados apontam que a área em estudo está em fase de recuperação e a assembleia de Staphylininae é eficiente para detectar impacto ambiental através da colonização das áreas exploradas, estando associados a heterogeneidade da área em estudo e maior diversificação de microhabitats no ambiente florestal ao longo dos anos.

Palavras-chave: Floresta. Corte seletivo de baixo impacto. Staphylininae.

ABSTRACT

Tropical forests have the greatest biological diversity on the planet and offer various ecosystem services, such as regulating the global climate and maintaining water resources. However, these forests have been threatened by anthropic activities, which cause changes in the structure of these forests, making planning for the rational use of their resources urgent. One of the alternatives that reconcile the exploitation of forest resources and biodiversity conservation is sustainable forest management. Despite the planning and reduction of impacts on the forest, this activity still causes changes in the forest ecosystem, with direct impacts on the fauna, changing the structure of communities and reducing species richness and abundance of individuals. Among the groups of animals, the order Coleoptera (insect) is considered sensitive to changes in the environment, thus the subfamily Staphylininae (Insecta: Coleoptera: Staphylinidae) has the potential for analysis of environmental disturbances and monitoring of managed areas. The aim of this study is to evaluate the impacts of sustainable forest management on staphylininae assemblage in a 'terra firme' forest in the Brazilian Amazon. We evaluated whether the season (dry and rainy), the time elapsed between the areas after logging (11 logging areas and a control area) and the volume of wood explored (individual volume of each felled tree) affected species richness, abundance of individuals, and structure of Staphylininae assemblage. A total of 240 flight interception traps were set up and the individuals of the subfamily Staphylinae were screened, separated, accounted for, mounted on entomological pins, and incorporated in the entomological collection of the State University of Amazonas, Center for Higher Studies of Itacoatiara (UEA/CESIT). A total of 1,707 individuals were captured, and four tribes, 19 genera, and 71 morphospecies were identified. The richness and abundance of staphylininae assemblage showed interaction with the time elapsed between the areas after forest management, season, and volume of wood explored. The structure of the assemblage indicates that only the period and time were significant. The time elapsed between the areas after exploration showed a reduction, followed by an increase to levels similar to the control area over the years. There was a reduction in richness and abundance of Staphylininae until the third year after logging. From the fourth year onwards an increase in wealth and abundance is observed, reaching levels similar to control in the sixth year after exploration. From the sixth year onwards, small fluctuations in wealth were observed. Furthermore, there was an increase in the number of species and individuals with the increase in the intensity of exploration in the study area. However, our results indicate that the area under study is in the recovery phase and the Staphylininae assemblage is efficient to detect environmental impact through the colonization of the explored areas, being associated with the heterogeneity of the area under study and greater diversification of microhabitats in the forest environment over the years.

Keywords: Forest. Sustainable Forest Management. Staphylininae.

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais possuem a maior diversidade biológica do planeta, abrigando mais de 50% de todas as espécies terrestres (PENNINGTON, et al., 2015; EGUIGUREN, et al., 2019). Estas florestas oferecem diversos serviços ecossistêmicos, contribuindo para a regulação do clima global e para a manutenção dos recursos hídricos (THOMAS; BALTZER, 2002). No entanto, apesar dos serviços ecossistêmicos prestados, as florestas tropicais vêm sendo ameaçadas por diversas atividades humanas, como incêndios florestais, desmatamento e agricultura (CORLETT; PRIMACK, 2008; GUY, 2018; ARRUDA, et al., 2019).

As atividades antrópicas desenvolvidas de forma desordenada ocasionam mudanças na estrutura das florestas (JUÁREZ-OROZCO, et al., 2017), contribuindo para a perda de biodiversidade, para o aumento das emissões de carbono e para o aquecimento global (NASA, 1998; CARRERO; FEARNSIDE, 2011; JUÁREZ-OROZCO, et al., 2017). A intensa pressão das atividades humanas sobre as florestas tropicais torna urgente o planejamento do uso racional de seus recursos (SILVA, et al., 2018). Nesta perspectiva, atividades que conciliam a exploração dos recursos florestais e a conservação da biodiversidade, como o corte seletivo de baixo impacto, são fundamentais para a manutenção das florestas tropicais (EGUIGUREN, et al., 2019).

O corte seletivo de baixo impacto busca, por meio de diretrizes e técnicas de exploração rigorosamente planejadas, promover o uso sustentável dos recursos naturais (MARTÍN-GARCIA; DIEZ, 2012). Dentre as diretrizes e técnicas utilizadas estão a delimitação das áreas de exploração, a realização de inventário florestal de toda a área, a seleção e marcação de árvores a serem cortadas, a programação do corte, o planejamento de estradas e trilhas de arraste, o corte direcionado das árvores, além de técnicas específicas de redução dos impactos do arraste, movimentação e transporte das toras (KANKEU, 2016). Estas diretrizes e técnicas visam reduzir os impactos ao ecossistema e, ao mesmo tempo, manter o potencial econômico da exploração florestal ao longo do tempo (HANEWINKEL, et al., 2013).

Apesar de todo o planejamento do corte seletivo de baixo impacto buscar reduzir os impactos à floresta, essa atividade ainda provoca alterações no ecossistema florestal (ROGERS, 1996; MATRICARDI, et al., 2010). Dentre as principais alterações causadas pela exploração madeireira de impacto reduzido estão

a abertura de clareiras (BROWN, 1993), o aumento da luminosidade no interior da floresta (PENÃ-CLAROS, et al., 2008; VILLEGAS, et al., 2009), a redução da umidade (KUMARASWAMY, et al., 2014; ACHAT, et al., 2015) e a compactação do solo (CAMBI, et al., 2015; CAMBI, et al., 2016). A exploração madeireira também ocasiona impactos diretos na fauna, alterando a estrutura das comunidades e reduzindo a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos conforme a intensidade de exploração aumenta (GARDNER, et al., 2008; LAUFER, et al., 2015). Assim, a obtenção de informações qualitativas e quantitativas sobre as comunidades animais podem indicar de forma clara e rápida alterações no ambiente provocadas por diferentes atividades humanas (BARALOTO, et al., 2012).

Animais considerados bons indicadores ambientais devem possuir taxonomia e ecologia conhecidas, distribuição em uma ampla área geográfica, especialização em certos requisitos de habitat, e devem permitir ao investigador diferenciar ciclos ou tendências naturais daqueles induzidos pelo estresse antropogênico (RAINIO; NIEMELA, 2003). Dentre os grupos animais, a ordem Coleoptera (Insecta) possui diversas famílias consideradas sensíveis às mudanças no ambiente, apresentando respostas rápidas a distúrbios antropogênicos (NICHOLSA, et al., 2007), e consideradas boas indicadoras ambientais.

Dentre as famílias de Coleoptera, Staphylinidae possui grande potencial para ser usada em análises de perturbações ambientais e no monitoramento de áreas alteradas (BOHAC,1989; BALOG; MARKÓ, 2006; KLIMASZEWSKI; LANGOR, 2009; AHN, et al., 2017). A família Staphylinidae está dividida em 32 subfamílias, 979 gêneros e 45.700 espécies (HERMAN, 2001), sendo uma das mais diversas e heterogêneas famílias de besouros (BETZ, et al., 2018). A subfamília Staphylininae é a terceira maior em número de espécies dentre os Staphylinidae (NAVARRETE-HEREDIA, et al., 2002), com cinco tribos, 300 gêneros e mais de 7.000 espécies descritas (NAVARRETE-HEREDIA, et al., 2002). É um grupo amplamente distribuído nos mais variados tipos de ecossistemas, com exceção da Antártida (HERMAN, 2001). São especialistas em florestas, particularmente diversos em florestas tropicais (ASENJO, et al., 2013), e são ameaçados pela fragmentação e perda de habitat (POHL, et al., 2007). Os Staphylininae passam a totalidade ou parte do seu ciclo de vida na serapilheira e no solo (ÇIFTÇI, 2018), sendo associados a decomposição da matéria orgânica (WEBSTER, et al., 2012) e considerados bons indicadores devido à sensibilidade as alterações antropogênicas (CAJAIBA, 2017).

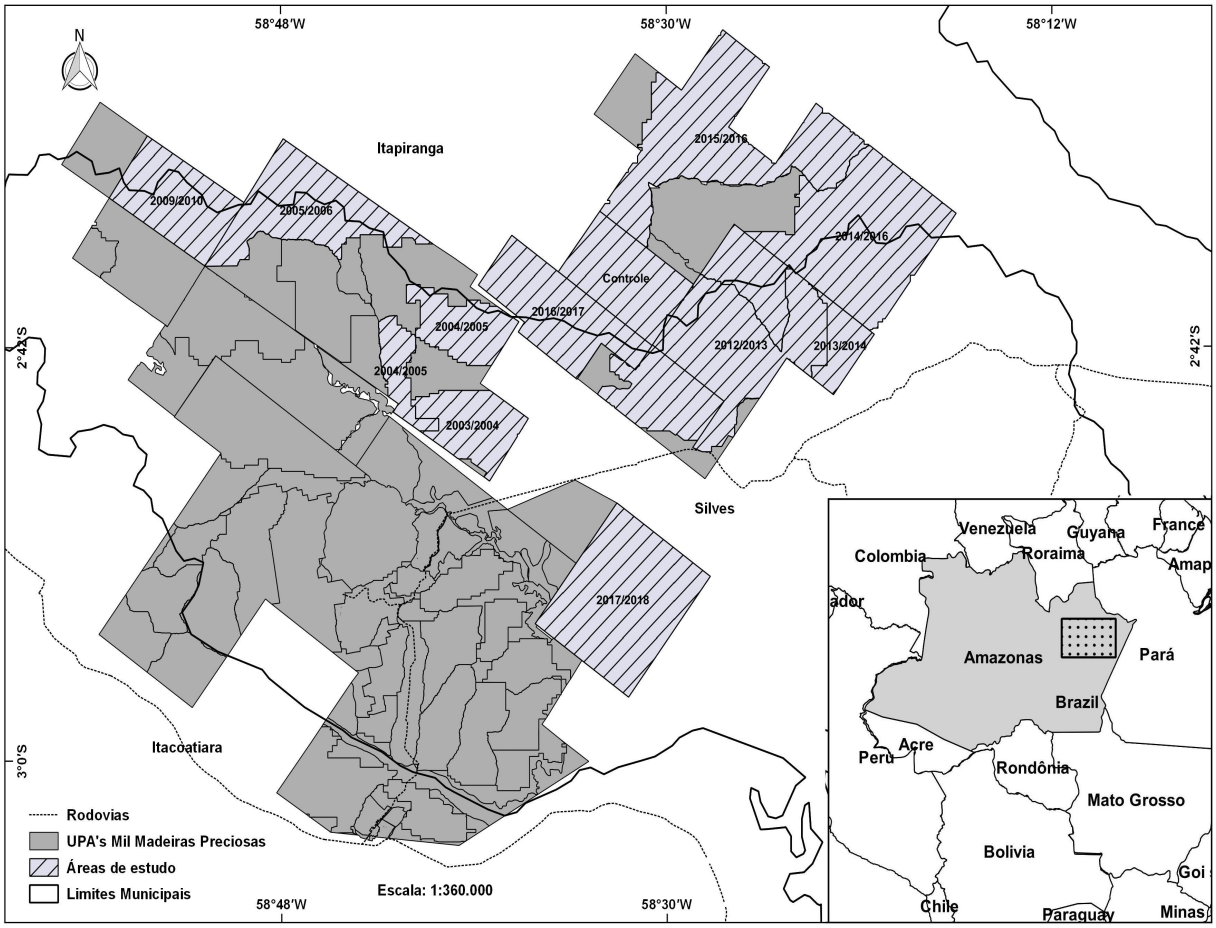
Considerando a importância do corte seletivo de baixo impacto como atividade econômica sustentável em florestas tropicais, nosso trabalho teve como objetivo avaliar os impactos do corte seletivo de madeira sobre a assembleia de Staphylininae (Insecta: Coleoptera: Staphylinidae) em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira. Nós avaliamos, também, se a estação do ano, o tempo transcorrido entre as áreas após a exploração madeireira e o volume de madeira explorado afetaram a riqueza de espécies, a abundância de indivíduos e a estrutura da assembleia de Staphylininae.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em um conjunto de áreas utilizadas para corte seletivo de baixo impacto, localizadas nos municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga no estado do Amazonas, pertencentes a empresa Mil Madeiras Preciosas. Estas áreas têm vegetação classificada como floresta ombrófila densa de terra firme (IBGE, 2017), com clima equatorial úmido (Af) (Köppen), precipitação anual média de 2.200 mm, temperatura anual média de 28 °C e umidade relativa do ar ao longo do ano de 80%. (INMET, 2016/2017) (FIGURA 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo nos municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga, estado do Amazonas, Brasil.



Fonte: Barreiros (2021)

O sistema de manejo de baixo impacto praticado na área de estudo é o CELOS Management System (CMS) (BODEGOM; GRAAF, 1994). Este sistema policíclico

utiliza o planejamento rigoroso da exploração, com programação de corte, direcionamento de queda, e planejamento de estradas, trilhas de acesso, ramais e pátios de estocagem para reduzir os impactos ao ambiente florestal (GRAAF, 1986). Este sistema silvicultural é baseado na regeneração natural da floresta, com ciclos de cortes planejados em intervalos de tempo suficiente para permitir a recuperação ecológica e econômica da floresta (intervalos de, aproximadamente, 30 anos) (GRAAF; ROMPAEY, 1990).

