

FRANCIS JUNIOR ARAÚJO LOPES

**ASSEMBLEIAS ARBORÍCOLAS E EPIGÉICAS DE
FORMICIDAE EM DIFERENTES PAISAGENS NA
AMAZÔNIA MERIDIONAL, BRASIL**

Dissertação de Mestrado

ALTA FLORESTA-MT

2020

2 cm	15 c	7 cm	5 cm
	FRANCIS JUNIOR ARAÚJO LOPES	Diss. MESTRADO	PPGBioAgro ANO



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS
AMAZÔNICOS**



FRANCIS JUNIOR ARAÚJO LOPES

**ASSEMBLEIAS ARBORÍCOLAS E EPIGÉICAS DE
FORMICIDAE EM DIFERENTES PAISAGENS NA
AMAZÔNIA MERIDIONAL, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientadora: Professora Dra. Juliana Garlet
Coorientador: Professor Dr. Ricardo Eduardo Vicente

ALTA FLORESTA-MT

2020

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação

Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias

L864a LOPES, Francis Junior Araujo.
Assembleias Arborícolas e Epigéicas de Formicidae em Diferentes Paisagens na Amazônia Meridional, Brasil / Francis Junior Araujo Lopes – Alta Floresta, 2021.
84 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso
(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Câmpus de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2021.

Orientador: Juliana Garlet

Coorientador: Ricardo Eduardo Vicente

1. Mirmecofauna. 2. Estratificação Vertical. 3. Amazônia Meridional. 4. Particionamento de Diversidade Beta. I. Francis Junior Araujo Lopes. II. Assembleias Arborícolas e Epigéicas de Formicidae em Diferentes Paisagens na Amazônia Meridional, Brasil: .

CDU 595.796(817.2)

ASSEMBLEIAS ARBORÍCOLAS E EPIGÉICAS DEFORMICIDAE EM DIFERENTES PAISAGENS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL, BRASIL

FRANCIS JUNIOR ARAÚJO LOPES

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Aprovada em: 28/01/2021

Juliana Garlet

Assinado de forma digital
por Juliana Garlet

Dados: 2021.03.08 16:46:45

-03'00'

Profa. Dra. Juliana Garlet

Orientadora – Universidade do Estado de Mato Grosso/ PPGBioAgro



Prof. Dr. Vinícius Augusto Moraes

Universidade do Estado de Mato Grosso

Charlotte
Wink

Assinado de forma digital
por Charlotte Wink

Dados: 2021.03.08

Profa. Dra. Charlotte Wink Universidade

Federal de Mato Grosso



Prof. Dr. Jardel Boscardin Universidade

Federal de Uberlândia

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente esta dissertação a quem tiver interesse em estudos com perguntas ecológicas e que utilizem esses animais tão diversos e plásticos em suas funções nos ambientes, as formigas; a vocês espero que se deleitem com a leitura da mesma forma que tenho prazer em ler trabalhos parecidos. Também dedico esta conquista, pois é assim que à enxergo, a minha mãe que é a responsável por ter tido forças de chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois nos momentos de maior aflição é onde deposito fé que tudo pode dar certo. Agradeço, assim como dedico este trabalho, a minha mãe Marlene Biel de Araujo que realmente é a razão de eu ter estudado, ter chegado até esta etapa da vida acadêmica pois como ela sempre diz, “*estude menino... primeiro o estudo*”, ela dedicou-se de todas as maneiras possíveis a cuidar de mim e de minhas irmãs e não há palavras ou ações que eu faça para superar tudo que ela fez por mim. Agradeço também a professora Dra. Juliana Garlet por ter assumido a empreitada de me orientar e por ter tido paciência e dedicação para desempenhar essa função principalmente devido as dificuldades que enfrentamos nessa pandemia onde com os equipamentos que ela mesmo me emprestou montei um minilaboratório em casa para agilizar as identificações das formigas (que não foram poucas). Agradeço a meu coorientador Ricardo Eduardo Vicente que auxiliou nas identificações, escrita e estatística com sua experiência de mirmeecólogo. Agradeço ao Diego Ottoneli pelo apoio e por ter firmado a parceria desta pesquisa com o projeto desenvolvido pelo IOV, aliás agradeço também ao Instituto Centro de Vida pelo contato com os proprietários da Fazenda Concórdia e aproveito para agradecer também os proprietários da fazenda, meu muito obrigado por terem acreditado no trabalho e nos ter recebido tão bem e até mesmo ter nos dado carona até as áreas de coleta. Agradeço a CAPES e FAPEMAT pela bolsa de mestrado que facilita muito a pesquisa, pois com ela é possível dedicar-se exclusivamente as atividades do mestrado. Agradeço a meus irmãos científicos que ganhei durante esta etapa: Mestranda (mas já se pode dizer que ela é Mestra) Mariane Kaori Sassaya (que me ajudou muito como revisora e estatística além de compartilhar das mesmas aflições), Fabrício Wait Barros de Carvalho (que compartilha o mesmo gosto pelo campo e esteve presente em todas as coletas sofrendo com os quase tombos e subidas por entre pastos com capim a mais de 1,30 m de altura), Leonardo Militão (hehe boy, esse sofreu com a equipe de mateiros), Mateus, Antônio (popular maranhão), Roseline. Agradeço a meus companheiros de mestrado pelo apoio, por unirem forças nos trabalhos das disciplinas e que também devem estar respirando por aparelhos nesses últimos momentos de ansiedade pela defesa:

Iago Manuelson, Thais Lourençoni, Tatiane Deoti, Mateus Lubian, Juliana Arguelho, Daniele Maltezo, Wesley Buturi, Walingson Costa e todos os integrantes da turma 2019/1 do PPGBioAgro, aproveitando para estender o agradecimento ao corpo docente do programa que enriquece esse curso e abre uma janela de oportunidades de mais conhecimento e também agradeço a equipe (coordenadores e secretário do programa que auxiliaram nos trâmites burocráticos e estavam sempre dispostos a ajudar). Por fim agradeço a toda minha família e amigos de longa data pelo apoio e até pelos momentos de desabafo (Anderson Camargo, o gamer e meu consagrado; Ricardo Ribeiro, o das plantas, meu miguxo querido que aguenta meus desabafos desde 2013; Rosália, outra miguxa que aguenta os desabafos; Sara, a gamer consagrada; Anderson Alex... tive de reduzir o nome dele porquê seria um dissertação inteira; Leandro Tragino, que participou da empreitada de coleta também e está nessa luta desde a graduação, parceria; Nanda Scarsi, bah... por todo apoio miguxa querida, Camila Barbosa, que ajudou em campo; Andreia Macedo, bah cria dramática mas que apoiou muito; Thiago Fontana... meu consagrado gamer dos momentos de desestresse, Jonas Marcelo... chefe gamer, Luciano Conceição; Vilson Conceição... nosso TI gamer particular e parceiro de ciclismo; Naiara Sachi, pessoal gentil que conheci na reta final mas que apoiou muito. Agradeço os amigos professores e parceiros de escola que também apoiaram e incentivaram chegar até esse momento (destaco alguns absurdos que pretendo levar a amizade para o resto da vida (Marciele Tavares: pedagoga rural e compradora de terrenos... piada interna; Gustavo kamazaki... apesar de concorrente direto é outro absurdo; Mario Kamazaki... absurdo de pessoa; Degmar Kamazaki, absurdo de pessoa também, sempre feliz e gentil; Rosangela Ananias; Sueli Leal; Rafael Leal; Genilda Batista, Elizabeth; Juvenal; Marlos, Iris, Cleiton Mutschall, Marcos Weber... popular Junelson; aliás, agradeço a todos funcionários das escolas que as vezes não consigo lembrar ou que não tenho mais muito contato, até agradeço a meus alunos, eu acho que eles sofrem mais na minha mão do que eu na mão deles) *Bah*, enfim, não tenho espaço suficiente para colocar o nome de todos (uma dissertação não é suficiente), mas vocês sabem que sou muito grato a todos vocês pelo carinho, parceria e apoio, no bom português: *“Tamo junto galerinha”!!!*

“Sabe por que tudo na sua vida é mais difícil? A intensidade do processo é proporcional ao valor do propósito. Um diamante e um carvão têm a mesma configuração química, o que muda é o processo. O diamante sofre pressão. Você é um diamante nas mãos de Deus e está sendo lapidado para viver a melhor fase da sua vida. Não Desista.”