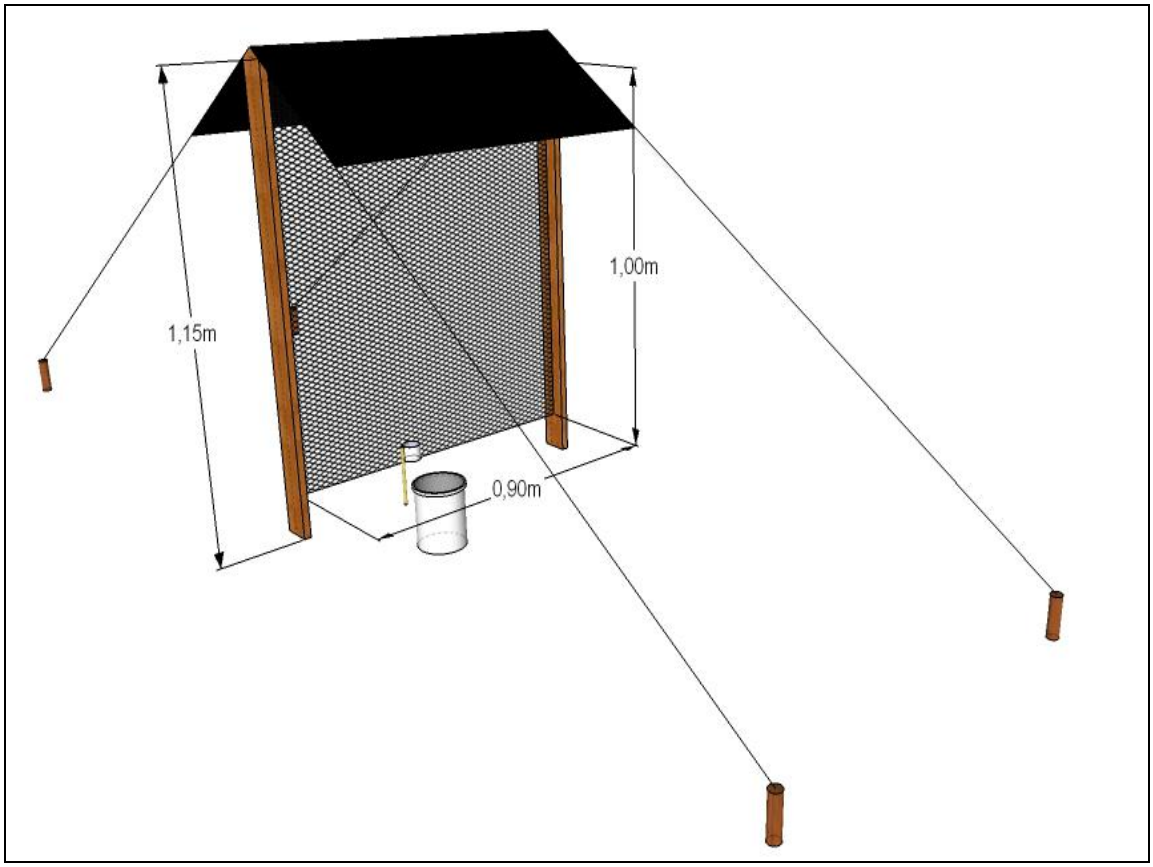
2.2 Coleta de dados

Para avaliarmos os efeitos do corte seletivo de baixo impacto e do tempo transcorrido entre as áreas após a exploração sobre a assembleia de Staphylininae nós amostramos uma área não explorada e 11 áreas com exploração madeireira realizada nos anos de 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006, 2009/2010, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 2017/2018. Em cada área delimitamos cinco transectos, com extensão de 30 m cada, a partir de 100 m (para evitar interferencia do efeito de borda) da margem das estradas de acesso e distantes, aproximadamente, 2 km entre si. Em cada transecto demarcamos quatro pontos de amostragem distantes 10 m entre si, totalizando 20 pontos por área, 240 pontos por estação de coleta e um esforço amostral de 480 armadilhas durante o estudo. Com o objetivo de avaliar as variações na assembleia de Staphylininae entre as estações climáticas do ano nós realizamos duas amostragens, uma no período seco (setembro e outubro de 2018) e outra no período chuvoso (março e abril de 2019).

Para a captura dos insetos nós instalamos uma armadilha de interceptação de voo, com isca, em cada ponto de amostragem. As armadilhas foram feitas com recipientes plásticos com capacidade de 2 litros (largura da boca de 14 cm e altura de 17 cm) enterrados ao nível do solo e com uma tela de interceptação de voo sobre a borda do recipiente. A tela de interceptação de voo, com dimensões de 0,90 × 1 metro, foi construída com tecido do tipo tule fixado em duas estacas de bambu. Para a captura e conservação dos exemplares nas armadilhas nós utilizamos 500 ml de água, contendo 2% de detergente e 25 g de sal. Em cada armadilha foram utilizadas 50 g de isca, constituída de uma mistura de fezes de porco e fezes humanas na

proporção de 9:1 porco:humano (HERNANDÉZ, 2014). As iscas foram acondicionadas em recipiente plásticos suspensos 15 cm acima das armadilhas (FIGURA 2).

Figura 2 - Modelo da armadilha usada para coletar Staphylinidae, nos pontos de amostragem em um local não explorado e 11 locais explorados na Amazônia Central Brasileira.



Fonte: Barreiros (2021)

As armadilhas permaneceram montadas durante sete dias e os indivíduos capturados foram armazenados em álcool 92,8%. Os indivíduos da subfamília Staphylininae foram triados, separados, contabilizados e montados em alfinetes entomológicos. Devido à grande diversidade do grupo e a dificuldade para identificação ao nível de espécie, os exemplares foram separados de acordo com características morfológicas externas e agrupados em morfoespécies (SISSA-DUEÑAS; NAVARRETE-HEREDIA, 2016).

Todos os indivíduos foram identificados, no menor nível taxonômico possível, com o auxílio de chaves dicotômicas (NAVARRETE-HEREDIA, et al., 2002). As identificações foram confirmadas por um especialista no grupo, Dr. Angélico

Fortunato Asenjo Flores. Os espécimes montados foram incorporados na coleção entomológica da Universidade do Estado do Amazonas, Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara (UEA/CESIT).

2.3 Análise de dados

Para calcularmos o volume explorado de madeira nas áreas amostradas utilizamos dados de volume individual de cada árvore abatida, fornecidos pela empresa Mil Madeiras Preciosas. O volume foi calculado em um raio de 100 m ao redor dos transectos, por meio da soma dos volumes individuais. Os cálculos foram feitos no 'software' QGIS (QGIS Development Team, 2018).

Para avaliarmos a existência de autocorrelação espacial nos dados de riqueza, abundância e estrutura da assembleia de Staphylininae, ocasionada pela distribuição dos transectos na área de estudo, nós utilizamos o teste de Mantel (MANTEL, 1967).

A partir dos espécimes obtidos em cada transecto, nós avaliamos se a variável categórica tempo transcorrido entre as áreas após a exploração, com interação entre as variáveis preditoras estação do ano (i.e., seca ou chuva) e o volume de madeira explorado para saber se afetaram a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos de Staphylininae. Para isso nós utilizamos modelos lineares de efeitos mistos, com cada transecto como unidade amostral e, devido à repetição da amostragem em duas estações do ano, a identidade de cada transecto como efeito aleatório. A ponto de atender aos pressupostos de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos os modelos lineares mistos (MLM) foram ajustados com uma transformação (log+1) das variáveis respostas (riqueza e abundância). Para identificarmos o modelo de melhor ajuste usamos a função 'step' do pacote 'lmerTest' a partir do modelo mais completo (com todas as variáveis explicativas) e avaliamos graficamente a homogeneidade da variância e a normalidade da distribuição dos resíduos do modelo de melhor ajuste. Adicionalmente, para verificação da normalidade dos resíduos do modelo de melhor ajuste foi realizado o teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). O efeito de cada variável preditora sobre as variáveis respostas foi avaliado graficamente.

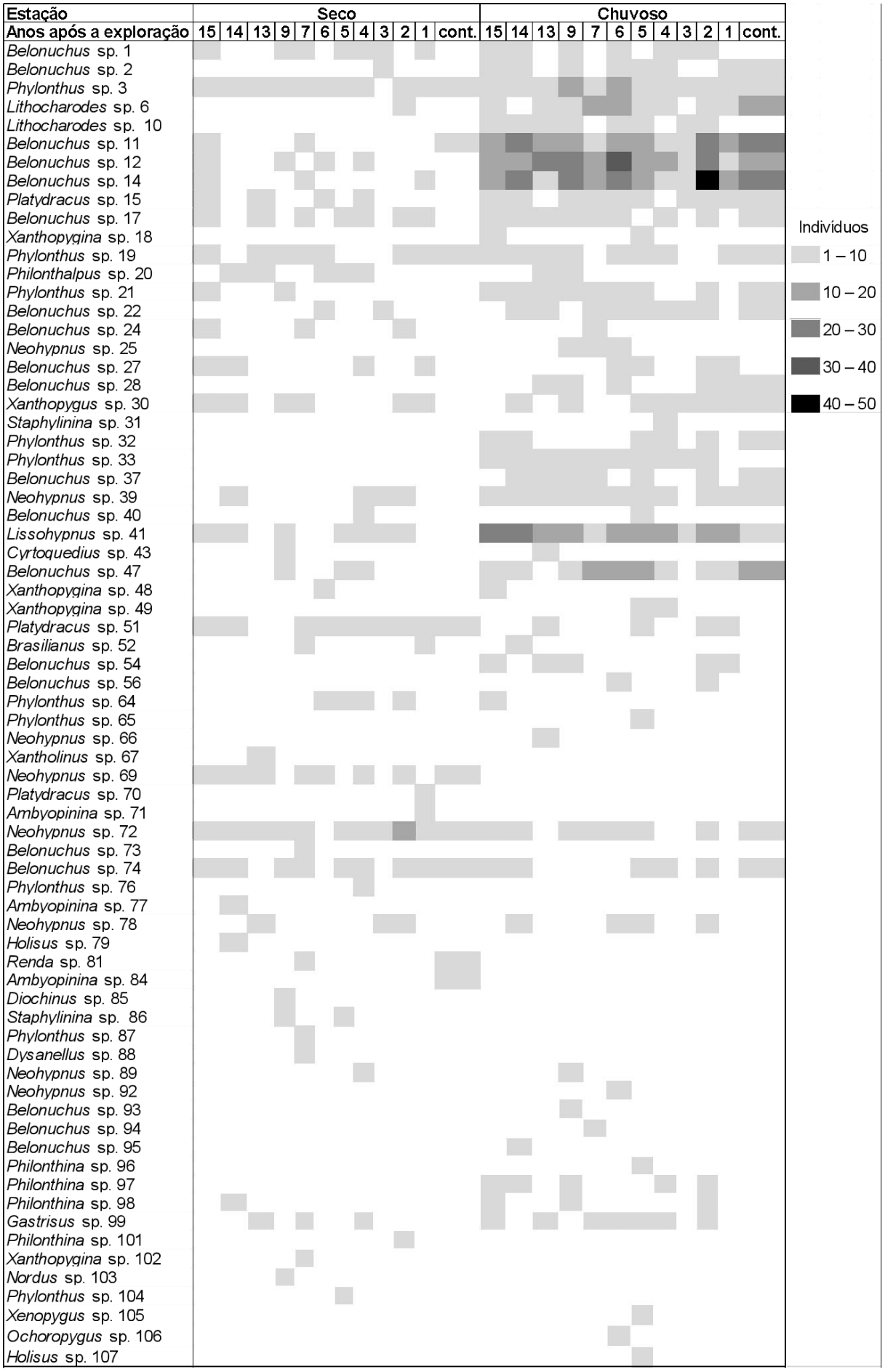
Para avaliarmos as mudanças na estrutura das assembleias de Staphylininae nós usamos uma Análise Permutacional Multivariada de Variância (PERMANOVA)

com 999 permutações (CLARKE, 1993). Para isso nós calculamos uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis (ANDERSON, 2001), com a função ‘vegdist (decostand)’ do pacote ‘vegan’, usando os dados de abundância das morfoespécies por transecto padronizados com o método Hellinger. As variáveis preditoras utilizadas nesta análise foram estação do ano (i.e., seca ou chuva), tempo transcorrido após a exploração e volume de madeira explorado. Todas as análises foram realizadas no programa R (R Core Team, 2019). Para a avaliação visual das diferenças na estrutura da assembleia de Staphylinidae, entre áreas e estações do ano, foi utilizado o primeiro eixo (devido ser biologicamente independente) da Análise de Coordenadas Principais (PCoA - Principal Coordinate Analysis), sobre a matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis.

3. RESULTADOS

Foram capturados 1.707 indivíduos da subfamília Staphylininae, sendo 284 indivíduos no período chuvoso e 1.423 no período seco (Tabela 1). Foram identificadas quatro tribos, 19 gêneros e 71 morfoespécies, sendo *Belonuchus* (20) e *Phylonthus* (10) os gêneros com maiores números de morfoespécies. O número de indivíduos capturados por área variou de 13 (2005-2006) a 38 (2016-2017) durante a estação chuvosa (Tabela 1) e de 27 (2015-2016) a 180 (2012-2013) durante a estação seca (TABELA 1).

Tabela 1 - Abundância de espécies de Staphylininae, nas estações chuvosa e seca, nas 11 áreas exploradas e uma área não explorada na Amazônia Central Brasileira.

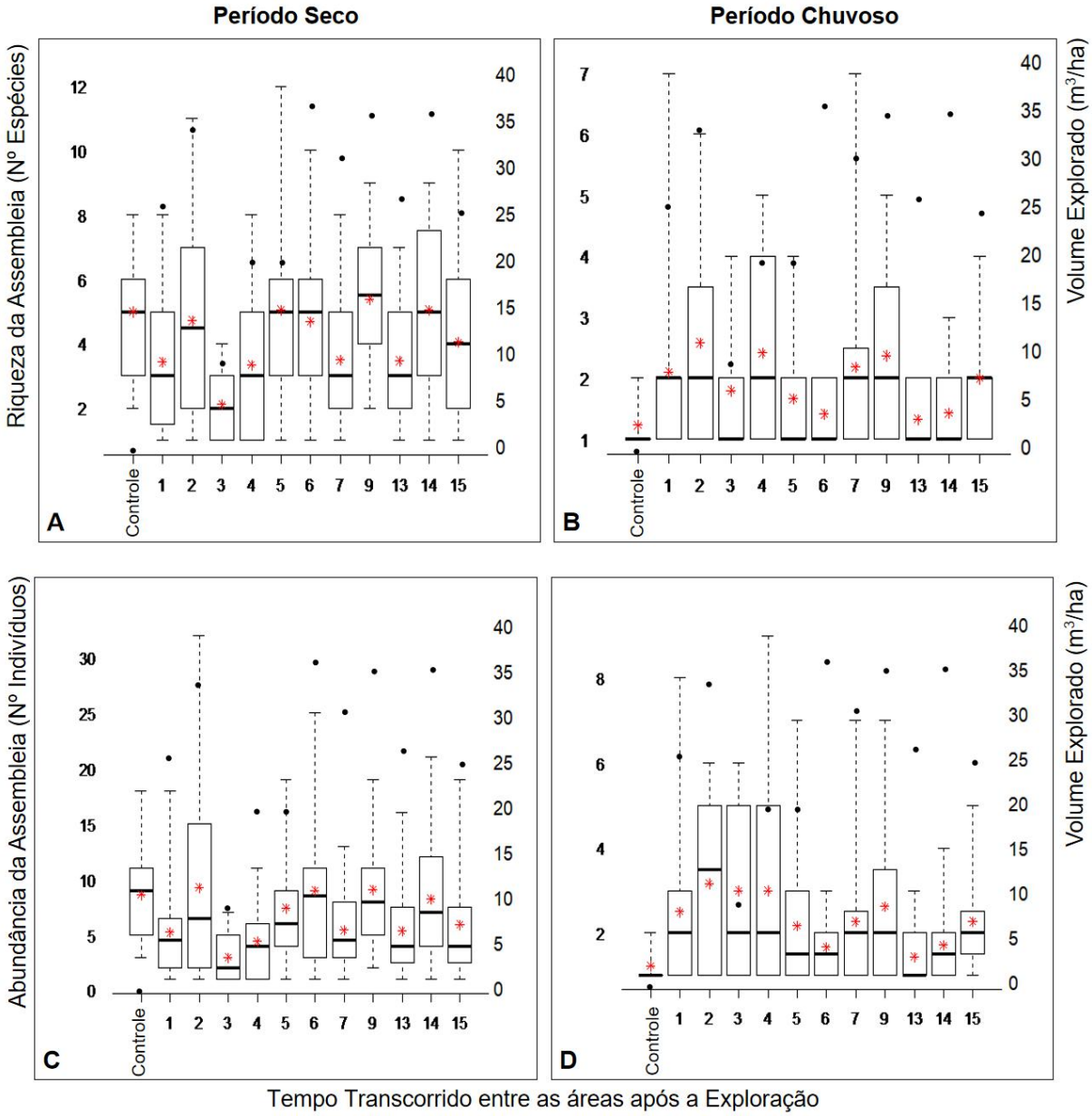

Estação
Seco
Chuvoso
Anos após a exploração
15 14 13 9 7 6 5 4 3 2 1 cont.
15 14 13 9 7 6 5 4 3 2 1 cont.
Belonuchus sp. 1
Belonuchus sp. 2
Phylonthus sp. 3
Lithocharodes sp. 6
Lithocharodes sp. 10
Belonuchus sp. 11
Belonuchus sp. 12
Belonuchus sp. 14
Platydracus sp. 15
Belonuchus sp. 17
Xanthopygina sp. 18
Phylonthus sp. 19
Philonthalpus sp. 20
Phylonthus sp. 21
Belonuchus sp. 22
Belonuchus sp. 24
Neohypnus sp. 25
Belonuchus sp. 27
Belonuchus sp. 28
Xanthopygus sp. 30
Staphylinina sp. 31
Phylonthus sp. 32
Phylonthus sp. 33
Belonuchus sp. 37
Neohypnus sp. 39
Belonuchus sp. 40
Lissohypnus sp. 41
Cyrtoquedius sp. 43
Belonuchus sp. 47
Xanthopygina sp. 48
Xanthopygina sp. 49
Platydracus sp. 51
Brasilianus sp. 52
Belonuchus sp. 54
Belonuchus sp. 56
Phylonthus sp. 64
Phylonthus sp. 65
Neohypnus sp. 66
Xantholinus sp. 67
Neohypnus sp. 69
Platydracus sp. 70
Ambyopinina sp. 71
Neohypnus sp. 72
Belonuchus sp. 73
Belonuchus sp. 74
Phylonthus sp. 76
Ambyopinina sp. 77
Neohypnus sp. 78
Holisus sp. 79
Renda sp. 81
Ambyopinina sp. 84
Diochinus sp. 85
Staphylinina sp. 86
Phylonthus sp. 87
Dysanellus sp. 88
Neohypnus sp. 89
Neohypnus sp. 92
Belonuchus sp. 93
Belonuchus sp. 94
Belonuchus sp. 95
Philonthina sp. 96
Philonthina sp. 97
Philonthina sp. 98
Gastrisus sp. 99
Philonthina sp. 101
Xanthopygina sp. 102
Nordus sp. 103
Phylonthus sp. 104
Xenopygus sp. 105
Ochoropygus sp. 106
Holisus sp. 107
Indivíduos
1 – 10
10 – 20
20 – 30
30 – 40
40 – 50

O teste de Mantel indicou ausência de autocorrelação espacial entre as unidades amostrais para os dados de riqueza (R = 0,07087, *p* = 0,29) e estrutura da assembleia de Staphylininae (R = 9,348e-05, *p* = 0,5). A mesma análise indicou autocorrelação espacial entre as unidades amostrais para os dados de abundância (R = 0,06258, *p* = 0,038). No entanto, a variação observada nos dados de abundância atribuída à autocorrelação espacial foi de apenas 6,26% e, graficamente, imperceptível ao avaliarmos a distribuição dos resíduos dos modelos. Com base nestes resultados utilizamos os dados de riqueza, abundância e estrutura da assembleia de Staphylininae sem adotarmos medidas de controle de autocorrelação espacial.

Os modelos de melhor ajuste encontrados indicam que a interação entre a variável categórica tempo transcorrido entre as áreas após a exploração e a estação do ano afetaram a riqueza (x^2 = 26,2470, p = 0,006) e a abundância (x^2 = 31,7298, p = 0,0008) de Staphylininae. Estes mesmos modelos também indicaram que o volume de madeira explorada afetou a riqueza (x^2 = 5,3749, p = 0,020) e a abundância (x^2 = 6,0732, p = 0,014) deste grupo (FIGURA 3).

Houve aumento na riqueza e abundância de Staphylininae no dois primeiros anos após a exploração madeireira, no entanto, no terceiro ano ocorreu redução na riqueza e na abundância de Staphylininae. Do quarto ano em diante é observado um aumento da riqueza (FIGURA 3 A) e da abundância (FIGURA 3 D), chegando a níveis similares ao controle no sexto ano após a exploração. Do sexto ano em diante foram observadas pequenas oscilações na riqueza (FIGURA 3 A-B) e na abundância (FIGURA 3 C-D) ao redor de valores muito próximos aos da área não explorada. As variações observadas no número de espécies e de indivíduos ao longo do tempo transcorrido entre as áreas após a exploração é mais intensa durante a estação seca (FIGURA 3 A-C) do que durante a estação chuvosa (FIGURA 3 B-D). Ainda, houve aumento no número de espécies (FIGURA 3 A-B) e de indivíduos (FIGURA 3 C-D) com o aumento na intensidade de exploração na área de estudo.

Figura 3 - Boxplot (mediana e quartis) da riqueza de espécies (A,B) e número de indivíduos (C, D), nos períodos chuvoso (A, C) e seco (B, D). Os asterísticos vermelhos indicam as médias e a intensidade do registro é indicada pelos círculos pretos.

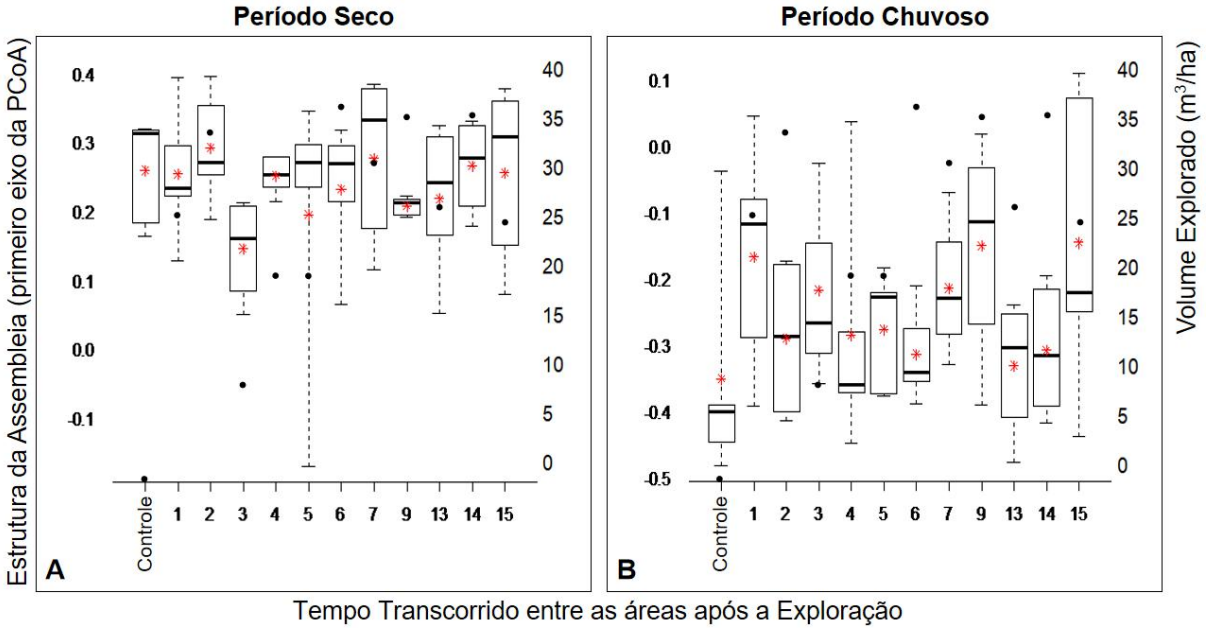


Fonte: A autora (2020)

A Análise Permutacional Multivariada de Variância (PERMANOVA) mostrou que a estação do ano (DF = 1, F = 28,1842, r^2 = 0,19091, *p* = 0001) e o tempo transcorrido entre as áreas após a exploração (DF = 11, F = 1,5197, r^2 = 0,11324, *p* = 0,004) afetaram a estrutura da assembleia de Staphylininae. Não houve efeito do volume explorado de madeira (DF = 1, F = 1,4596, r^2 = 0,00989, *p* = 0,125) sobre a estrutura da assembleia de Staphylininae na área em estudo. Houve variação perceptível na estrutura da assembleia de Staphylininae, durante a estação chuvosa, principalmente entre áreas não explorada (controle) e áreas exploradas (FIGURA 4 A). Os dados mostram alterações na estrutura da assembleia de Staphylininae, na

estação seca, em todas as áreas exploradas quando comparadas a área não explorada (FIGURA 4 B).

Figura 4 - Boxplot (mediana e quartis) do primeiro eixo da PCoA representando a estrutura da assembleia de Staphylininae em um local não explorado e 11 áreas registradas durante os períodos chuvoso (A) e seco (B). A s médias são mostradas com um asterístico vermelho e a intensidade do registro com um círculo preto.



Fonte: A autora (2020)

4. DISCUSSÃO

Os impactos na biodiversidade ocasionada pelo manejo das florestas estão relacionados a intensidade de exploração (MAYOR, 2015). Da mesma forma, as assembleias de Staphylinidae também são afetadas pelo volume de madeira extraído (KLIMASZEWSKI, et al., 2005) e pela fase de sucessão da floresta (EVANS, et al. 2019). Houve aumento na riqueza e na abundância de Staphylininae com o aumento na intensidade de volume explorado de madeira na área de estudo. Este aumento pode ser explicado pela colonização das áreas exploradas por espécies de habitat aberto (NIEMELA, et al., 1997). Assim, especialistas florestais podem permanecer na área, enquanto a riqueza aumenta devido à presença dessas espécies generalistas (CERULLO, et al., 2019). Assim, um aumento na heterogeneidade do habitat após a exploração pode explicar esta tendência (BITENCOURT, et al., 2019). O ambiente explorado, constituído por um mosaico de áreas mais e menos alteradas (BICKNELL, et al., 2014), tem um aumento da heterogeneidade que contribui para que haja maior diversificação de microhabitats no ambiente florestal (POHL, et al., 2007).

Nós detectamos, também, uma redução na riqueza e abundância de Staphylininae quando a intensidade de exploração chegou em 35,95 m³/ha, sendo esta a maior intensidade de exploração registrada em nosso trabalho. Isto sugere que a riqueza e abundância de Staphylininae pode ser favorecida pelo aumento da intensidade de exploração até certo limite, onde a alteração da vegetação gera aumento da heterogeneidade na floresta explorada (JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, et al. 2013) em vez de reduzi-la. Florestas com alta intensidade de exploração apresentam variação significativa na riqueza, com redução no número de espécies de besouros (SLADE, et al., 2011). Com a alteração do habitat existem substituições de espécies sensíveis a alterações por espécies tolerantes a essas mudanças (KLIMASZEWSKI, et al., 2009). Esta substituição, no entanto, pode ser afetada pela intensidade de exploração e pela conectividade entre áreas alteradas e não alteradas, ocorrendo rápida recolonização e menor perda de espécies em ambientes com baixa intensidade e maior conectividade (DE ÁVILA, et al., 2017). Este padrão de recuperação das assembleias segue o padrão de recuperação do estoque de madeira, onde intensidades de corte baixas a médias favorecem seu restabelecimento, enquanto altas intensidades de exploração possuem impacto negativo (SLADE, et al., 2011).

O tempo transcorrido entre as áreas após a exploração florestal apresentou relação com a abundância e riqueza de Staphylininae. Nossos dados indicam um aumento no número de indivíduos e espécies nos dois primeiros anos, seguido por uma redução na riqueza e abundância de Staphylininae no terceiro ano após a exploração madeireira. Enquanto do quarto ao sexto ano após a exploração há um aumento da riqueza e abundância, seguida de uma estabilização do sexto ano em diante. Este padrão pode ser associado à intensidade das alterações no ambiente, que é maior nos primeiros anos após a exploração (POHL, et al., 2007). Estas alterações no ambiente florestal modificam fatores bióticos e abióticos (JACTEL, et al., 2009), fazendo com que espécies de ambientes conservados sejam prejudicadas (MÁSIS; MARQUIS, 2009). Assim, a assembleia sofre alterações, com redução no número de indivíduos e de espécies logo após a exploração (HOWDEN; NEALIS, 1975).

Após o crescimento de espécies de plantas pioneiras e as mudanças nos fatores bióticos que acompanham o processo de sucessão, ocorre a colonização ou recolonização das áreas exploradas por espécies que desapareceram em um primeiro momento (RANIO; NIEMELA, 2003). Ainda, algumas espécies tolerantes as alterações ambientais colonizam as áreas exploradas e permanecem nessas áreas durante o início do processo de sucessão. Isso faz com que, após um período inicial de redução, a riqueza e a abundância aumentem novamente (POHL, et al., 2007). Após seis anos a riqueza e a abundância de Staphylininae apresentam pequenas oscilações ao redor de valores muito próximos aos da área não explorada.

Nossos resultados mostram mudanças na assembleia de Staphylininae entre estação seca e chuvosa, com aumento no número de indivíduos e de espécies na estação seca e mudanças na estrutura da assembleia entre as estações. As variações sazonais nas assembleias de Staphylininae são geralmente grandes em florestas tropicais, com picos de abundância e diversidade no verão (POHL, et al., 2008).

Os fatores abióticos e a sazonalidade do ambiente podem influenciar a riqueza, abundância e estrutura de insetos, influenciando diretamente em seu ciclo de vida como crescimento, dispersão e reprodução (WOLDA, 1988). As diferenças observadas entre as estações do ano podem ser atribuídas à maior produção de matéria orgânica (i.e., queda de folhas) no período seco, gerada pelo estresse hídrico (COSTA, et al., 2019). Os Staphylininae possuem alta afinidade com a matéria

orgânica em decomposição no solo da floresta (RODRIGUEZ, et al., 2018). A temperatura possui geralmente efeito positivo na riqueza de espécie, sendo previsto que quanto mais energia está disponível, mais espécies são suportadas no ambiente (WRIGHT, 1983), existindo maior biodiversidade em alta temperatura (GILLOLY; ALLEN, 2007). Com isso a riqueza, abundância e estrutura estão diretamente relacionadas com a diversidade do ambiente e a disponibilidade de recursos (MENÉNDEZ, et al., 2007).