Frases em vídeo TikTok

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
3. CAPÍTULOS.....	4
3.1. ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DE FORMIGAS EM UM REMANESCENTE DE FLORESTA NATIVA NA AMAZÔNIA MERIDIONAL, BRASIL.....	4
Resumo.....	5
Abstract	5
Introdução	6
Material e Métodos.....	8
Resultados	14
Discussão.....	20
Conclusões.....	23
Referências Bibliográficas	24
3.2. ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS PODEM SER BIOINDICADORAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL?	31
Resumo.....	32

Abstract.....	32
Introdução	34
Material e Métodos.....	36
Resultados	41
Discussão.....	47
Conclusões.....	52
Referências Bibliográficas.....	53
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
APÊNDICES.....	61

LISTA DE TABELAS

TABELAS	Página
CAPÍTULO 1	
1. Checklist das subfamílias, gêneros e espécies de formigas amostradas com presença ou ausência no estrato epigéico e arbóreo do fragmento de mata nativa da CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.....	14
2. Valores do teste t para diferença na frequência e número de espécies entre as formigas do estrato arbóreo e do estrato epigéico da CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.....	17
3. Diversidade beta das assembleias de formigas nos estratos arbóreo e epigéico da CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.....	18
4. Teste t para diferença na frequência e no número de espécies dos estratos arbóreo e epigéico nas estações seca e chuvosa na CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.....	19
CAPÍTULO 2	
1. Nome Popular e Científico das espécies utilizadas nas áreas de restauração analisadas no município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.....	37
2. Checklist das subfamílias, gêneros e espécies com presença ou ausência nas diferentes paisagens amostradas (F: Fragmento Florestal, P: Pastagem, R I: Restauo I e R II: Restauo II) na Fazenda Concórdia, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.....	41
3. Índices de diversidade de formigas do estrato arbóreo e epigéico nas diferentes paisagens em Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Página
CAPÍTULO 1	
1. Localização da área de estudo da CEPLAC no município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.....	8
2. Croqui dos transectos e pontos amostrais na área da CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.....	9
3. <i>Pitfall</i> do tipo Trampa Provid para coleta de formigas forrageando o solo (A) e, <i>Pitfall</i> instalado no solo (B) na CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil	10
4. Estágios de confecção dos pitfalls arbóreos utilizados na amostragem de formigas na CEPLAC, Alta Floresta-MT, Brasil. Recipientes plásticos marcados para recortar a parte superior (A), parte superior recortada formando um funil (B), parte superior e inferior unidas com barbante (C).....	11
5. Médias do teste t para os parâmetros frequência de operárias (A) e número de espécies (B) nos estratos arbóreo e epigéico na CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.	17
6. Representação das assembleias de formigas dos estratos arbóreo e epigéico pela composição de diversidade beta total (A), aninhamento resultante (B) e turnover de espécies (C) na CEPLAC, Alta Floresta-Mato Grosso, Brasil.	18
CAPÍTULO 2	
1. Localização das áreas do fragmento florestal, pastagem, restauro I e restauro II, Fazenda Concórdia no município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.	36
2. Figura 2. Médias de frequência e número de espécies de formigas (respectivamente) no Fragmento Florestal (A e B), médias de	

frequência e número de espécies de formigas (respectivamente) na paisagem Restauo I (C e D), frequência e número de espécies de formigas (respectivamente) na paisagem Restauo II (E e F), Fazenda Concórdia, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.	45
3. Dendrograma de agrupamento das diferentes paisagens amostradas (F: Fragmento Florestal, P: Pastagem, RI: Restauo I e RII: Restauo II) nos estratos arbóreo (A) e epigéico (E) na Fazenda Concórdia, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

CEPLAC Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira

Am Clima Tropical de Monção (critérios climáticos de Koppen)

Aw Clima Tropical Úmido (critérios climáticos de Koppen)

RESUMO

LOPES, Francis Junior Araújo. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Janeiro de 2021. **Assembleias arborícolas e epigéicas de Formicidae em diferentes paisagens do município de Alta Floresta-MT, Brasil.** Orientadora: Juliana Garlet. Coorientador: Ricardo Eduardo Vicente.

As formigas são organismos encontrados nos mais variados ecossistemas terrestres com a exceção dos polos, desempenhando uma infinidade de papéis ecológicos como dispersoras, predadoras ou necrófagas realizando serviços ecossistêmicos, que trazem impactos positivos ao ambiente. São atualmente consideradas o maior grupo de insetos sociais com mais de 13.000 espécies nomeadas e uma biomassa estimada em mais de 10.000 trilhões de indivíduos, o que representa a maior parte da biomassa animal das florestas tropicais. Diante das características como: taxonomia relativamente desenvolvida, fácil amostragem, altos valores de riqueza e frequência nos variados ecossistemas do planeta, as formigas se caracterizam como organismos bioindicadores. Assim, nesta pesquisa objetivou-se conhecer a mirmecofauna em diferentes formações vegetais do município de Alta Floresta-MT, e entender como esses organismos se estruturam em um ambiente nativo em relação a estratificação vertical, onde foram realizadas amostragens em dois estratos (arbóreo e epigéico) em um remanescente de vegetação nativa no município. Além disso, avaliaram-se estratégias de restauração utilizadas em uma propriedade no município de Alta Floresta-MT, pela análise da composição (frequência e número de espécies) das assembleias arborícolas e epigéicas de formigas. Para a amostragem das formigas foram estabelecidos transectos de 120 metros de extensão, ambos com cinco pontos amostrais equidistantes 20 metros um do outro e em cada ponto amostral foram instaladas uma armadilha no solo (*pitfall* de solo) e uma armadilha na vegetação (*pitfall* arbóreo). As formigas coletadas foram acondicionadas em potes coletores contendo álcool 70% e levadas para a Universidade do Estado de Mato Grosso onde foram separadas dos demais artrópodes, identificadas em nível de gênero e revisado por um especialista. Os valores tanto para frequência como para número de espécies de formigas foram superiores no estrato epigéico em relação ao estrato arbóreo, sendo a subfamília

Myrmicinae a mais frequente em ambas as amostragens, tanto no primeiro como no segundo estudo. Observou-se ainda, uma influência significativa do aninhamento e turnover na estruturação da diversidade beta no remanescente de floresta e ausência de influência da estação de coleta (seca e chuvosa) nos parâmetros frequência e número de espécies. Na avaliação das estratégias de restauração, identificou-se que as áreas de restauro apresentaram diversidade superior a pastagem e fragmento florestal, e formaram um grupo distinto do fragmento florestal em relação à similaridade na composição das assembleias de formigas e a partir das diferenças entre as assembleias de formigas nas diferentes áreas sugere-se o uso destes insetos como bioindicadores na avaliação de processos de restauração.

Palavras-chave: Mirmecofauna, estratificação vertical, Amazônia Meridional, particionamento de diversidade beta.

ABSTRACT

LOPES, Francis Junior Araújo. M.S. Universidade do Estado de Mato Grosso, Dezembro de 2020. **Structuring arboreal and epigenic assemblages of Formicidae in different landscapes in the municipality of Alta Floresta-MT, Brazil** Adviser: Juliana Garlet. Co-adviser: Ricardo Eduardo Vicente.

Ants are organisms found in the most varied terrestrial ecosystems with the exception of the poles, playing a multitude of ecological roles as dispersers, predators or scavengers performing ecosystem services, which bring positive impacts to the environment. They are currently considered the largest group of social insects with more than 13,000 named species and an estimated biomass of more than 10,000 trillion individuals, which represents most of the animal biomass in tropical forests. Given the characteristics such as: relatively developed taxonomy, easy sampling, high values of richness and frequency in the varied ecosystems of the planet, ants are characterized as bioindicator organisms. Thus, this research aimed to get to know the myrmecofauna in different plant formations in the municipality of Alta Floresta-MT, and to understand how these organisms are structured in a native environment in relation to vertical stratification, where sampling was carried out in two strata (arboreal and epigenic) in a remnant of native vegetation in the municipality. In addition, restoration strategies used on a property in the municipality of Alta Floresta-MT were evaluated by analyzing the composition (frequency and number of species) of the arboreal and epigenic assemblies of ants. For the sampling of ants, transects of 120 meters in length were established, both with five sampling points equidistant 20 meters from each other and at each sampling point a soil trap (soil pitfall) and a vegetation trap (tree pitfall) were installed. The collected ants were placed in collecting pots containing 70% alcohol and taken to the State University of Mato Grosso where they were separated from the other arthropods, identified at the gender level and reviewed by a specialist. The values for both frequency and number of ant species were higher in the epigenic stratum in relation to the arboreal stratum, with the subfamily Myrmicinae being the most frequent in both samplings, both in the first and in the second study. It was also observed a significant influence of nesting and turnover in the structure of beta

diversity in the remnant of forest and absence of influence of the collection season (dry and rainy) in the parameters of frequency and number of species. In the assessment of restoration strategies, it was identified that the restoration areas showed diversity greater than pasture and forest fragment, and formed a distinct group from the forest fragment in relation to the similarity in the composition of the ant assemblages and from the differences between the assemblages. of ants in different areas it is suggested the use of these insects as bioindicators in the evaluation of restoration processes.

Key-words: Mirmecofauna, vertical stratification, Southern Amazon, beta diversity partitioning.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) são organismos encontrados nos mais variados ecossistemas terrestres com a exceção dos polos, desempenhando uma infinidade de papéis ecológicos que vão desde potenciais dispersoras de sementes a predadoras ou necrófagas (HÖLLDOBLER, WILSON, 1990). Além disso, as formigas realizam serviços ecossistêmicos, que trazem impactos positivos (interações com outros organismos e até ciclagem de nutrientes) para o ambiente e desserviços ecossistêmicos que são os impactos negativos na saúde humana, ambiental e no bem-estar da sociedade (DEL TORO et al., 2012).

A Família Formicidae atualmente é considerada o maior grupo de insetos sociais com mais de 13.000 espécies nomeadas e uma biomassa estimada em mais de 10.000 trilhões de indivíduos, o que representa a maior parte da biomassa animal das florestas tropicais (CHOMICKI, RENNER, 2017). As formigas apresentam altos valores de riqueza e abundância, taxonomia relativamente bem resolvida, facilidade e baixo custo na realização de amostragens e respondem rapidamente a estímulos ambientais diversos, tais como ações antrópicas de degradação (HÖLLDOBLER, WILSON, 1990). Esta sensibilidade das formigas às mudanças ambientais confere a esse grupo a posição de organismos bioindicadores (HOLT, MILLER, 2010). Ainda, as formigas se destacam igualmente em outras temáticas, inspirando variadas tecnologias. Um exemplo recente, é a criação de um sistema de refrigeração passiva e flexível que pode ser aplicado a malhas vestíveis para o gerenciamento térmico pessoal baseado no funcionamento da pilosidade das formigas prateadas do deserto do Saara (WU et al., 2020).

Embora as formigas representem um grupo muito estudado entre os animais invertebrados, perguntas referentes a como, onde e quando esses insetos tenham se originado ainda permanecem como mistério. Sabe-se que há cerca de 100 milhões de anos atrás as formigas já povoavam nosso planeta e no que diz respeito a adaptação destes organismos ao longo do tempo, constata-se que as formigas mais remotas de que se tem registro não eram muito diferentes das formas atuais que conhecemos, o que demonstra seu sucesso adaptativo na natureza (FERNÁNDEZ, 2003).

A forma com que as formigas se distribuem pela região Neotropical não apresenta padrões uniformes constatados (em relação a espécies e até mesmo gêneros). A diversidade da mirmecofauna nesta região é de 39% do total mundial em número de gêneros da família Formicidae ficando atrás apenas da região Indo-Australiana (FERNÁNDEZ, 2003). O Brasil abriga mais da metade de formigas encontradas na região Neotropical, com aproximadamente 1.458 espécies distribuídas em 111 gêneros (BACCARO et al., 2015).

A região Neotropical também apresenta o maior número de gêneros endêmicos, 60 no total (BACCARO et al., 2015). Quando se analisa com mais especificidade o Brasil, nota-se que apresenta uma alta taxa de endemismo de espécies de formigas, sendo encontrados alguns gêneros em que a maioria das espécies conhecidas estão distribuídas somente no Brasil (FERNÁNDEZ, 2003).

Estes fatos apenas reforçam a importância de estudos com estes organismos tão intrinsecamente ligados aos ambientes em que se encontram e importantes em estratégias de conservação e preservação da biodiversidade ao ponto que estas são baseadas em parâmetros de riqueza e abundância gerados através de inventários faunísticos (SUGUITURU et al., 2013, VICENTE et al., 2018).

Nesse sentido, este estudo teve por objetivo geral conhecer a estrutura da mirmecofauna em diferentes estratos, para assim avaliar o sucesso na recuperação da biodiversidade em áreas de recuperação no município de Alta Floresta, Mato Grosso.

No primeiro capítulo avaliou-se a estruturação das assembleias de formigas dos estratos epigéico e arbóreo em remanescente florestal conservado no município de Alta Floresta, Mato Grosso, testando a hipótese de que os estratos amostrados possuíam diferenças na composição de espécies de formigas e que este comportamento é alterado pelas estações da região. No segundo capítulo compara-se parâmetros de frequência e número de espécies da mirmecofauna arborícola e epigéica em diferentes paisagens, avaliando a eficiência de processos de restauração.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. **Guia Para os Gêneros de Formigas do Brasil**. Editora Inpa, Manaus -AM, 388 p. 2015.

CHOMICKI, G.; RENNER, S. S. The interactions of ants with their biotic environment. **The Royal Society**, v. 284, p. 1-9, 2017. DOI: 10.1098/rspb.2017.0013.

DEL TORO, I.; RIBBONS, R. R.; PELINI, S. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). **Mirmecological News**, v. 17, p. 133-146, 2012.

FERNÁNDEZ, F (ed.). **Introducción a las hormigas de la Región Neotropical**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, 398 p. 2003.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Harvard University Press, Harvard. 732 p. 1990.

HOLT, E. A.; MILLER, S. W. Bioindicators: Using organisms to measure environmental impacts (nota do editor). **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, 2010.

SUGUITURU, S. S.; SOUZA, D. R.; MUNHAE, C. B.; PACHECO, R.; MORINI, M. S. C. Diversidade e riqueza de formigas (Hymenoptera:Formicidae) em remanescentes de Mata Atlântica na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, SP. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 2, p. 141-152, 2013.

VICENTE, R. E.; FERREIRA, A. C.; SANTOS, R. C. L.; PRADO, L. P. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) de uma paisagem fragmentada da Amazônia, Juara, Mato Grosso, Brasil, com novos registros de espécies de formigas. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 58, p. 1-6, 2018. DOI: < <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2018.58.40>>.