As práticas atuais de corte seletivo de baixo impacto modificam a composição das comunidades de besouros, principalmente ao favorecer espécies generalistas e de habitat aberto (LANGE, et al., 2014). No entanto, a intensidade da exploração madeireira pode desempenhar um papel importante na determinação da intensidade dos impactos (FRANÇA, et al., 2017). As áreas amostradas em nosso estudo apresentaram intensidade de exploração média de 24,58 m³/ha, próximo ao limiar inferior de volume explorado de madeira encontrado para florestas tropicais (19 a 53 m³/ha) (DE ÁVILA, et al., 2017).

A estrutura da assembleia de Staphylininae foi influenciada pela estação seca, indicando maior valor de conservação em períodos mais quentes (LACHAT, et al., 2012). A estrutura também apresentou significância quanto ao tempo transcorrido entre as áreas após a exploração florestal, mostrando que a assembleia de Staphylininae é específica para cada ecossistema e sensível às mudanças antropogênicas, tendo a necessidade de monitoramento ecológico para avaliar a eficácia do corte seletivo de baixo impacto (CAJAIBA, et al., 2017).

Nosso estudo mostrou que o corte seletivo de baixo impacto causou impacto na assembleia de Staphylininae, reduzindo a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos. Foi observada uma alteração na assembleia de Staphylininae de acordo com a estação do ano, com diminuição durante o período chuvoso e aumento no período seco. Outra mudança observada foi a intensidade de exploração, com maior intensidade até o terceiro ano após o corte seletivo de baixo impacto. Com o passar do tempo após a exploração (do quarto ao sexto ano) a riqueza e a abundância apresentaram oscilações no decorrer dos anos com tendência a estabilização próxima a área não explorada. Nossos resultados apontam que a área está em fase de recuperação e a assembleia de Staphylininae é eficiente para detectar impacto ambiental ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHAT, D. L.; DELEUZE, C.; LANDMANN, G.; POUSSE, N.; RANJER, J.; AUGUSTO, L. Quantifying consequenses of removing harvesting residues on forest soils and tree growth: A meta-analysis. **Forest Ecology and Management.** 2015 (348): 124–141. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.042

AHN, K-J.; CHO, Y-B.; KIM, Y-H.; YOO, I-S.; NEWTON, A. F. Checklist of the Staphylinidae (Coleoptera) in Korea. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity.** 2017 (xxx): 1-58. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.japb.2017.06.006

ANDERSON, J. M. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**. 2001 (26): 32-46. DOI: 10.1111/j.1442-9993.2001.tb00081.x

ASENJO, A.; IRMLER, U.; KLIMASZEWSKI, J.; HERMAN, L. H.; CHANDLER, D. S. A complete checklist with new records and geographical distribuition of the rove beetles (Coleoptera, Staphylinidae) of Brazil. Insecta Mundi. **A Journal of Wold Insect Systematics**. 2013 (0277): 1-419.

ARRUDA, D.; FONSECA; R.; CANDIDO, H. G. Amazon fifires threaten Brazil's agribusiness. **Science.** 2019 (365): 1387. DOI: 10.1126 / science.aaz2198

BALOG, A.; MARKÓ, V. Studies on Beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in Hungarian Orchards Ecosystems. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Reserarch.** 2006 (14): 149-159.

BARALOTO, C.; HE'RAULT, B.; PAINE, T.; MASSOT, H.; BLANC, L.; BONAL, D.; FRANC, J.; NICOLINI, E. A.; Sabatier, D. Contrasting taxonomic and funcional responses of a tropical tree community to selective logging. **Journal of Applied Ecology.** 2012 (49): 861- 870. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02164.x

BETZ, O.; IRMLER, U.; KLIMASZEWSKI, J. Biology of Rove Beetles (Staphylinidae). Live History, Evolution, Ecology and Distribuition. **Springer International Publishing.** 2018 (VI): 351. ISBN 978-3-319-70257-5 (eBook). DOI: 10.1007 / 978-3-319-70257-5

BICKNELL, J. E.; PHELPS, S. P.; DAVIES, R. G.; MANN, D. J.; STRUEBIGA, M. J.; DAVIES, Z. G. Dung beetles as indicators for rapid impact assessments: Evaluating best practice forestry in the neotropics. **Ecological Indicators.** 2014 (43): 154-161. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.030

BITENCOURT, B. S.; DIMAS, T. M.; SILVA, P. G.; MORATO, E. F. Forest complexity drives dung beetle assemblages along an edge‐interior gradient in the southwest Amazon rainforest. **Ecological Entomology.** 2019 (45): 259-268. DOI: https://doi.org/10.1111/een.12795

BODEGOM, V. A. J.; GRAAF, N.R. Sistema CELOS de manejo. Manual Preliminar. **Werkdocument IKC Natuurbeheer.** Wageningen, The Netherlands. 1994 (58): 1-64.

BOHAC, J.; RUZICKA, V. Bioindicatores Deteriorizationis Regionis II. Proceeding of the 5TH International Conference. **Ceske Budejovice** 1989 (VTH): 319-321.

BROWN, N. The implications of climate and gap microclimate for seedling growth conditions in a Bornean lowland rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 1993 (9): 153-168. DOI: 10.1017 / S0266467400007136

CAJAIBA,R. L.; PÉRICO, E.; CARON, E.; DALZOCHIO, M. S.; SILVA, W. B.; SANTOS, M. Are disturbance gradients in neotropical ecosystems detected using rove beetles? A case study in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management.** 2017 (405): 319-327. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.058

CAMBI, M.; CERTINI, G.; NERI, F.; MARCHI, E. The impact of heavy traffic on forest soils: A review. **Forest Ecology and Management.** 2015 (338) 124–138. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.022

CAMBI. M.; HOSHIKA, Y. ; MARIOTTI, B.; PAOLETT, E.; PICCHIO, R.; VENANZI, R.; MARCHI, E. Compaction by a forest machine affects soil quality and Quercus robur L. seedling performance in an experimental field. **Forest Ecology and Management.** 2016 (xxx) xxx–xxx. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.045

CARRERO, G. C.; FEARNSIDE P. M. Forest clearing dynamics and the expansion of landholdings in Apuí, a deforestation hotspot on Brazil's Transamazon Highway. **Ecology and Society.** 2011 (2): 1-26. DOI: 10.5751 / ES-04105-160226

CERULLO, G.R.; EDWARDS, F.A; MILLS, S.C.; EDWARDS, D.P. Tropical forest subjected to intensive post-logging silviculture maintains functionally diverse dung beetle communities. **Forest Ecology and Management.** 2019 (444):318-326. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.04.025

ÇIFTÇI, D; HASBENLI, A. Diversity Analysis of the Subfamilies Steninae, Staphylininae and Paederinae (Coleoptera: Staphylinidae) in Different Habitats of the Sündiken Mountains, Turkey. **Acta zool. bulg.** 2018 (3): 319-329.

CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology.** 1993 (18): 117-143.

CORLETT, R. T.; PRIMACK, R. B. Tropical Rainforest Conservation: A Global Perspective. Erica Schwarz CARSON: "**carson_c026**". 2008 (442): 15-51.

COSTA, O. B.; MATRICARDI, E. A. T.; PEDLOWSKI, M. A.; MIGUEL, E. P.; GASPAR, R. O. Selective Logging Detection in the Brazilian Amazon. **Forest Management.** 2019 (2): 1-10. DOI: https://doi.org/10.1590/2179-8087.063417

DE AVILA, A. L.; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A. R.; LOPES, J. C.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; DORMANN, C. F.; MAZZEI, L.; SOARES, M. H. M.; BAUHUS, J. Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30 years following logging and thinning in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management.** 2017, v. 385, p. 225–235, 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.039

EGUIGUREN, P.; FISCHER, R.; GÜNTER S. Degradation of Ecosystem Services and Deforestation in Landscapes With and Without Incentive-Based Forest Conservation in the Ecuadorian Amazon. **Forests**. 2019 (442): 1-26. DOI: 10.3390/f10050442

EVANS, M. J.; CUNNINGHAM, S. A.; GIBB, H.; MANNING, A.D.; BARTON, P. S. Beetle ecological indicators – A comparison of cost vs reward to understand functional changes in response to restoration actions. **Ecological Indicators.** 2019 (104) 209–218. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.05.005

FRANÇA, F. M.; FRAZÃO, F. S.; KORASAKI, V.; LOUZADA, J.; BARLOW, J. Identifying thresholds of logging intensity on dung beetle communities to improve the sustainable management of Amazonian tropical forests. **Biological Conservation.** 2017 (216) 115–122. http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2017.10.014

GARDNER ,T. A.;HERNÁNDEZ, M. I. M.; BARLOW, J.; PERES C. A. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**. 2008 (45): 883-893. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2008.01454.x

GILLOOLY, J. F., ALLEN, A. P. Linking global patterns in biodiversity to evolutionary dynamics using metabolic theory. **Ecology**. 2007 (88): 1890–1894. DOI: 10.1890/06-1935.1

GRAAF, N. R. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rainforest in Suriname.Wageningen: **Agricultural University.** 1986. ISBN 90-9001239-7

GRAAF, N.R.; ROMPAEY, R. S. A. R. The Celos Experiments on Silvicuture with natural regenation in Suriname. Paper on a case study for the Workshop on the Management and Conservation of the Tropical Moist Forest Ecosystem, held in Cayenne, **French Guiana**, in March 1990.

GUY, M. R. New frontiers in agricultural geography: transformations, food security, land grabs and climate. Nuevas fronteras en la geografia agraria: transformaciones, seguridad alimentaria, apropiación de tierras y cambio climático. School of Social Sciences University of Adelaide (Australia). **Boletín de la Asociacion de Geografos Espanoles** 2018 (78): 1–48. DOI: http://dx.doi.org/10.21138/bage.2710

HANEWINKEL, M.; FRUTIG, F.; LEMM, R. Economic performance of uneven-aged forests analysed with annuities. **Forestry**. 2013 (87): 49 –60. DOI: 10.1093/forestry/cpt043

HERMAN, L. H. Catalog of the Staphylinidae (Insecta: Coleoptera).1758 To the end of the second millennium. VI Staphylinidae Group (Parte 3) Staphylininae: Staphylinini (Quediina, Staphylinina, Tangynathinina, Xanthopygina), Xantholinini. **Bulletin of the American Museum of Natural History.** 2001(265): 1–650.

HERNÁNDEZ, M. I. M.; BARRETO, P. S. C. S.; COSTA, V. H.; CREÃO-DUARTE, A. J.; FAVILA, M. E. Response of a dung beetle assemblage along a reforestation gradient in Restinga forest. **Journal of Insect Conservation**, 2014 (18):539–546. DOI: 10.1007/s10841-014-9645-5

HOWDEN, H. F.; NEALIS, V. G. Effects of Clearing in a Tropical Rain Forest on the Composition of the Coprophagous Scarab Beetle Fauna (Coleoptera). **Biotropica.** 1975 (7): 77-83. DOI: 10.2307 / 2989750

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. **Série manuais Técnicos de Geociências.** Rio de Janeiro 2017.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia disponível em: http://www.inmet.gov.br

JACTEL, H.; NICOLL, B. C.; BRANCO, JOSÉ RAMON GONZALEZ-OLABARRIA, M.; GRODZKI, W.; LÅNGSTRÖM, B.; MOREIRA, F.; NETHERER, S.; ORAZIO, C.; PIOU, D.; SANTOS, H.; SCHELHAAS, M. J.; TOJIC, K.; VODDE, F. **The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. Ann. For. Sci.** 2009 (66): 701. DOI: https://doi.org/10.1051/forest/2009054

JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, E.; QUEZADA-GARCÍA, R.; PADILLA-RAMÍREZ, J. Diversidad de escarabajos necrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae y Trogidae) en una región semiárida del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Revista Biología Tropical. 2013 (61): 1475-1491.

JUÁREZ-OROZCO, S. M.; SIEBE, C.; FERNÁNDEZ, D. F. Causes ande Efferts of Forest Fires in Tropical Rainforests: A Bibliometric Approach. **Tropical Conservation Science.** 2017 (10): 1–14. DOI: 10.1177 / 1940082917737207

KANKEU, R. S.; SONWA, D. J.; ATYI1, R. E; NKAL, M. N. M. Quantifying post logging biomass loss using satellite images and ground measurements in Southeast Cameroon. J. **For. Res.** 2016 (27): 1415-1426. DOI: https://doi.org/10.1007/s11676-016-0277-3

KLIMASZEWSKI J, SWEENEY J, PRICE J, PELLETIER G. Rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in red spruce stands, eastern Canada: diversity, abundance, and descriptions of new species. **Can Entomol.** 2005 (137): DOI: 1–48. https://doi.org/10.4039/n03-123

KLIMASZEWSKI, J.; LANGOR, D. W. Rove Beetles (Staphylinidae) in Canadian Forests and Their Value as Indicators of Changing Environmental Conditions. **Can. Entomol.** 2009 (137):1–48. DOI: 10.4039 / n07-LS03

KUMARASWAMY, S.; MENDHAM, D. S.; GROVE, T. S.; O'CONNEL, A. M.; SANKARAN, K. V.; RANCE, S. J. Harvest residue effects on soil organix matter, nutrientes and microbial biomass in eucalypt plantations in Kerala, India. **Forest Ecology and Management.** 2014 (328): 140–149. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.021

LANGE, M.; TÜRKE, M.;PASALIC, E.; BOCH, S.; HESSENMÖLLER, D.; MÜLLER, J.; PRATI, D.; SOCHER, S. A.; FISCHER, M.; WEISSER, W. W.; GOSSNER, M.M. Effects of forest management on ground-dwelling beetles (Coleoptera; Carabidae, Staphylinidae) in Central Europe are mainly mediated by changes in forest structure. **Forest Ecology and Management.** 2014 (329): 166-176. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.012

LACHAT, T.; WERMELINGER, B.; MARTIN, M. G.; HEINZ, B.; GUNNAR, I.; JÖRG, M. SAPROXYLIC beetles as indicator species for dead-wood amount and temperature in European beech forests Thibault. **Ecological Indicators**. 2012 (23) 323–331. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.013

LAUFER, J.; MICHALSKI, F.; PERES C. A. Effects of reduced-impact logging on medium and large-bodied forest vertebrates in eastern Amazonia. **Biota Neotropica.** 2015 (15): e20140131. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1676-06032015013114

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research.** 1967. 27: 209– 220.

MARTÍN-GARCÍAL, J. DIEZ, J. J. Sustainable Forest Management: An Introduction and Overview. **Sustainable Forest Management - Cuurent Reserarch**. 2012 (1) 3-6. DOI: https://www.researchgate.net/publication/230710275

MASÍS, A.; A.; MARQUIS, R. J. Effects of even-aged and uneven-aged timber management on dung beetle community attributes in a Missouri Ozark forest. **Forest Ecology and Management**. 2009 (257): 536–545. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.09.036.