WU, W.; LIN, S.; WEI, M.; HUANG, J.; XU, H.; LU, Y.; CANÇAO, W. Flexible passive radiative cooling inspired by Saharan silver ants. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 210, p. 1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2020.110512>.

3. CAPÍTULOS

3.1. ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DE FORMIGAS EM UM REMANESCENTE DE FLORESTA NATIVA NA AMAZÔNIA MERIDIONAL, BRASIL

Resumo – (Estratificação vertical de formigas em um remanescente de floresta nativa na Amazônia Meridional, Brasil). Os padrões de distribuição das espécies de formigas são diversos e dependem de fatores locais, espaciais ou temporais. Em escala local, a temperatura, pluviosidade, pressão atmosférica e as formações vegetais são identificadas como fatores influentes na frequência e número de espécies de formigas. Assim, esta pesquisa objetivou avaliar a estruturação das assembleias de formigas dos estratos epigéico e arbóreo em um fragmento florestal conservado de Alta Floresta-MT. A mirmecofauna foi amostrada em remanescente florestal de 484 hectares de propriedade da CEPLAC no município de Alta Floresta-MT. Foram realizadas amostragens com trimestralmente a partir de dezembro de 2019 a junho de 2020. Na área foram estabelecidos cinco transectos de 120 metros, com cinco pontos amostrais equidistantes 20 metros entre si. Em cada ponto foi instalada uma armadilha de solo e de vegetação. Foram amostradas 96 espécies distribuídas em 26 gêneros e oito subfamílias de formigas. Myrmicinae apresentou maior número de gêneros (11 gêneros) e maior número de espécies (53 espécies). Além disso, as assembleias de formigas arborícolas e epigéicas apresentaram diferença significativa nos parâmetros frequência e número de espécies, sendo ambos os valores, superiores no estrato epigéico. Não houve influência da estação de coleta (seca e chuvosa) sobre esses parâmetros e a diversidade beta foi influenciada significativamente pelo aninhamento e turnover, sendo registrado uma forte proximidade das trilhas epigéicas e possivelmente as assembleias arborícolas se constituem como uma subamostra das formigas epigéicas.

Palavras-chave: Biodiversidade, mirmecofauna, fragmento florestal, Amazônia Meridional

Abstract - (Vertical stratification of ants in a remnant of native forest in the Southern Amazon, Brazil). The distribution patterns of ant species are diverse and depend on local, spatial or temporal factors. On a local scale, temperature, rainfall, atmospheric pressure and plant formations are identified as influencing factors on the frequency and number of ant species. Thus, this research aimed to evaluate the structuring of ants assemblages from the epigenic and arboreal strata in a conserved forest fragment of Alta Floresta-MT. The mirmecofauna was sampled in a 484-hectare forest remnant owned by CEPLAC in the municipality of Alta Floresta-MT. Samples were carried out quarterly from December 2019 to June 2020. In the area, five 120-meter transects were established, with five sampling points equidistant 20 meters apart. At each point, a soil and vegetation trap was installed. 96 species distributed in 26 genera and eight ant subfamilies were sampled. Myrmicinae presented a greater number of genera (11 genera) and a greater number of species (53 species). In addition, the assemblages of arboreal and epigéic ants showed a significant difference in the parameters frequency and number of species, both values being superior in the epigéic strata. There was no influence of the collection season (dry and rainy) on these parameters and the beta diversity was significantly influenced by nesting and turnover, with a strong proximity to the epigeic trails and possibly the arboreal assemblies constituting a subsample of the epigenic ants.

Key-words: Biodiversity, mirmecofauna, forest fragment, Southern Amazon.

Introdução

Os padrões de distribuição das espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) são diversos, dependendo de fatores locais, espaciais, temporais, naturais ou de origem antrópica (VASCONCELOS et al., 2000; RYDER-WILKIE et al., 2010; DONOSO, 2017; VICENTE, IZZO, 2020). Assim como em outros organismos, a organização espacial deste grupo de insetos é afetada pelos gradientes latitudinais e altitudinais reconhecidos por pesquisadores no mundo todo como os principais padrões da biogeografia moderna nos trópicos (LOMOLINO, 2001; VASCONCELOS et al., 2003). Além deste fator macroecológico, temperatura, pluviosidade, pressão atmosférica e frequentemente as formações vegetais (principalmente árvores), latitude e altitude são influentes da frequência e número de espécies de formigas (LASMAR et al., 2020).

A distribuição em formigas é afetada pela densidade vegetacional (RIBAS et al., 2003), idade das árvores e composição das espécies arbóreas (DEJEAN et al., 2015), tamanho da área florestal (VASCONCELOS et al., 2006; CUISSI et al., 2015) e o grau de isolamento da mesma (VASCONCELOS et al., 2006), heterogeneidade da serapilheira e presença ou ausência de galhos (BERNADOU et al., 2013; BACCARO et al., 2015) e características do solo (BESTELMEYER; WIENS, 2001; RÍOS-CASANOVA et al., 2015).

A maioria dos estudos com Formicidae enfoca as assembleias de solo ou epigéica. A composição da comunidade de formigas associadas a camada de liteira, demonstram que ambientes heterogêneos são importantes na manutenção da biodiversidade, estando próximos a áreas exploradas comercialmente (SUGUITURU et al., 2013). A fauna de formigas que habita o solo possui uma alta diversidade que pode ser comparada com valores encontrados na fauna coletada à serapilheira com metodologias de Winkler (SILVA; SILVESTRE, 2004). Já nos estudos sobre assembleias de formigas arborícolas, o assunto é escasso (RYDER-WILKIE et al., 2010; VICENTE et al., 2016; FOCAS-LEITE et al., 2018; PRINGLE et al., 2019), contudo esses estudos são importantes pois contribuem para o conhecimento da diversidade e história natural da fauna arborícola (DEJEAN et al., 2015).

Assim, esta pesquisa objetivou avaliar a estruturação das assembleias de formigas dos estratos epigéico e arbóreo em um remanescente florestal, nas estações seca e chuvosa no município de Alta Floresta-MT. Foi testada a hipótese de que os diferentes estratos amostrados possuíam diferente composição de espécies de formigas e que este comportamento é alterado pelo regime climático da região.

Material e Métodos

Área de estudo

As formigas foram coletadas em área de mata nativa de propriedade da CEPLAC, localizada no município de Alta Floresta, no norte de Mato Grosso com uma área territorial de 8.953,191 Km² (IBGE, 2019). Segundo Köppen, o local possui clima Tropical de Monção - Am com influência do clima Tropical com Inverno Seco - Aw, a precipitação pluviométrica anual é de 2800-3100 mm, altitude média de 320 metros e temperatura média acima de 26° C (ALVARES et al., 2013).

A área de mata nativa avaliada apresenta uma área estimada em 484 ha (Figura 1), com vegetação que abrange herbáceas, arbustos e árvores, apresentado parcelas definidas para estudos sobre serapilheira e análises fitossociológicas.

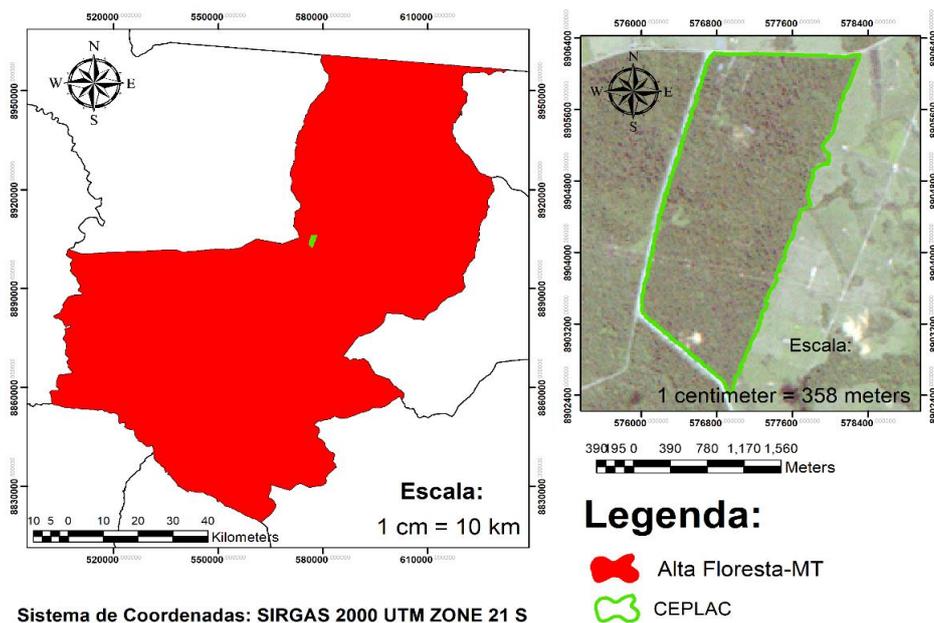


Figura 1. Localização da área de estudo da CEPLAC no município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. Fonte: O autor.

Desenho amostral e metodologia de coleta

Foram estabelecidos cinco transectos de 120 metros de extensão, apresentando cada um cinco pontos amostrais equidistantes 20 metros (Figura 2) a fim de evitar a coleta de operárias de um mesmo ninho, sendo essa distância superior à amplitude média de forrageamento das colônias de formigas (conforme estudos realizados na América do Norte e na região Neotropical), garantindo a independência das amostras (DEL-TORO et al., 2015; BACCARO; FERRAZ, 2013). A fim de remover provável efeito de borda, os transectos foram instalados a uma distância de 20 metros da borda da mata, evitando a amostragem de espécies de formigas de outros ambientes que estejam forrageando na área de transição com a área amostral.

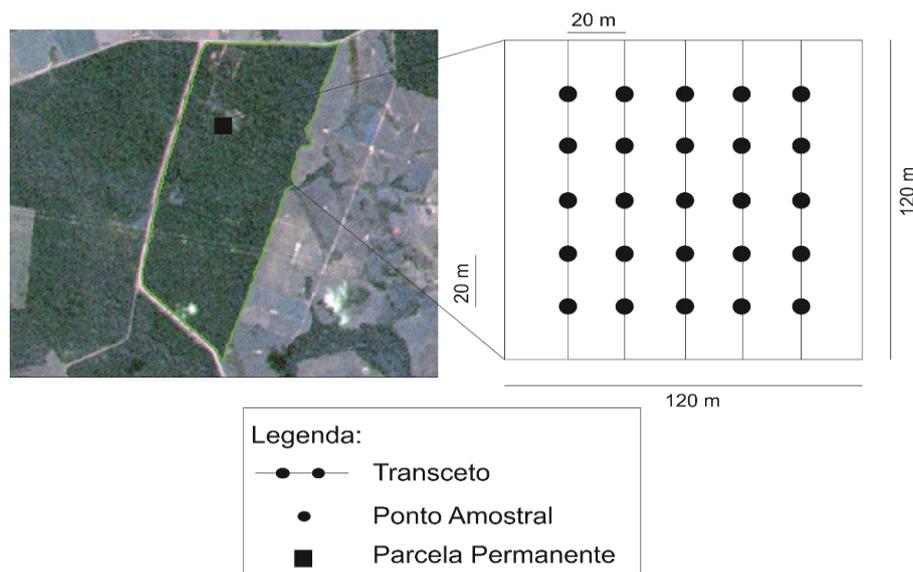


Figura 2. Croqui dos transectos e pontos amostrais na área da CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. Fonte: O autor.

As armadilhas utilizadas na coleta das formigas que forrageiam o solo foram do tipo *pitfall* Trampa Provid (ANTONIOLLI et al., 2006) com adaptações referentes a altura e tamanho das aberturas em forma de janela na garrafa pet (Figura 3) e durante a instalação, tomou-se o cuidado de causar o mínimo de perturbação a fim de evitar afugentar a comunidade de artrópodes que forrageiam na proximidade ou de causar modificações no habitat, visto que essas perturbações podem interferir na fauna de formigas (LASMAR et al., 2017). Já

para amostragem das formigas que forrageiam na vegetação utilizou-se pitfall no sub-bosque a cerca de 1,50m do solo (CAMPOS et al., 2008; SILVA et al., 2011).



Figura 3. A: *Pitfall* do tipo Trampa Provid para coleta de formigas forrageando o solo (A) e, *Pitfall* instalado no solo (B) na CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. Fonte: O autor.

As pitfalls arborícolas foram instaladas no mesmo ponto amostral durante as quatro amostragens, porém não na mesma árvore. Elas foram confeccionadas cortando a parte superior de garrafas Pet de 300 ml. Após o corte, a parte superior do recipiente, em forma de funil, era invertido, encaixado na parte de baixo da garrafa e amarrado com barbante de algodão (Figura 4).



Figura 4. Estágios de confecção dos pitfalls arbóreos utilizados na amostragem de formigas na CEPLAC, Alta Floresta-MT, Brasil. Recipientes plásticos marcados para recortar a parte superior (A), parte superior recortada formando um funil (B), parte superior e inferior unidas com barbante (C). Fonte: O autor

A amostragem foi realizada trimestralmente do ano de 2019 a 2020 (Setembro/2019-Seca, Dezembro/2019-Chuva, Março/2020-Chuva e Junho/2020-Seca). Durante as amostragens, as armadilhas eram instaladas e permaneciam em campo por 72 horas. Após este período, elas eram retiradas e o material coletado devidamente separado das partículas de solo e outros materiais presentes na serapilheira com auxílio de uma peneira de malha fina. Após essa separação, apenas os artrópodes eram retirados da peneira fina usando uma pinça entomológica e acondicionados em potes coletores contendo álcool 70%. O material era levado ao Laboratório Didático da Universidade do Estado de Mato Grosso para triagem e análise do material.

Após a separação dos indivíduos da família Formicidae dos demais grupos coletados, as formigas foram acondicionadas em microtubos contendo álcool 70% e rotuladas. Primeiramente realizou-se a identificação ao nível de gênero com chave taxonômica do Guia para os gêneros de formigas do Brasil (BACCARO et al., 2015). Após isso, foi realizada a morfotipagem das formigas de cada gênero utilizando os caracteres morfológicos apontados nas chaves de identificação em nível de espécie presentes na literatura. Por fim, realizou-se a conferência do material identificado por especialista (Dr. Ricardo Eduardo Vicente).

Análise dos dados

Para avaliar a diferença na frequência e número de espécies de formigas entre os estratos arbóreo e epigéico foi realizado um teste t (significância = $p < 0,05$). Por serem insetos sociais, a frequência das formigas foi tratada nesta pesquisa como o somatório das ocorrências de espécies de formigas por unidade amostral, sendo cada unidade amostral, o conjunto de armadilhas dentro de um transecto (trilha), evitando utilizar apenas uma armadilha como unidade amostral, e maximizar o desempenho de um “zero” na amostragem.

Esta medida de frequência (*sample-based*) foi proposta por Gotelli et al. (2011) para insetos sociais, pois a abundância real depende da distância do ninho e do número de operárias daquela colônia (GOTELLI et al. 2011; BACCARO et al., 2015). Este procedimento é utilizado em trabalhos realizados com a mirmecofauna Neotropical (RYDER-WILKIE et al., 2010; VICENTE et al., 2016; VICENTE; IZZO, 2020), evitou-se a contagem das operárias individuais para o cálculo da frequência como é esperado em estudos ecológicos com insetos sociais, pois estes valores individuais de formigas trabalhadoras são influenciados pela proximidade aos ninhos favorecendo a presença de muitos representantes de uma espécie em detrimento de outra na unidade amostral (armadilha) e além disso, o número de operárias de uma colônia pode variar muito de uma espécie para outra (BACCARO et al., 2015).