MATRICARDI, A. T. E.; DAVID, L. S.; PEDLOWSKI, A. CHOMENTOWSKI, W.; FERNANDES, L. C. Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using Landsat imagery. Remote Sensing of Environment. **Science Direct.** 2010 (114): 1117–1129. DOI: 10.1016/j.rse.2010.01.001

MAYOR, S. J.; CAHILL, J. F. JR; HE, F.; BOUTIN, S. Scaling Disturbance Instead of Richness to Better Understand Anthropogenic Impacts on Biodiversity. **PLoS ONE**. 2015 (5): 10-e0125579. DOI: 10.1371/journal.pone.0125579

MENÉNDEZ, R.; GONZALEZ-MEGIAS, A.; COLLINGHAM, Y.; FOX, R.; ROY, D. B.; OHLEMULLER, R.; THOMAS, C. D. Direct and indirect effects of climate and habitat factors on butterfly diversity. **Ecology.** 2007 (88): 605–611. DOI: https://doi.org/10.1890/06-0539

NASA - Nation Aeronautics and Space Administration. Tropical Deforestation. The Earth Science Enterprise Series. **These articles discuss Earth's many dynamic processes and theis interactions**. 1998 (301) 286-8955.

NAVARRETE-HEREDIA, J. L. NEWTON, A. F.; THAYER, M. K.; ASHE, J. S.; CHANDLER, D. S. Guía Ilustrada para los Géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. **Universidade de Guadalajara, Canabio, México**. 2002. ISBN 970-27-0180-5

NICHOLSA, E.; LARSENB, T.; SPECTORA, S.; DAVISE, AL.; ESCOBARC, F.; FAVILAD, M.; VULINECE, K. Global dung beetle response to tropical forest modifification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis **Revista Conservação Biológica.** 2007 (138): 1 – 1 9. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.023

NIEMELA, J. Invertebrates and Boreal Forest Management. **Conservation Biology**.1997 (11): 601-610.

PENÃ-CLAROS, M. ; PETERS, E.M. JUSTINIANO, M.J. BONGERS, F.; BLATE, G. M. FREDERICKSEN, T.S.; PUTZ, F.E. . Regeneration of commercial tree species following silvicultural treatments in a moist tropical forest. **Forest Ecology and Management.** 2008 (255) 1283–1293. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.10.033

PENNINGTON, . T.; HUGHES, M.; MOONLIGHT, P. W. The Origins of Tropical Rainforest Hyperdiversity. **Trends in Plant Science**. 2015 (20): 693-695. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.10.005

POHL, G. R.; LONGARA, D. W.; SPENCE, J. R. Rove beetles and grounp beetles (Coleoptera: Staphylinidae, Carabidae) as indicators of harvest and regeneration practices in western Canadian foothills forest. ScienceDirect. **Biological Conservations**. 2007 (137): 294 – 307. DOI:10.1016/j.biocon.2007.02.011

POHL, G.; LANGOR, D.; KLIMASZEWSKI, J.; WORK, T.; PAQUIM, P. Rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in northern Nearctic forests. **Entomological Society of Canadá**. 2008 (140): 415-436. DOI: 10.4039 / n07-LS03

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.

RAINIO, J.; NIEMELA, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as Bioindicators. **Biodiversity and Conservation.** 2003 (12): 487–506.

R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

RODRIGUÉZ, W. D.; NAVARRETE-HEREDIA, J. L.; KLIMASZEWSKI, J. Rove beetles collected with carrion traps (Coleoptera: Staphylinidae) in Quercus forest of Cerro de García, Jalisco and Quercus, Quercus-pine, and pine forests in other jurisdictions of Mexico. **Zootaxa**. 2018 (4433): 457–477. DOI: https://doi.org/10.11646/zootaxa.4433.3.4

ROGERS, P. Disturbance Ecology and Forest Mnagement: a Review of the Literature. Unitates Department of Agriculture. **Forest Service Intermountatin Research Station General Technical Report**. 1996.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**. 1965 (52): 591-611.

SILVA, P. H.; GOMIDE, L. R.; FIGUEIREDO, E. O.; CARVALHO, L. M. T.; FERRAZ FILHO, A. C. Optimal selective logging regime and log landing location models: a case study in the Amazon forest. **Acta Amazonica**. 2018 (48): 18-27. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-4392201603113

SISSA-DUEÑAS, Y. P.; NAVARRETE-HEREDIA, J. L. Composición y estrustura de estafilinídios (Coleoptera: Staphylinidae) en dos localidades de Santa María (Boyacá, Colombia). **Revista Colombiana de Entomologia.** 2016 (42): 59-68.

SLADE, E. M.; MANN, D. J.; LEWIS, O. T. Biodiversity and ecosystem function of tropical forest dung beetles under contrasting logging regimes. **Ecological Conservation.** 2011 (144): 166-174. DOI:10.1016/j.biocon.2010.08.011

THOMAS, S. C.; BALTZER, L. J. Tropical Forests. University of Toronto. Encyclopedia of Life Sciences/Macmillan Publishers Ltd, **Nature Publishing Group.** 2002: 1-8.

VILLEGAS, Z.; PENÃ-CLAROS, M.; MOSTACEDO, B.; ALARCÓN, A.; LICONA, J.C.; LEANÕ C.; PARIONA, W.; CHOQUE, U. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management.** 2009 (258): 971–977. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.10.031

WEBSTER, R. P.; SMETANA, A.; SWEENEY, J. D.; DEMERCHANT, I. New Staphylinidae (Coleoptera) records with new collection data from New Brunswick and an addition to the fauna of Quebec: Staphylininae. **ZooKeys.** 2012 (186): 293–348. DOI: 10.3897/zookeys.186.2469

WOLDA, H. Insect seansonality: Why? **Annual Review of Ecology and Systematic,** 1988 (19): 1-18. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.es.19.110188.000245

WRIGHT, D.H. Species-energy theory – an extension of species-area theory. **Oikos.** 1983 (41): 496–506. DOI: 10.2307/3544109

2. CAPÍTULO II

EFEITOS DO CORTE SELETIVO DE BAIXO IMPACTO SOBRE A ASSEMBLEIA DE PAEDERINAE (COLEOPTERA: INSECTA: STAPHYLINIDAE) EM UMA FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

RESUMO

As florestas tropicais são fonte de recursos naturais renováveis e não renováveis e abrigam mais da metade de todas as espécies do planeta. No entanto, estas florestas estão entre os biomas mais ameaçados. A exploração madeireira, apesar do planejamento e práticas de redução de impactos, têm efeito direto sobre o ecossistema florestal, alterando o ambiente e a composição de espécies da floresta. Estas alterações permitem que grupos animais sejam utilizados para avaliar os impactos da exploração madeireira. Dentre estes grupos animais estão aqueles associados ao solo e a serapilheira, como a subfamília Paederinae (Insecta: Coleoptera: Staphylinidae). Assim, este trabalho teve como objetivos avaliar os impactos do corte seletivo de baixo impacto sobre a assembleia de Paederinae. Para isso avaliamos o efeito do tempo transcorrido entre as áreas após a exploração madeireira, da estação do ano e do volume de madeira explorado sobre a riqueza, abundância e estrutura da assembleia de Paederinae. Amostramos 11 áreas exploradas e uma área não explorada utilizando 240 armadilhas de interceptação de voo. Nós capturamos 2.856 indivíduos, divididos em 2 subtribos, 7 gêneros e 27 morfoespécies. A riqueza de espécies foi influenciada pela estação do ano, tempo transcorrido entre as áreas após a exploração e volume de madeira explorada. A abundância e a estrutura da assembleia de Paederinae mostraram relação com a estação do ano e o tempo transcorrido entre as áreas após o manejo. Capturamos mais indivíduos e espécies no período seco e houve variação na estrutura da assembleia entre as áreas de coleta dos dados. As áreas mostraram redução no número de indivíduos e espécies até o quarto ano, após este período, no sexto ano, foram encontrados valores similares a área controle. Durante o período seco a riqueza variou de acordo com a intensidade de exploração, o que não foi observado durante o período chuvoso. Concluímos que os impactos à assembleia de Paederinae na área de estudo não são permanentes e que as alterações ocasionadas pela exploração madeireira foram reversíveis após um curto período de tempo (quatro anos).

Palavras-chave: Floresta tropica. Corte seletivo de baixo impacto. Paederinae

ABSTRACT

Tropical forests are a source of renewable and non-renewable natural resources and are home to more than half of all species on the planet. However, these forests are among the most threatened biomes. Logging, despite planning and impact reduction practices, has a direct effect on the forest ecosystem, altering the environment and the composition of forest species. These changes allow animal groups to be used to assess the impacts of logging. Among these animal groups are those associated with soil and litter, such as the subfamily Paederinae (Insecta: Coleoptera: Staphylinidae). Thus, this study aimed to evaluate the impacts of sustainable forest management on the Paederinae assemblage. For this, we evaluated the effect of the time elapsed between the areas after logging, the season, and the volume of wood explored on species richness, abundance, and structure of the Paederinae assemblage. We sampled 11 explored areas and an unexplored area using 240 flight interception traps. We captured 2,856 individuals, divided into 2 subtribes, 7 genera, and 27 morphospecies. Species richness was influenced by the season, time elapsed between the areas after exploration and volume of wood explored. The abundance and structure of the Paederinae assemblage showed a relationship with the season and the time elapsed between the areas after management. We captured more individuals and species in the dry period and there was variation in the structure of the assemblage between the data collection areas. The areas showed a reduction in the number of individuals and species up to the fourth year, after this period, in the sixth year, values similar to the control area were found. During the dry period, species richness varied according to the intensity of exploration, which was not observed during the rainy season. We conclude that the impacts on the Paederinae assemblage in the study area are not permanent and that the changes caused by logging were reversible after a short period of time (four years).

Keywords: Rainforest. Forest Management. Paederinae

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais ocupam 7% da superfície da terra e abrigam mais da metade de todas as espécies do planeta (THOMAS; BALTZER, 2002). Essas florestas são responsáveis pelo armazenamento do carbono global (BEER, et al., 2010), pela mitigação das mudanças climáticas e são uma grande fonte de recursos naturais renováveis e não renováveis (CHOWDHURY, et al., 2014). Apesar da importância das florestas tropicais para a conservação da biodiversidade, as mudanças no uso da terra e a exploração dos recursos naturais são uma ameaça constante a estes ecossistemas (GIBSON, et al., 2011).

Um dos fatores de degradação do ambiente florestal, que precede o uso da terra para outras finalidades (e.g., agricultura), é a exploração madeireira (NAVARRETE, et al., 2016). Esta exploração, no entanto, pode seguir práticas de uso racional dos recursos madeireiros e de redução dos impactos ao ecossistema (MOHEBALIAN; AGUILAR,2018). Por meio do planejamento da abertura de estradas (GRAAF; ELDIK, 2011), da seleção de árvores a serem abatidas, do direcionamento da queda durante o corte e de outras práticas de redução de impactos, a exploração madeireira sustentável minimiza os danos ao ambiente florestal e permite o uso contínuo dos recursos madeireiros (KANKEU, 2016).

Entretanto, o corte seletivo de baixo impacto também gera efeitos negativos sobre a floresta (CAZZOLLA, et al., 2015). Apesar de não causar a destruição da floresta, o corte seletivo de madeira pode provocar alterações no ambiente dependendo da intensidade de exploração (BROADBENT, et al., 2008). Entre as perturbações ocasionadas pela exploração madeireira de baixo impacto estão a abertura de clareiras (BROWN, 1993), o aumento da luminosidade no interior da floresta (VILLEGAS, et al., 2009), a redução da umidade (ACHAT, et al., 2015), a compactação do solo (CAMBI, et al., 2016), bem como mudanças na estrutura e composição das comunidades vegetais e animais (NEPSTAD, et al., 1997).

Uma das formas de monitorar as florestas manejadas e determinar os impactos da atividade florestal no ambiente é o estudo da vegetação e da fauna (ROBINSON, et al., 1999). A importância da avaliação e monitoramento das áreas manejadas através da estrutura, regeneração e composição da vegetação vem sendo demonstrada por diversos estudos (PEREIRA, et al., 2002; LANGE, et al., 2014;

JUÁREZ-OROZCO, et al., 2017). Ainda, as alterações no funcionamento e na dinâmica do ecossistema provocado pelo corte seletivo de baixo impacto (FRANÇA, et al., 2017) afetam direta e indiretamente as populações animais (MOORE, et al., 2002). Assim, o uso de espécies sensíveis quanto as ações antrópicas e ao equilíbrio do ecossistema (RAPPORT; HILDÉN, 2013) permite avaliações eficientes dos efeitos do corte seletivo de baixo impacto sobre a fauna (AZEVEDO-RAMOS et al., 2006).

As alterações na floresta podem ser avaliadas através de indicadores ecológicos, capazes de detectar diferentes níveis de degradação (EVANS, et al., 2019). Os insetos são bons indicadores, pois possuem ciclo de vida geralmente curto, grande diversidade ecológica, fidelidade ao 'habitat' e possuem respostas rápidas a distúrbios no ambiente (DALE; BEYELER, 2001). Desta forma, as alterações no ambiente ocasionadas pela exploração madeireira têm impacto direto sobre a fauna, incluindo aves, borboletas, formigas e besouros (LAWTON, et al., 1998).

Dentre os insetos mais utilizados como indicadores estão as borboletas (FREITAS, et al., 2016), formigas (UNDERWOOD; FISHER, 2006) e diversas famílias de besouros (CLARKE; SAMWAYS, 1996), como Carabidae (CAMERON; LEATHER, 2012), Scarabaeidae (VAZ-DE-MELLO, 1999) e Staphylinidae (BONHAC, 1999; AHN, et al., 2017). Os Staphylinidae são uma das maiores famílias de besouros, com distribuição em praticamente todos os ecossistemas (BETZ, et al. 2018), com exceção da Antártida (HERMAN, 2001). São de fácil reconhecimento, devido aos élitros curtos e abdômen flexível (NAVARRETE-HEREDIA, 2002). Dentre as subfamílias de Staphylinidae, a terceira maior em número de espécies é Paederinae, atrás apenas de Aleocharinae e Staphylininae (GAMARRA; OUTERELO, 2007).

Os Paederinae possuem duas tribos, 220 gêneros e 6.000 espécies (NAVARRETE-HEREDIA, et al., 2002). São predadores de outros artrópodes, entre outras relações alimentares existem os fungicidas e herbivoria (KLIMASZEWSKI, et al., 2018). Uma grande parte das espécies de Staphylinidae são encontradas em meio aos detritos da floresta, sendo importantes componentes da fauna do solo (BOHAC, 1999).