O teste t foi utilizado também para analisar a diferença no número de espécies entre os dois estratos amostrados (arbóreo e epigéico), definida neste trabalho como o número de espécies ocorrentes em cada unidade amostral. O teste t foi utilizado também para analisar a diferença na frequência e número de espécies de formigas entre as estações de coleta (seca e chuvosa).

Para testar a semelhança entre a composição das assembleias de formigas que forrageiam nas árvores e aquelas que forrageiam no solo, primeiramente foi realizada uma partição de diversidade beta. Onde particionou-se a composição de espécies de formigas dos dois estratos amostrados em dois componentes independentes: aninhamento e turnover (BASELGA; LEPRIEUR, 2015).

As matrizes de composição, de aninhamento e de turnover, foram utilizadas em uma Regressão de Matrizes Multivariadas-MRM (LICHSTEIN, 2007). MRM é um método flexível, pois aceita dados categóricos, contínuos, contagens e presença-ausência usando um teste de permutação de significância para os coeficientes de regressão (GROSLEE, URBAN, 2007; LICHSTEIN, 2007). Todas as análises foram realizadas no ambiente do software R utilizando-se dos pacotes “vegan”, “ecodist” (GROSLEE, URBAN, 2007) e “betapart” (BASELGA et al., 2020).

Resultados

Foram encontrados um total de 478 registros referentes a 96 espécies distribuídas em 26 gêneros e oito subfamílias de Formicidae (Tabela 1). Myrmicinae apresentou maior número de gêneros (11 gêneros) e, conseqüentemente, um maior número de espécies (53 espécies). Os gêneros com maiores números de espécies foram: *Pheidole* (15 espécies), *Camponotus* (12 espécies), *Crematogaster* (oito espécies) e *Trachymyrmex* (sete espécies).

Do total de espécies coletadas, 78,1% foram amostradas no estrato epigéico (75 spp./ 96 spp.) e 21,9% do total geral de espécies foram coletadas nos *pitfalls* instalados na vegetação. Destas 96 espécies, 68 foram amostradas em apenas um estrato, sendo 52 espécies somente no estrato epigéico (76,5% das espécies em um único estrato) e 16 espécies somente no estrato arbóreo (23,5% das espécies amostradas em um único estrato). Em relação a presença em ambos os estratos, os gêneros com maior representatividade de espécies foram: *Camponotus* (sete espécies), *Crematogaster* (seis espécies) e *Pheidole* (seis espécies).

Tabela 1. Checklist das subfamílias, gêneros e espécies de formigas amostradas com presença ou ausência no estrato epigéico e arbóreo do fragmento de mata nativa da CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

SUBFAMÍLIA/GÊNERO/ESPÉCIE	Estrato	
	Epigéico	Arbóreo
DOLICHODERINAE		
Dolichoderini		
<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	X	
<i>Dolichoderus imitator</i> Emery, 1894	X	X
Leptomyrmecini		
<i>Azteca</i> sp1.		X
DORYLINAE		
Ecitonini		
<i>Labidus</i> aff. <i>coecus</i>	X	
<i>Neivamyrmex balzani</i> (Emery, 1894)	X	
<i>Neivamyrmex postangustatus</i> (Borgmeier, 1934)	X	
ECTATOMINAE		
Ectatommini		
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	X	
<i>Ectatomma lugens</i> Emery, 1894	X	
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)		X
<i>Gnamptogenys</i> aff. <i>caelata</i>	X	

<i>Gnamptogenys horni</i> (Santischi, 1929)	X	
<i>Gnamptogenys</i> sp2.	X	
FORMICINAE		
Camponotini		
<i>Camponotus</i> aff. <i>bonariensis</i>	X	X
<i>Camponotus</i> aff. <i>fastigatus</i>	X	X
<i>Camponotus</i> aff. <i>melanoticus</i>	X	X
<i>Camponotus hippocrepis</i> Emery, 1920		X
<i>Camponotus</i> sp1.	X	X
<i>Camponotus</i> sp2.	X	X
<i>Camponotus</i> sp3.	X	X
<i>Camponotus</i> sp4.	X	X
<i>Camponotus</i> sp5.		X
<i>Camponotus</i> sp6.	X	
<i>Camponotus textor</i> Forel, 1899		X
<i>Camponotus trapezoideus</i> Mayr, 1870		X
Lasiini		
<i>Nylanderia</i> sp1.	X	X
<i>Nylanderia</i> sp2.	X	X
<i>Nylanderia</i> sp3.	X	X
<i>Nylanderia</i> sp4.	X	
<i>Nylanderia</i> sp5.		X
MYRMICINAE		
Atiini		
<i>Acromyrmex</i> sp1.	X	
<i>Acromyrmex</i> sp2.	X	
<i>Acromyrmex</i> sp3.	X	X
<i>Acromyrmex</i> sp4.	X	
<i>Acromyrmex</i> sp5.	X	
<i>Apterostigma</i> aff. <i>pilosum</i>	X	
<i>Cephalotes</i> aff. <i>pusillus</i>		X
<i>Cephalotes</i> aff. <i>targionii</i>		X
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X
<i>Cephalotes clypeatus</i> (Fabricius, 1804)		X
<i>Cyphomyrmex vorticis</i> Weber, 1940	X	
<i>Mycetagroicus</i> cf.	X	
<i>Mycocepurus</i> sp2.	X	
<i>Pheidole</i> aff. <i>biconstricta</i>	X	
<i>Pheidole</i> sp1.	X	
<i>Pheidole</i> sp2. (Fallax group)	X	
<i>Pheidole</i> sp3.	X	
<i>Pheidole</i> sp4.	X	X
<i>Pheidole</i> sp5.	X	X
<i>Pheidole</i> sp6.	X	
<i>Pheidole</i> sp7.	X	X
<i>Pheidole</i> sp8.	X	X

<i>Pheidole</i> sp9.	X	
<i>Pheidole</i> sp10.	X	X
<i>Pheidole</i> sp11.	X	X
<i>Pheidole</i> sp12.	X	
<i>Pheidole</i> sp13.	X	
<i>Pheidole</i> sp14.	X	
<i>Sericomyrmex</i> sp1.	X	
<i>Sericomyrmex</i> sp2.	X	
<i>Sericomyrmex</i> sp3.	X	
<i>Sericomyrmex</i> sp4.	X	
<i>Sericomyrmex</i> sp5.	X	
<i>Trachymyrmex</i> sp1.	X	
<i>Trachymyrmex</i> sp2.	X	
<i>Trachymyrmex</i> sp3.	X	
<i>Trachymyrmex</i> sp4.	X	
<i>Trachymyrmex</i> sp5.	X	
<i>Trachymyrmex</i> sp6.	X	
<i>Trachymyrmex</i> sp7.	X	
Crematogastrini		
<i>Crematogaster</i> sp1.	X	X
<i>Crematogaster</i> sp2.	X	X
<i>Crematogaster</i> sp3.	X	
<i>Crematogaster</i> sp4.	X	X
<i>Crematogaster</i> sp5.	X	X
<i>Crematogaster</i> sp6.	X	X
<i>Crematogaster</i> sp8.	X	X
<i>Crematogaster</i> sp9.	X	
Solenopsidini		
<i>Solenopsis</i> sp1.		X
<i>Solenopsis</i> sp2.	X	
<i>Solenopsis</i> sp3.	X	X
<i>Solenopsis</i> sp4.		X
<i>Solenopsis</i> sp5.	X	
PARAPONERINAE		
Paraponerini		
<i>Paraponera clavata</i> (Fabricius, 1775)		X
PONERINAE		
Ponerini		
<i>Anochetus</i> aff. <i>diegensis</i>	X	
<i>Mayaponera constricta</i> (Mayr, 1884)	X	
<i>Neoponera apicalis</i> (Latreille, 1802)	X	
<i>Neoponera commutata</i> (Roger, 1860)	X	
<i>Neoponera verenae</i> (Forel, 1922)	X	
<i>Neoponera villosa</i> (Fabricius, 1804)		X
<i>Odontomachus</i> sp1.	X	
<i>Odontomachus</i> sp2.		X

<i>Pachycondyla crassinoda</i> (Latreille, 1802)	X	
PSEUDOMIRMECINAE		
Pseudomyrmecini		
<i>Pseudomyrmex</i> sp1.		X
<i>Pseudomyrmex</i> sp3.	X	
<i>Pseudomyrmex</i> sp4.		X
<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius, 1804)	X	X

Legenda: O "X" representa presença da espécie no estrato.

O teste de média, teste t, realizado com os dados de frequência e número de espécies, demonstrou que tanto a frequência (Figura 5) quanto o número de espécies (Figura 6) diferiram significativamente entre os estratos arbóreo e epigéico amostrados nesta pesquisa (Tabela 2).

Tabela 2. Valores do teste t para diferença na frequência e número de espécies entre as formigas do estrato arbóreo e do estrato epigéico da CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

Parâmetros	T	Df	p valor
Frequência	-3,3326	35,657	< 0,05
Número de espécies	-5,7729	36,98	< 0,05

As médias obtidas no teste t foram superiores no estrato epigéico em relação às do estrato arbóreo tanto para a frequência quanto para o número de espécies (Figura 05).

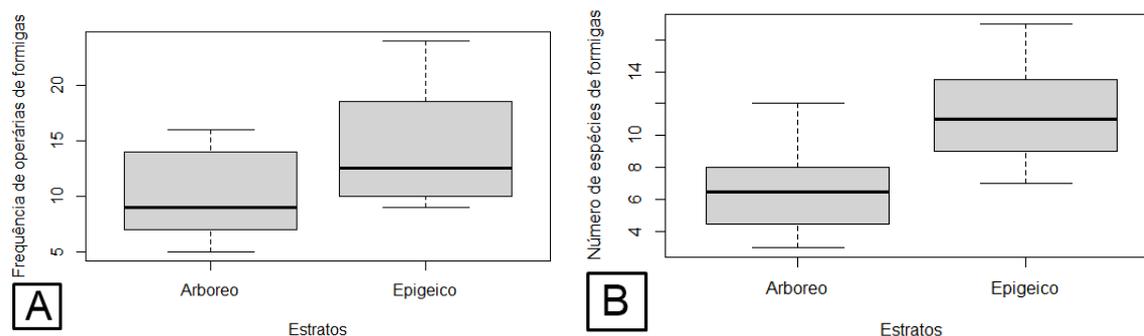


Figura 5. Médias do teste t para os parâmetros frequência de operárias (A) e número de espécies (B) nos estratos arbóreo e epigéico na CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

A partição de beta diversidade mostrou que a diversidade beta total é diferente entre as diferentes assembleias amostradas ($p > 0.001$; Figura 6-A).

Foi verificado também um aninhamento resultante significativo ($p > 0.001$). Além disso, a substituição de espécies (turnover) também foi estatisticamente significativa (Tabela 3) entre os estratos amostrados ($p = 0,001$).

Tabela 3: Diversidade beta das assembleias de formigas nos estratos arbóreo e epigéico da CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

Parâmetro da assembleia	R ²	F	p valor
Beta total	0.05554098	45.75200	0.00001
Beta aninhada	0.02132224	16.95012	0.00078
Beta turnover	0.01255906	9.89522	0.00100

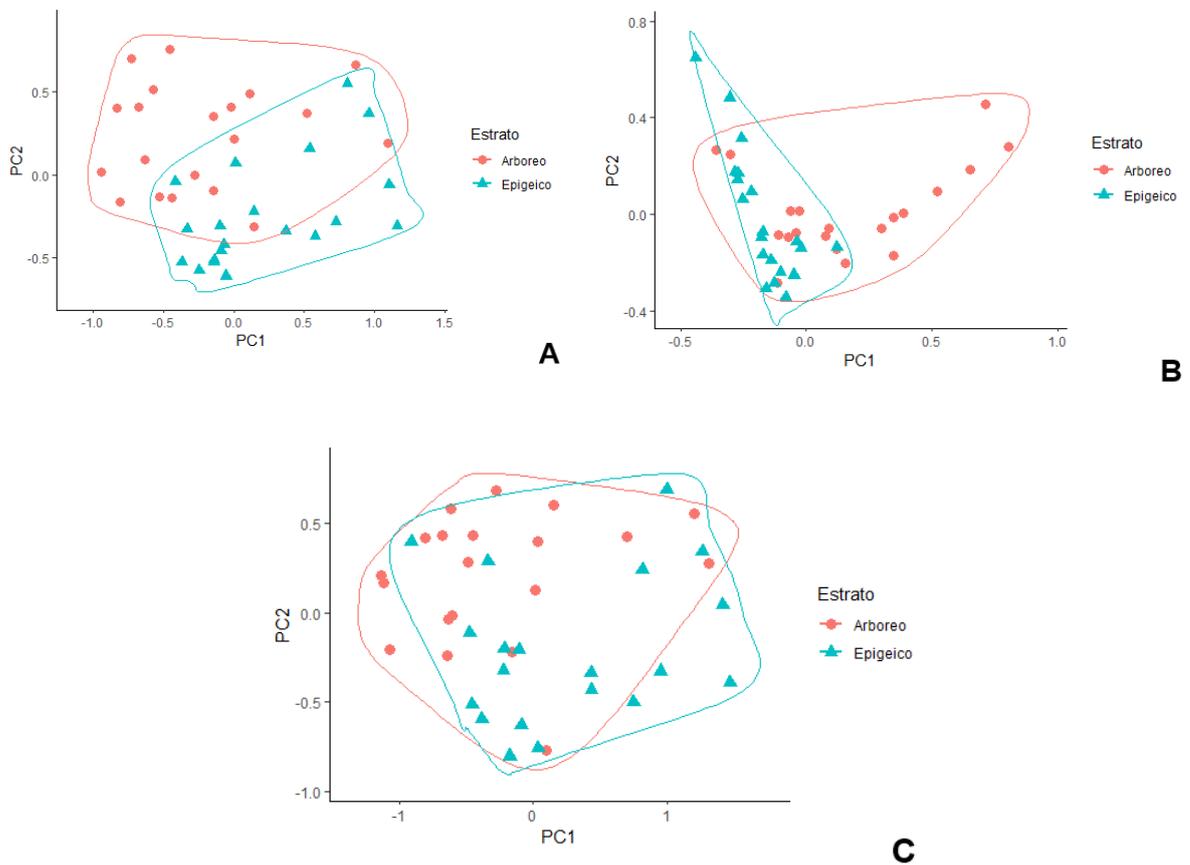


Figura 6. Representação das assembleias de formigas dos estratos arbóreo e epigéico pela composição de diversidade beta total (A), aninhamento resultante (B) e turnover de espécies (C) na CEPLAC, Alta Floresta-Mato Grosso, Brasil.

Conforme o teste t, não se observou diferença significativa entre os parâmetros frequência e número de espécies ($p > 0,05$) coletadas nos estratos epigéico e arbóreo entre as estações seca e chuvosa (Tabela 4).