Os insetos do solo podem ser usados como bioindicadores de ambiente, pois variam em abundância, riqueza e composição dependendo das características, propriedades químicas e físicas do solo e da serapilheira em diferentes estações (DUYAR; MAKINECI, 2016). Ao diminuir a disponibilidade de serrapilheira do solo e alterar o microclima, ocorre mudança na composição e diversidade do ambiente,

levando a modificações nas populações da fauna do solo (SAYER, 2006). Uma das atividades que provocam alterações na cobertura do solo é o corte seletivo de baixo impacto (UEHARA-PRADO, et al., 2009). Essas alterações no ambiente geram mudanças na estrutura da assembleia de Staphylinidae (AHN, et al., 2017), podendo esta família ser usada como indicador ecológico para avaliar níveis de perturbação dos ecossistemas (CAJAIBA, et al., 2017).

Desde modo, considerando a importância do corte seletivo de madeira como atividade geradora de emprego e renda em florestas tropicais e a falta de conhecimento sobre os impactos gerados por essa atividade na assembleia de Paederinae (Insecta: Coleoptera: Staphylinidae), este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos do corte seletivo de baixo impacto sobre a assembleia de Paederinae em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira. Nós analisamos, ainda, o efeito do tempo transcorrido entre as áreas após a exploração madeireira, da estação do ano, e do volume de madeira explorado sobre a composição da assembleia de Paederinae.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em áreas de exploração madeireira pertencentes a empresa Mil Madeiras Preciosas, localizadas nos municípios de Silves, Itapiranga e Itacoatiara, estado do Amazonas. O sistema de manejo utilizado pela empresa é o CELOS Management System (CMS), adaptado às condições locais com base em pesquisas da EMBRAPA-CPATU (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido) e INPA (Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia) (GRAAF; ELDIK, 2011). É um sistema policíclico, fundamentado na retirada de indivíduos de espécies florestais comerciais que atingiram tamanho ideal (50 cm de diâmetro) para corte. As árvores com tamanho intermediário constituem o estoque do próximo ciclo, garantindo a continuidade econômica da floresta (GRAAF, 1986). Os ciclos de corte variam de 30 a 35 anos (GRAAF; ROMPAEY, 1990).

2.2 Coleta de dados

Foram amostradas 11 áreas exploradas nos anos de 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006, 2009/2010, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018, além de uma área não explorada. Em cada área foram delimitados cinco transectos com 30 metros de extensão e distantes 100 m a partir das estradas de acesso. Em cada transecto foram alocados quatro pontos de coleta distantes 10 metros entre si. As amostragens foram realizadas nas duas estações climáticas do ano, período seco (setembro/outubro de 2018) e período chuvoso (março/abril de 2019), com esforço amostral de 480 armadilhas, abertas durante sete dias e sete noites, durante o estudo.

Em cada ponto de coleta foi instalada uma armadilha de interceptação de voo, com barreira feita com tela de malha fina (tule; 90 cm de comprimento por 100 cm de altura) presa em duas hastes de bambu. Sobre as armadilhas foram instaladas lonas para proteção contra água da chuva. O recipiente coletor da armadilha foi instalado ao nível do solo, constituído de um recipiente plástico (2 L) com diâmetro de 14 cm e

altura de 17 cm. No recipiente foi utilizado um líquido para captura e conservação dos insetos, composto por 500 ml de água, 2% de detergente e 25 g de sal. Em cada armadilha foram utilizados 50 g de isca atrativa, composta por uma mistura de fezes humanas e fezes de porco (1:9), suspensa em um recipiente plástico à 15 cm acima do nível do solo. As armadilhas ficaram expostas por sete dias e sete noites. Após esse período os insetos capturados foram retirados das armadilhas e armazenados em álcool 92,8%.

Todos os indivíduos da subfamília Paederinae capturados foram separados, contabilizados e montados. A identificação dos indivíduos capturados foi feita com base em caracteres morfológicos, no menor nível taxonômico possível, com o auxílio de chaves dicotômicas (NAVARRETE-HEREDIA, et al., 2002). Quando não foi possível chegar à identificação da espécie, foi atribuída uma nomenclatura sequencial para as morfoespécies. As identificações realizadas foram conferidas por um especialista na família Staphylinidae (Dr. Angélico Fortunato Asenjo Flores). Os insetos montados e identificados foram incorporados à coleção entomológica do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara da Universidade do Estado do Amazonas (CESIT/UEA).

2.3 Análise de dados

Para avaliarmos a existência de dependência espacial nos dados de riqueza, abundância e estrutura da assembleia de Paederinae utilizamos o teste Mantel (SOKAL, 1979). Para o cálculo de volume explorado de madeira foram utilizados os dados de volume das árvores exploradas disponibilizados pela empresa Mil Madeiras Preciosas. Este cálculo foi feito, utilizando o software QGIS (QGIS Development Team, 2018), considerando a somatória do volume de cada árvore abatida em um raio de 100 m a partir de cada transecto.

A partir dos espécimes obtidos em cada transecto, nós avaliamos se a variável categórica tempo transcorrido entre as áreas após a exploração, com interação entre as variáveis preditoras estação do ano (i.e., seca ou chuva) e o volume de madeira explorado afetaram a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos de Staphylininae.

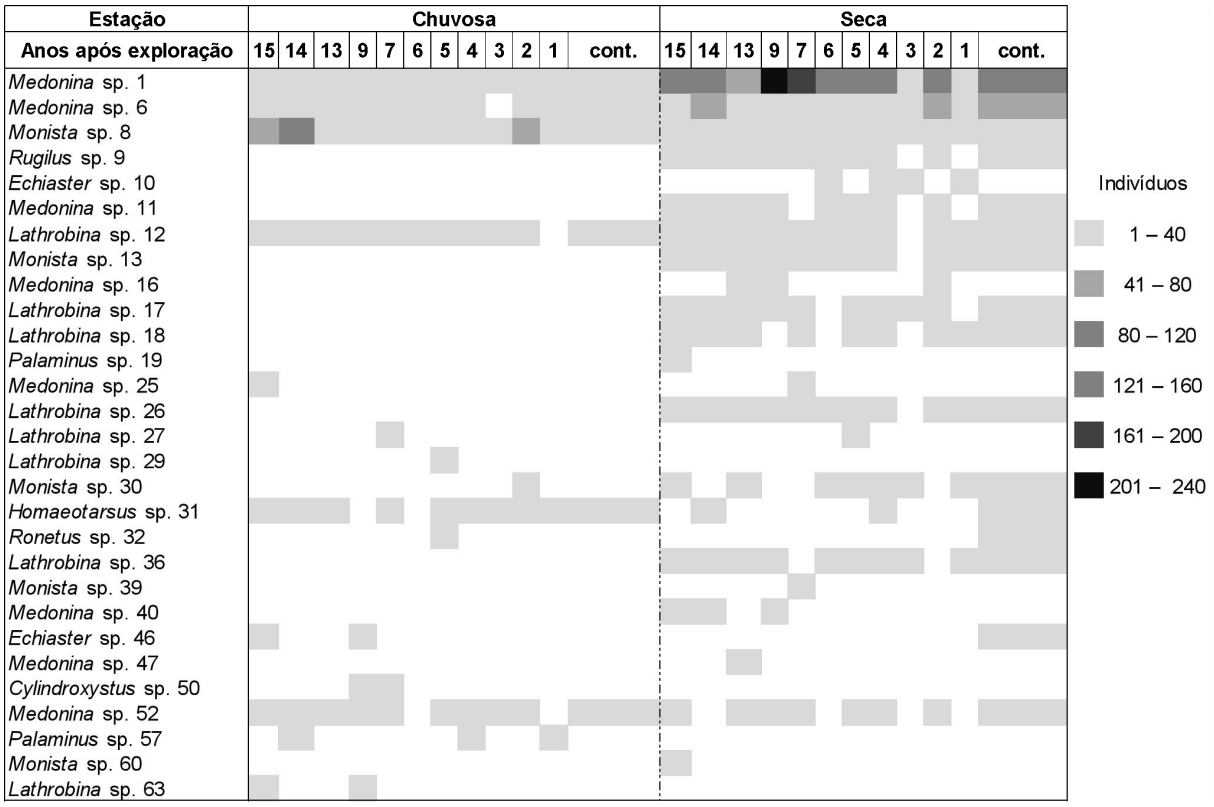
Para a análise dos dados nós utilizamos cada transecto como unidade amostral. Desta forma, o número de indivíduos de cada espécie capturada em cada uma das quatro armadilhas de um mesmo transecto foram somados. Os dados de abundância foram padronizados utilizando a função ‘decostand’ (pacote vegan) com o método Hellinger. Para avaliar o efeito do período do ano (seco e chuvoso), do volume de madeira explorado e da variável categórica tempo transcorrido entre as áreas após a exploração florestal sobre a riqueza e a abundância de Paederinae foram utilizados modelos lineares mistos (MLM). Por conta da repetição de amostragem nas duas estações do ano, a identiddae de cada transecto foi utilizada como variável de efeito aleatório. Com os espéciemes coletados em cada transecto, avaliamos a variável categórica tempo transcorrido entre as áreas após a exploração, e as variáveis preditoras estação do ano (i.e., seca ou chuva) e o volume de madeira explorado afetaram a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos de Paederinae. Para a seleção do modelo de melhor ajuste foi utilizada a função ‘step’ do pacote ‘lmerTest’ no modelo com todas as variáveis explicativas. A normalidade dos resíduos e a distribuição das variâncias dos resíduos do modelo de melhor ajuste foram avaliadas graficamente e por meio do teste de Shapiro-Wilk (Shapiro; Wilk, 1965). Para atender ao pressuposto de homocedasticidade das variâncias e normalidade dos resíduos os modelos lineares mistos foram ajustados com log+1 da abundância de indivíduos e da riqueza de espécies de Paederinae. O efeito de cada variável preditora sobre a variável resposta foi avaliado através da média dos quadrados mínimos e da variância.

Para avaliar o efeito do período do ano (seco e chuvoso), do volume explorado de madeira e do tempo transcorrido entre as áreas após a exploração sobre a estrutura da assembleia de Paederinae foi utilizada uma análise Permutacional Multivariada de Variância (PERMANOVA). A PERMANOVA foi calculada sobre a matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis considerando os dados padronizados de abundância das espécies em cada transecto. Todas as análises foram realizadas no programa R (R Core Team, 2019). Para avaliarmos visualmente as diferenças na estrutura da assembleia de Staphylinidae entre áreas e entre estações do ano utilizamos o primeiro eixo de uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA – Principal Coordinate Analysis) aplicada a mesma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis.

3. RESULTADOS

Foram capturados 2.856 indivíduos de Paederinae, sendo 2.081 indivíduos no período seco e 775 no período chuvoso. Os exemplares capturados pertencem a duas subtribos (Medonina e Lathrobina), sete gêneros (*Monista, Rugilus, Echiaster, Palaminus, Homaeotarsus, Ronetus* e *Cylindoxystus*) e 29 espécies/morfoespécies. As morfoespécies com maior número de indivíduos foram *Medonina sp. 1* (1.473), *Medonina* sp. 6 (456) e *Monista sp. 8* (456). O número de indivíduos capturados por área variou de 39 (2013-2014) a 124 (2004-2005) durante o período chuvoso e de 43 (2015-2016) a 267 (2009-2010) durante o período seco (TABELA 1). O número de espécies no período chuvoso foi de 14 (2012-2013) e 22 (2016-2017). No período seco nas áreas exploradas variou de 13 (2015-2016) a 29 (2016-2017). Na área não explorada no período chuvoso foram encontrados 19 espécies, durante o período seco apenas 29 espécies.

Tabela 2 - Abundância de Paederinae, nas estações chuvosa e seca, nas 11 áreas exploradas e uma área não explorada na Amazônia Central Brasileira.

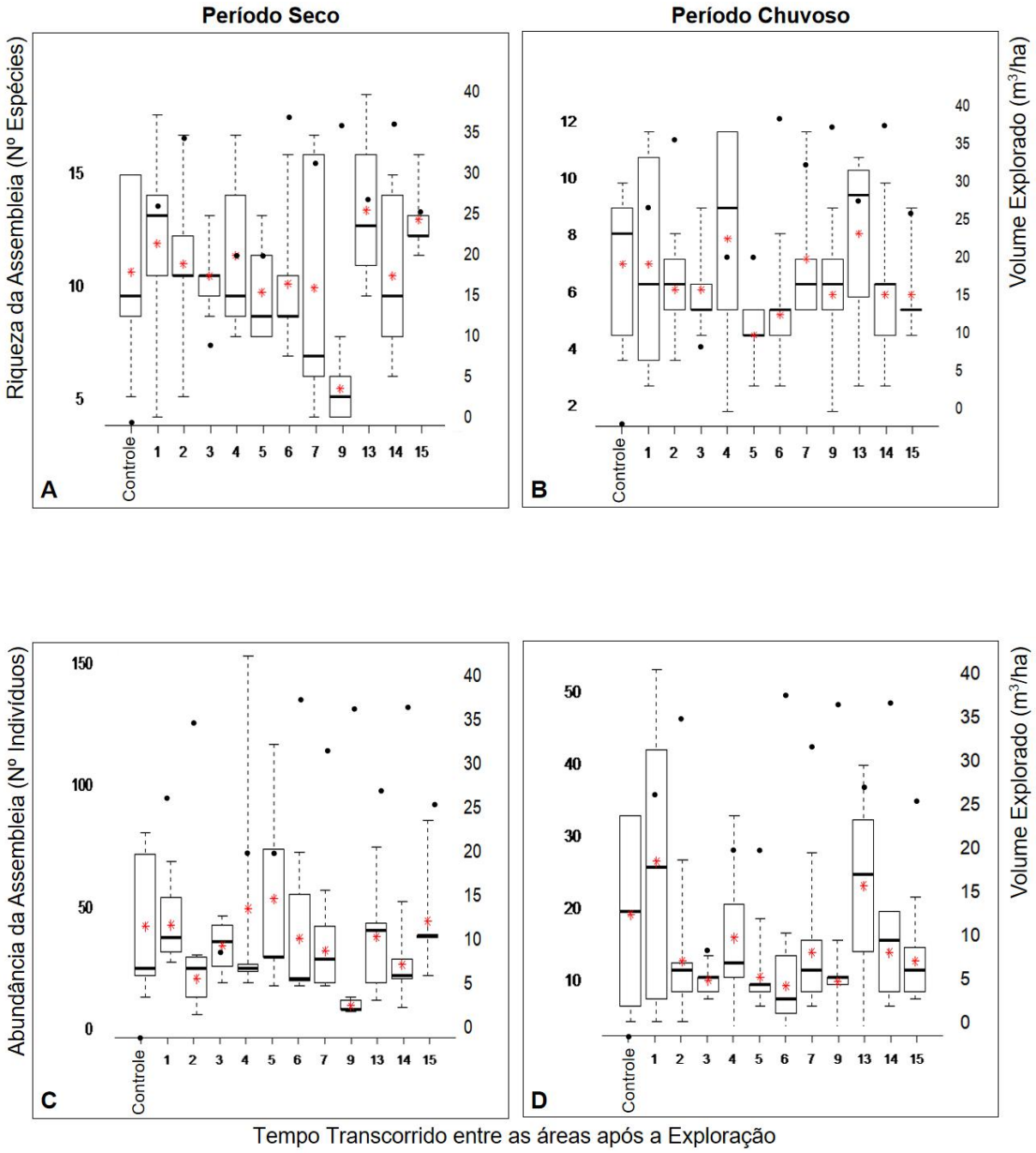


O teste de Mantel mostrou não haver dependência espacial nos dados de riqueza (R = -0,02733, *p* = 0,742), abundância (R = -0,008621, *p* = 0,569) e estrutura da assembleia (R = -0,008248, *p* = 0,563) de Paederinae.

A interação entre o tempo transcorrido nas áreas após a exploração, período de amostragem e volume explorado de madeira (x^2 = 21,6899, *p* = 0,01676) afetaram a riqueza de espécies de Paederinae na área de estudo. Foram capturadas mais espécies no período seco (FIGURA 1 - B) em comparação com o período chuvoso (FIGURA 1 - A). No período seco a riqueza de espécies de Paederinae reduziu do primeiro ao terceiro ano após a exploração, aumentando após o quarto ano até atingir valores similares ao controle. Durante o período chuvoso a variação na riqueza de espécies de Paederinae ao longo do tempo transcorrido entre as áreas após a exploração foi menor, sem um padrão claro de redução ou aumento da riqueza ao longo do tempo. Durante o período seco a riqueza de espécies de Paederinae variou de acordo com a intensidade de exploração, com aumento no número de espécies em intensidades maiores de exploração e redução em intensidades menores. Este padrão não foi observado durante o período chuvoso, onde a riqueza de espécies de Paederinae não acompanhou a variação na intensidade de exploração.

O modelo linear misto com melhor ajuste mostra que o período de amostragem (x = 61,8438, p= 3,718e-15) e o tempo transcorrido entre as áreas após a exploração (x^2 = 21,8951, *p* = 0,02520) afetaram a abundância de Paederinae. O volume explorado de madeira não apresentou relação com a abundância (x^2 = 0,5936, *p* = 0,44103). Durante o período seco (FIGURA 1 - D) houve aumento no número de indivíduos capturados quando comparado ao período chuvoso (FIGURA 1 - C). Ainda, no período seco, houve diminuição no número de indivíduos do primeiro ao quarto ano após a exploração. Após o quarto ano houve aumento no número de indivíduos, que retornou a níveis similares ao encontrado na área não explorada. Durante o período chuvoso a variação na abundância de indivíduos de Paederinae ao longo do tempo transcorrido entre as áreas após a exploração foi menor, sem um padrão claro de redução ou aumento na abundância ao longo do tempo.

Figura 5 - Boxplot (mediana e quartis) da riqueza de espécies (A,B) e número de indivíduos (C, D), nos períodos chuvoso(A, C) e seco (B, D). Os asterísticos vermelhos indicam as médias e a intensidade da exploração (raio de 100 m) é indicada pelos círculos pretos.

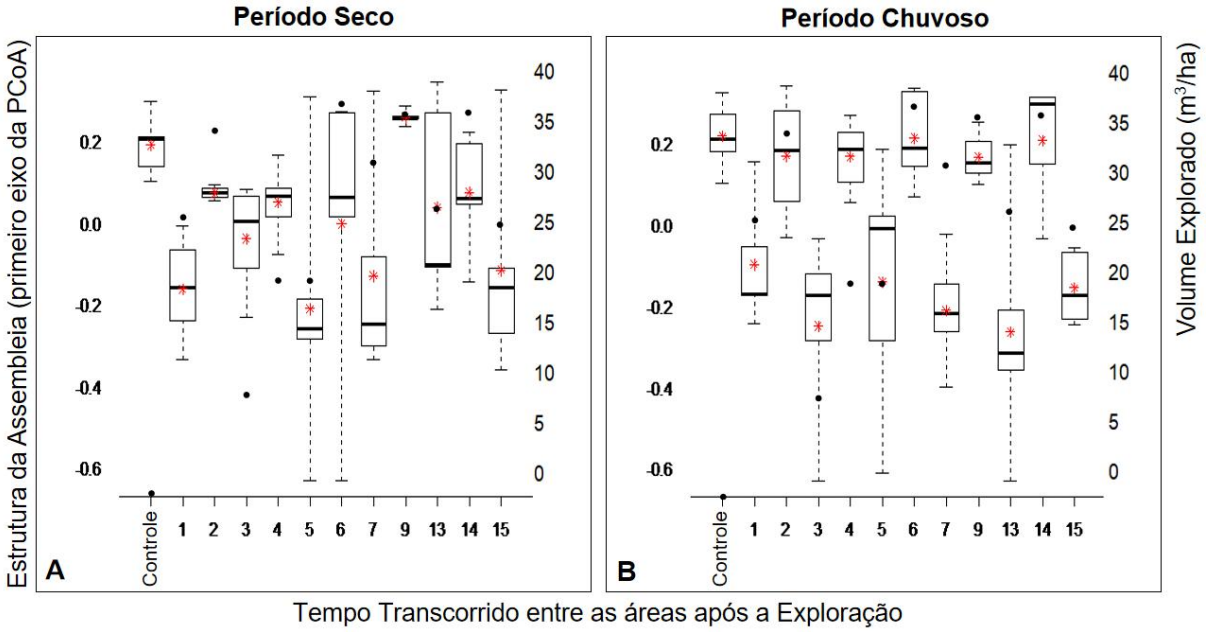


Fonte: A autora (2020)

A análise multivariada de variância mostrou que a estrutura da assembleia de Paederinae é influenciada período do ano (seco e chuvoso) (DF = 1, F = 42.834, *p* = 0,001) e pelo tempo transcorrido entre as áreas após a exploração (DF = 11, F = 1.772, *p* = 0.007). A estrutura da assembleia de Paederinae não foi influenciada pelo volume explorado de madeira (DF = 1, F = 0,765, *p* = 0,557) (FIGURA 2). A estrutura da assembleia de Paederinae variou ao longo do tempo transcorrido entre as áreas

após a exploração, não apresentando sinais de retorno ou estabilização ao longo do tempo durante a estação chuvosa e durante a estação seca (FIGURA 2).

Figura 6 - Boxplot (mediana e quartis) do primeiro eixo da PCoA representando a estrutura da assembleia de Paederinae em um local não explorado e 11 áreas registradas durante os períodos chuvoso (A) e seco (B). A s médias são mostradas com um asterístico vermelho e a intensidade do registro com um círculo preto.



Fonte: A autora (2020)

4. DISCUSSÃO

O tempo transcorrido entre as áreas após a exploração florestal afetou a abundância, riqueza e a estrutura da assembleia de Paederinae. A exploração de madeira não elimina a fauna existente no local, mas provoca uma substituição de espécies ao longo do tempo (LAWTON, et al., 1998). As alterações no ambiente são, em grande parte, responsáveis pelas modificações nas comunidades de animais e plantas (DIAS, 2005). Essas alterações ocorrem em maior intensidade nos primeiros anos após a exploração, devido à substituição de espécies ocasionada pelo processo de alteração e recuperação das florestas manejadas (POHL, et al., 2007). Populações de espécies dependentes de ambientes florestais conservados são reduzidas pela alteração provocada pelo corte seletivo de baixo impacto, permitindo que espécies tolerantes a ambientes alterados possam se estabelecer nas áreas exploradas (LOVEJOY, et al. 2015). Com o decorrer do tempo após a exploração madeireira, acompanhando o processo de sucessão florestal, as mudanças na composição de espécies continuam (LIEBSCH, et al., 2008). Há um aumento gradual do número de espécies e indivíduos de ambientes florestais conservados e uma redução no número de espécies e indivíduos de ambientes alterados (CAJAIBA, et al., 2017).

Um dos efeitos da exploração florestal é o aumento da radiação solar provocado pela operação das máquinas e remoção de árvores (McRAE, et al., 2001). Esses impactos perturbam as assembleias de besouros, criando condições para que espécies tolerantes as alterações ambientais tenham vantagens sobre espécies de ambientes florestais conservados (POHL, et al., 2008). Esta substituição de espécies ocasionam alterações na riqueza, abundância e estrutura da assembleia de besouros nos ambientes florestais explorados (SILVA; HERNÁNDEZ, 2016).

Durante o período seco a riqueza de Paederinae mostrou redução do primeiro ao quarto ano após a exploração, no período chuvoso a variação na riqueza ao longo do tempo após a exploração foi menor, não apresentando padrão claro de redução ou aumento da riqueza neste período. A abundância da assembleia de Paederinae no período seco mostrou diminuição do primeiro ao quarto ano após a exploração. A estrutura da assembleia de Paederinae apresentou variações ao longo do tempo transcorrido entre as áreas após a exploração. Assim, a redução no número de

espécies e de indivíduos após a exploração pode ser relacionada às mudanças no ambiente florestal manejado, sendo as alterações mais intensas nos primeiros anos após a exploração (POHL, et al., 2007). Ainda, o mosaico de ambientes florestais manejados e não manejados e a conectividade entre as áreas facilitam a dispersão e recolonização dos ambientes alterados (FULLER, et al., 2008). Desta forma, o fluxo de espécies e indivíduos entre áreas exploradas se mantém apesar das alterações (CERULLO, et al., 2019). Estes fatores contribuem para que, após a alteração da vegetação e durante o processo de sucessão da vegetação, ocorra a recuperação das assembleias de coleópteros (RANIO; NIEMELA, 2003).

Nossos resultados mostram diferença no número de indivíduos, no número de espécies e na estrutura da assembleia de Paederinae entre estação seca e chuvosa, com aumento no número de indivíduos e de espécies no período seco. Estas variações evidenciam o efeito da sazonalidade sobre a assembleia de Paederinae e reforçam a importância da realização de amostragens simultâneas para a comparação entre assembleias (CAJAIBA, 2017). Como os Paederinae estão associados à matéria orgânica em decomposição no solo da floresta (RODRIGUEZ, 2018), o aumento na quantidade de serapilheira no período seco pode ser uma condição ambiental importante que afeta a ocorrência das espécies (SILVA; HERNÁNDEZ, 2016). Outro fator ambiental importante é o aumento da umidade e o acúmulo de água em áreas baixas da floresta (McRAE, et al., 2001) durante o período chuvoso. A inundação parcial e a saturação do solo durante o período chuvoso possuem efeito negativo sobre os besouros, afetando a riqueza, abundância e a estrutura das assembleias (FEER, 2008).

O volume de madeira explorado não apresentou relação com a abundância e com a estrutura da assembleia de Paederinae. Esta ausência de relação pode ser explicada pelo volume de madeira explorado nas áreas amostradas, que variou de 9,09 a 35,95 m³/ha. Trabalhos realizados com outros grupos animais, como mamíferos e anfíbios, indicam que intensidades da exploração entre 38 e 63 m³/ha podem reduzir a abundância de indivíduos em até 50% (CASTRO, 2015). Considerando que a intensidade média de exploração das áreas amostradas é de 26,82 m³/ha, não são esperadas reduções na abundância de Paederinae nas áreas exploradas.

Por outro lado, a riqueza de espécies de Paederinae teve relação com o volume de madeira explorado, sendo esperada redução de riqueza devido à perda de

heterogeneidade nos ambientes explorados (TABOADA, et al., 2006). No entanto, nossos resultados mostraram que, durante o período seco, a riqueza de espécies de Paederinae foi diretamente relacionada com a intensidade de exploração madeireira da área. O manejo de florestas tropicais não reduz o número de espécies, sendo observado em alguns casos, aumento no número de espécies após a exploração madeireira e de acordo com a regeneração da floresta (MÜLLER, et al., 2007). Ainda, áreas recentemente manejadas podem manter populações de besouros especialistas em florestas conservadas e, ao mesmo tempo, oferecer condições ao estabelecimento de populações de espécies tolerantes as alterações ambientais, maximizando a diversidade de espécies no ambiente manejado (FULLER, et al., 2008).

A assembleia de Paederinae sofreu alterações no número de espécies, número de indivíduos e na estrutura de acordo com tempo transcorrido entre as áreas após o corte seletivo de baixo impacto. Ainda, observamos alterações na estrutura da assembleia entre estações do ano e aumento no número de indivíduos e de espécies durante a estação seca. Apesar das alterações observadas, com o passar do tempo após a exploração notamos um retorno da riqueza, abundância e estrutura da assembleia de Paederinae a níveis próximos aos encontrados na área não explorada. Este retorno ocorreu entre 6 e 14 anos após a exploração florestal, mostrando uma certa instabilidade ao longo dos anos, para a riqueza, abundância e estrutura da assembleia de Paederinae, durante o período do ano, o volume de madeira explorado e o tempo transcorrido entre as áreas após a exploração entre as áreas em estudo. Isto sugere que os impactos à assembleia de Paederinae na área de estudo não são permanentes e que as alterações ocasionadas na floresta são reversíveis ao longo do tempo. A recuperação da assembleia de Paederinae pode estar relacionada a baixa intensidade de exploração, às técnicas eficientes de exploração madeireira de baixo impacto e, também, ao mosaico de áreas florestais contínuas em diferentes estados de conservação na área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHAT, D.L.; DELEUZE, C.; LANDMANN, G.; POUSSE, N. RANGER, J.; AUGUSTO L. Quantifying consequences of removing harvesting residues on forest soils and tree growth – A meta-analysis. **Forest Ecology and Management.** 2015 (348): 124–141. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.042

AHN, K-J.; CHO, Y-B.; KIM, Y-H.; YOO, I-S.; NEWTON, A. F. Checklist of the Staphylinidae (Coleoptera) in Korea. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity**. 2017 (10): 279-336. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.japb.2017.06.006

AZEVEDO-RAMOS, C.; DE CRAVALHO, JR, O.; DO AMARAL , B. D. Short-term effects of reduced-impact logging on eastern Amazon fauna. **Forest Ecology and Management.** 2006 (232): 1–35. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.025

BEER, C.; REICHSTEIN, M.; TOMELLERI, E.; CIAIS, P.; JUNG, M. Terrestrial gross carbon dioxide uptake: global distribution and covariation with climate. **Science.** 2010 (329): 834–838. DOI: 10.1126/science.1184984

BETZ, O.; IRMLER, U.; KLIMASZEWSKI, J. Biology of Rove Beetles (Staphylinidae). Live History, Evolution, Ecology and Distribuition. **Springer International Publishing.** 2018 (VI): 351. ISBN 978-3-319-70257-5 (eBook). DOI: 10.1007 / 978-3-319-70257-5

BOHAC, J. Staphylinid beetles as Bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 1999 (74): 357–372. DOI: https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00043-2

BROADBENT, E. N.; ASNER, G. P.; KELLER, M.; KNAPPA, D. E.; OLIVEIRA, P J.C; SILVA, J. N. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation.** 2008 (141): 1745 – 1757. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.04.024

BROWN, N. The implications of climate and gap microclimate for seedling growth conditions in a Bornean lowland rain forest **Journal of Tropical Ecology** 1993 (9): 153-168. DOI: 10.1017 / S0266467400007136

CAJAIBA, R. L.; PÉRICO, E.; CARON, E.; DALZOCHIO, M. S.; SILVA, W. B.; SANTOS, M. Are disturbance gradients in neotropical ecosystems detected using rove beetles? A case study in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management.** 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.058

CAMBI. M.; HOSHIKA, Y. ; MARIOTTI, B.; PAOLETT, E.; PICCHIO, R.; VENANZI, R.; MARCHI, E. Compaction by a forest machine affects soil quality and Quercus robur L. seedling performance in an experimental field. **Forest Ecology and Management.** 2016 (xxx) xxx–xxx. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.045

CAMERON, K. H. ; LEATHER, S. R. How good are carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) as indicators of invertebrate abundance and order richness? **Biodiversity and Conservation**. 2012 (21): 763-779. DOI: https://doi.org/10.1007/s10531-011-0215-9

CAZZOLLA G. R.; LINDSELL, S. C. J. A.; MARCHETTI, D. A. C. M.; MAESANO; M.; PAPARELLA, A. D. P. F.; VALENTINI, R. The impact of selective logging and clearcutting on forest structure, tree diversity and above-ground biomass of African tropical forests. **Ecological research.** 2015. DOI: 10.1007/s11284-014-1217-3

CERULLO, G.R.; EDWARDS, F.A; MILLS, S.C.; EDWARDS, D.P. Tropical forest subjected to intensive post-logging silviculture maintains functionally diverse dung beetle communities. **Forest Ecology and Management.** 2019 (444):318-326. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.04.025

CHOWDHURY, M. N. M.; UDDIN, S.; SALEH, S. Present scenario of renewable and non-renewable resources in Bangladesh: A compact analysis. **International Journal of Sustainable and Green Energy.** 2014; (6): 164-178. DOI: 10.11648/j.ijrse.20140306.17

CLARK, T. E.; SAMWAYS, M. J. Dragonflies (Odonata) as indicators of biotope quality in the Krüger National Park, South Africa. **Journal of Applied Ecology.** 1996. (33): 1001-1012. DOI: 10.2307/2404681

DALE, V. H.; BEYELER, S. C. Challenges in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators.** 2001 (1): 3–10. PII: S1470-160X(01)00003-6

DIAS, M. F. R.; BRESCOVI, A. D.; MENEZES, M. Aranhas de solo (Arachnida: Araneae) em diferentes fragmentos florestais no sul da Bahia, Brasil. 2005. (5): 1-10. https://doi.org/10.1590/S1676-06032005000200012

DUYAR, A.; MAKINECI, E.Seasonal and altitudinal variations of soil arthropods in Abies nordmanniana subsp. bornmulleriana forests. **Bosque**. 2016 (37): 335-345. DOI: 10.4067/S0717-92002016000200012

EVANS, P. M.; NEWTONA, A. C.; CANTARELLOA, E.; SANDERSONB N.; JONESC, D. L.; BARSOUMD, N.; COTTRELLD, J. E.; A'HARAD, S. W.; FULLER, L. Testing the relative sensitivity of 102 ecological variables as indicators of woodland condition in the New Forest UK. **Ecological Indicators.** 2019 (104) 209–218. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.05.005

FEER, F. Responses of dung beetle assemblages to characteristics of rain Forest Edges. **Ecotropica.** 2008 (14): 49–62.

FRANÇA, F. M.; FRAZÃO, F. S.; KORASAKID, V.; LOUZADA, J.; BARLOW, J.Identifying thresholds of logging intensity on dung beetle communities to improve the sustainable management of Amazonian tropical forests. **Biological Conservation.** 2017 (216). DOI: 115-122, 2017.

FREITAS, A. V.; LEAL, I. R.; PRADO, M. U.; IANUZZI, L. Insetos como Indicadores de Conservação da Paisagem. **Biologia da Conservação.** 2016 (15): 1-28.

FULLER, R. J.; OLIVER, T. H.; COURO, S. R. Forest management effects on carabid beetle communities in coniferous and broadleaved forests: implications for conservation. **Insect Conservation and Diversity**. 2008 (1): 242–252. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2008.00032.x

GAMARRA, P.; OUTERELO, R. Catálogo iberribalear de los Paederinae (Coleoptera: Staphylinidae). **Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa.** 2007 (40) : 1−37.

GIBSON, L.; LEE, T. M.; KOH, L. P.; BROOK, B. W.; GARDNER T. A.; BARLOW, J.; PERES, C. A.; BRADSHAW, C. J. A.; LAURANCE, W. F.; THOMAS E. L.; SODHI, N. S. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. **Nature.** 2011 (478): 378-381. DOI: https://doi.org/10.1038/nature10425

GRAAF, N. R. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rainforest in Suriname.**Wageningen: Agricultural University.** 1986. ISBN 90-9001239-7

GRAAF, N.R.; ELDIK, T. Precious woods, Brazil. In: Werger, M.J.A. (Ed.), Sustainable Management of Tropical Rainforests: The CELOS Management System. **Tropenbos International, Paramaribo, Suriname.** 2011 186–199.

GRAAF, N.R.; ROMPAEY, R. S. A. R. The Celos Experiments on Silvicuture with natural regenation in Suriname. Paper on a case study for the Workshop on the Management and Conservation of the Tropical Moist Forest Ecosystem, held in Cayenne, **French Guiana,** in March 1990.

HERMAN, L. H. Catalog of the Staphylinidae (Insecta: Coleoptera).1758 To the end of the second millennium. VI Staphylinidae Group (Parte 3) Staphylininae: Staphylinini (Quediina, Staphylinina, Tangynathinina, Xanthopygina), Xantholinini. **Bulletin of the American Museum of Natural History.** 2001. (265): 1–650.

JUÁREZ-OROZCO, S. M.; SIEBE, C.; FERNÁNDEZ, D. F. Causes ande Efferts of Forest Fires in Tropical Rainforests: A Bibliometric Approach. **Tropical Conservation Science**. 2017 (10): 1–14. DOI: 10.1177 / 1940082917737207

KANKEU, R. S.; SONWA, D. J.; ATYI, R. E; NKAL, M. N. M. Quantifying post logging biomass loss using satellite images and ground measurements in Southeast Cameroon. J. **For. Res.** 2016 (27): 1415-1426. DOI: https://doi.org/10.1007/s11676-016-0277-3

KLIMASZEWSKI, J.; BRUNKE, A. J.; WORK,T. T.; VENIER, L. Rove Beetles (Coleoptera, Staphylinidae) as Bioindicators of Change in Boreal Forests and Their Biological Control Services in Agroecosystems: Canadian Case Studies. O. Betz et al. (eds.). **Biology of Rove Beetles (Staphylinidae).** 2018 (9): 161-181. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-70257-5_9

LANGE, M.; TÜRKE, M.;PASALIC, E.; BOCH, S.; HESSENMÖLLER, D.; MÜLLER, J.; PRATI, D.; SOCHER, S. A.; FISCHER, M.; WEISSER, W. W.; GOSSNER, M.M.

Effects of forest management on ground-dwelling beetles (Coleoptera; Carabidae, Staphylinidae) in Central Europe are mainly mediated by changes in forest structure. **Forest Ecology and Management.** 2014 (329): 166-176. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.012

LAWTON, J.; BIGNELL, D.; BOLTON, B.; BLOEMERS, G. F.; EGGLETON, P.; HAMMONT, P. M.; HODDA, M.; HOLD, R. D.; LARSEN, T. B; MAWDSLEY, N. A.; STORK, N. E.; SRIVASTAVA, D. S.; WATT, A. D. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. **Nature**. 1998 (391): 72–76. DOI: https://doi.org/10.1038/34166

LIEBSCH, D. M.; MARQUES, C.M.; GOLDENBERG, R. How long does the Atlantic Rain Forest take to recover after a disturbance? Changes in species composition and ecological features during secondary succession Dieter. **Biological Conservation.** 2008 (141): 1717 – 1725. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.04.013

LOVEJOY, T. E.; BIERREGAARDR, O. JR.; RYLANDSA, B. ; MALCOLM, J. MARTIN, P. A.; NEWTON, A. C.; PFERFER, M.; KHONN, M.; BOULLOCK, J, M. Impacts of tropical selective logging on carbon storage and tree species richness: A meta-analysis. **Forest Ecology and Management.** 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.07.010

McRAE, D.J.; DUCHESNE, L.C.; FREEDMAN, B.; LYNHAM, T.J.; WOODLEY, S. Comparisons between wildfire and forest harvesting and their implications in forest management. Environ. **Environ. Rev**. 2001 (9) 223–260. DOI: 10.1139/er-9-4-223

MOHEBALIAN, P. M.; AGUILAR, F. X. Design of tropical forest conservation contracts considering risk of deforestation.**Land Use Policy.** 2018 (70): 451-462. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.008

MOORE, J. D.; OUIMET, R.; CAMIRÉ, C.; HOULE, D. Effects of two silvicultural practices on soil fauna abundance in a northern hardwood forest, Québec, Canada. **Canadian Journal of Soil Science**. 2002 (82): 105-113. DOI: https://doi.org/10.4141/S01-017

MÜLLER, J.; HOTHORN, T.; PRETZSCH, H. Long-term effects of logging intensity on tructures, birds, saproxylic beetles and wood-inhabiting fungi in stands of European beech Fagus sylvatica L. **Forest Ecology and Management.** 2007 (242): 297–305. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.01.046

NAVARRETE, D.; SITCH, S.;ARAGÃO, L. E.O.C.; PEDRONI, L.; DUQUE, A. Conversion from forests to pastures in the Colombian Amazon leads to differences in dead wood dynamics depending on land management practices. **Journal of Environmental Management.** 2016 (171): 42-51. http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.037

NAVARRETE-HEREDIA, J. L. NEWTON, A. F.; THAYER, M. K.; ASHE, J. S.; CHANDLER, D. S. Guía Ilustrada para los Géneros de Staphylinidae (Coleoptera)

de México. **Universidade de Guadalajara, Canabio, México.** 2002. ISBN 970-27-0180-5

NEPSTAD, D. C.; KLINK, C.; UHL, C.; VIERA, I.; LEFEBVRE, P.; PEDLOWSKI, M.; MATRICARDI, E.; NEGREIROS, G.; BROWN, I.; AMARAL, E.; HOMMA, A.; WALKER, R. Land-use in Amazonia and the cerrado of Brazil. **Ciência e Cultura.** 1997 (49): 73-86.

PEREIRA, R. JR.; ZWEEDEA, J.; ASNER , G. P.; KELLER, M. Forest canopy damage and recovery in reduced-impact and conventional selective logging in eastern Para, Brazil. **Forest Ecology and Management.** 2002 (168): 77–89. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00732-0

POHL, G. R.; LONGARA, D. W.; SPENCE, J. R. Rove beetles and grounp beetles (Coleoptera: Staphylinidae, Carabidae) as indicators of harvest and regeneration practices in western Canadian foothills forest. ScienceDirect. **Biological Conservations**. 2007. (137): 294 – 307. DOI:10.1016/j.biocon.2007.02.011

POHL, G.; LANGOR, D.; KLIMASZEWSKI, J.; WORK, T.; PAQUIM, P. Rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in northern Nearctic forests. **Entomological Society of Canadá**. 2008 (140): 415-436. DOI: 10.4039 / n07-LS03

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.

R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

RAINIO, J.; NIEMELA, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as Bioindicators. **Biodiversity and Conservation.** 2003 (12): 487–506.

RAPPORT, D. J.; HILDÉN, M. An evolving role for ecological indicators: From documenting ecological conditions to monitoring drivers and policy responses. **Ecological Indicators.** 2013 (28) 10-15. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.05.015

ROBINSON, J. C.; REDFORD,K. H.; BENNETT, E. Wildlife Harvest in Logged Tropical Forests. **Science's Compass.** 1999 (284): 595-596. DOI: 10.1126/science.284.5414.595

RODRIGUÉZ, W. D.; NAVARRETE-HEREDIA, J. L.; KLIMASZEWSKI, J. Rove beetles collected with carrion traps (Coleoptera: Staphylinidae) in Quercus forest of Cerro de García, Jalisco and Quercus, Quercus-pine, and pine forests in other jurisdictions of Mexico. **Zootaxa.** 2018 (4433): 457–477. DOI: https://doi.org/10.11646/zootaxa.4433.3.4

SAYER, E. J. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. **Biol. Rev.** 2006 (81): 1–31. DOI:10.1017/S1464793105006846

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrica.** 1965 (52): 591-611.

SILVA, P. G.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Variação espacial de assembléias de escaravelhos associados à estrutura florestal em remanescentes da Mata Atlântica do sul do Brasil. **Rev. Bras. entomol**. 2016 (60): 73-81. https://doi.org/10.1016/j.rbe.2015.11.001

SOKAL, R.R. Testing Statistical Significance of Geographic Variation Patterns. **Systematic Biology.** 1979 (28): 227-232.

TABOADA, A.; D. KOTZE, J.; TÁRREGA, R.; SALGADO, J. M. Traditional forest management: Do carabid beetles respond to human-created vegetation structures in an oak mosaic landscape? **Forest Ecology and Management.** 2006 (237): 436–449. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.09.077

THOMAS, S. C.; BALTZER, L. J. Tropical Forests. University of Toronto. Encyclopedia of Life Sciences/Macmillan Publishers Ltd, **Nature Publishing Group.** 2002. 1-8.

UEHARA-PRADO, M.; FERNANDES, J.O.; BELLO, A.M.; MACHADO, G.; SANTOS, A.J.; VAZ-DE-MELLO, F.Z.; FREITAS, A.V.L. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: a fifirst approach in the Brazilian Atlantic Forest. **Biol. Conserv.** 2009 (142): 1220–1228. DOI:10.1016/j.biocon.2009.01.008

UNDERWOOD, E. C; FISHER, B. L. The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. **Biological Conservation.** 2006 (32): 66-62. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.03.022

VAZ - DE - MELLO, F. Z. Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) de um fragmento de Floresta Amazônica no Estado do Acre, Brasil. Taxocenose. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** (Brasil). 1999 (28): 439-446. DOI: https://doi.org/10.1590/S0301-80591999000300009.

VILLEGAS, Z.; PENÃ-CLAROS, M.; MOSTACEDO, B.; ALARCÓN, A.; LICONA, J.C.; LEANÕ C.; PARIONA, W.; CHOQUE, U. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management.** 2009 (258): 971–977. DOI:10.1016/j.foreco.2008.10.031