Tabela 4. Teste t para diferença na frequência e no número de espécies dos estratos arbóreo e epigéico nas estações seca e chuvosa na CEPLAC, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

Parâmetros	Estações	T	Df	p valor
Frequência	Seca e Chuvosa	-1.5552	3.866	> 0.05
Número de espécies	Seca e Chuvosa	-0.63931	5.9996	> 0.05

Discussão

A floresta amazônica é considerada um dos principais centros de biodiversidade do mundo (DIRZO; RAVEN, 2003). Apesar disso, existem grandes lacunas sobre o conhecimento dessa biodiversidade, principalmente quando se analisa a diversidade de artrópodes, que ocupam diferentes estratos das florestas tropicais (BASSET et al., 2003, 2012; MARQUES et al., 2006). Para Formicidae, por exemplo, a maioria dos estudos, principalmente na Amazônia, se concentram na fauna de solo (VASCONCELOS et al. 2003; VASCONCELOS; VILHENA, 2006; SANTOS-SILVA et al., 2016; TORRES et al., 2020). Poucos são os trabalhos sobre a diversidade de formigas arborícolas, e principalmente, comparando os estratos epigéico e arborícola (VASCONCELOS, VILHENA, 2006; VICENTE et al., 2016), o que demonstra a importância de estudos sobre este tema.

Apesar dos estudos comparando os dois estratos serem escassos, neste trabalho foi possível verificar que a fauna de formigas da região amazônica é mais rica e abundante no solo e que a assembleia de formigas de solo é diferente da assembleia de vegetação, sendo essa alteração na diversidade beta entre os estratos ocasionada pelo aninhamento e a substituição de espécies (turnover).

O número de espécies e a frequência de formigas maior no estrato epigéico do que no estrato arborícola encontrado neste estudo é um parâmetro comum na fauna de formigas na região neotropical (VASCONCELOS, VILHENA, 2006; VICENTE et al., 2016; CAMPOS et al., 2008). Estes resultados são justificados pela diferença estrutural de ambos os estratos, pois o estrato epigéico apresenta uma diversidade de habitats superior ao estrato arbóreo com a presença de galhos podres, frutos secos, folhas em decomposição, ninhos de cupins, solo exposto com diferentes granulometrias, onde algumas espécies constroem ninhos e forrageiam (BACCARO et al., 2015).

A rugosidade do ambiente, bem como fatores ambientais influenciam também no uso do habitat e no forrageamento das formigas (CLAY et al., 2010; VICENTE; IZZO, 2017; STEADMAN et al., 2020). A diferença nesta composição, refere-se tanto ao aninhamento quanto a substituição de espécies entre os dois estratos. Isso porque neste estudo, somente 40% das espécies foram

encontradas em ambos os estratos causando o aninhamento, enquanto 60% das espécies estão restritas a um dos dois estratos, causando a substituição das espécies (turnover) entre os estratos.

A ausência de influência da sazonalidade sobre os parâmetros de frequência e número de espécies de formigas mostrou-se um resultado diferente do esperado, pois a sazonalidade é fator que influencia diretamente no número de espécies e frequência dos mais variados grupos biológicos, incluindo as formigas (HAUGAASEN; PERES, 2007; OLIVEIRA-FILHO et al., 2013; KREUTZ et al., 2016). Principalmente devido ao fato de as variáveis climáticas funcionarem como um envelope restringindo algumas espécies de formigas ao afetar a reprodução e uso do habitat (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

A sazonalidade, também surte efeito sobre a fenologia das plantas, e na oferta de néctar pelos nectários que servem de alimento para as formigas (SCHOEREDER et al., 2010; SANTOS et al., 2014). Isso porque, as condições climáticas como temperatura, pressão e pluviosidade, que são variáveis que mudam conforme a sazonalidade, podem causar efeito diretamente sobre parâmetros da assembleia de formigas (SANTOS et al., 2012). Uma possível explicação para ausência desta influência reside no período em que este estudo foi realizado, a influência da sazonalidade pode aparecer em períodos mais longos de estudo (VARGAS et al., 2007).

Em relação a composição taxonômica das assembleias, o alto número de espécies na subfamília Myrmicinae encontrado neste trabalho, deve-se ao fato de que esta subfamília contém organismos com alto grau de diversificação morfológica e interações com outros seres vivos (FOWLER et al., 1991). Essa alta diversificação de Myrmicinae leva esta subfamília a estar entre as mais diversas em grande parte dos inventários da mirmecofauna arborícola (NEVES et al., 2010; POWELL et al., 2011) ou de solo (SANTOS-SILVA et al., 2016).

Já os gêneros mais diversos encontrados neste trabalho foram *Pheidole* que pertence à família Myrmicinae, citada anteriormente, e *Camponotus*. Esta alta diversidade de espécies do gênero *Pheidole* é frequentemente associada a seu hábito alimentar generalista e a infinidade de relações que as espécies deste gênero possuem com os componentes bióticos e abiótico do ecossistema (BACCARO et al., 2015).

O segundo gênero mais rico nesta pesquisa, *Camponotus*, também é frequentemente relatado nos estudos com formigas, sendo um gênero com número de espécies elevado principalmente no estrato arbóreo (WILSON, 1987; FLOREN et al., 2002; RIBAS et al., 2003; FLOREN; LINSÉNMAIR, 2005; NEVES et al., 2010; POWELL et al., 2011, SANTOS-SILVA et al., 2016). Este padrão é reflexo da diversidade de habitats e comportamentos do gênero (KARAMAN et al., 2011; SCHARMANN et al., 2013; KLIMES; MCARTHUR, 2014; MORA-RUBIO et al., 2019; VICENTE et al., 2020), estando entre os gêneros mais conhecidos no mundo com cerca de 1.100 espécies descritas, sendo 350 para a região Neotropical (FERNÁNDEZ & SENDOYA, 2004; SANTOS-SILVA et al., 2016; VICENTE et al., 2016).

Sumarizando, os resultados deste estudo demonstram que a assembleia de formigas, é diferente entre os estratos e não há influência da sazonalidade sobre essa diferença. Assim, foi aceita a hipótese de que os estratos arbóreo e epigéico apresentam composição de espécies de formigas diferentes e rejeitou-se a influência do regime climático da região sobre este comportamento no presente período do estudo. Além disso, este estudo contribui com o conhecimento sobre a diversidade da mirmecofauna da região mato-grossense e da Amazônia Meridional, fornecendo informações sobre estes organismos tão diversos nos ecossistemas terrestres. Pois, tanto o conhecimento sobre a biodiversidade dessa região, quanto a história natural desses organismos, é ainda escasso (VICENTE et al., 2012, 2015, 2016, 2018, 2019; PRADO et al., 2016; FOCAS-LEITE et al., 2018).

Conclusões

As assembleias de formigas amostradas apresentam valores de número de espécies e frequência superiores no estrato epigéico em relação ao estrato arbóreo. As estações seca e chuvosa não influenciam nos parâmetros de riqueza e frequência de espécies de formigas no fragmento florestal avaliado.

Referências Bibliográficas

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANTONIOLLI, Z.I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O., SILVA, D. M.; SILVA, R. F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 407-417, 2006.

BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. **Guia Para os Gêneros de Formigas do Brasil**. Editora Inpa, 388 p. Manaus-AM. 2015.

BACCARO, F. B.; FERRAZ, G. Estimating density of ant nests using distance sampling. **Insectes Sociaux**, v. 60, p. 103–110, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-012-0274-2>.

BASELGA, A.; LEPRIEUR, F. Comparing methods to separate components of beta diversity. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 1069-1079, 2015.

BASELGA, A.; ORME, D.; VILLEGGER, S.; BORTOLI, J.; LEPRIEUR, F.; LOGEZ, M. betapart: Partitioning Beta Diversity into turnover and nestedness components. R package version 1.5.2, 2020. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=betapart>>.

BASSET, Y.; CIZEK, L.; CUÉNOUD, P.; DIDHAM, R. K.; GUILHAUMON, F.; MISSA, O.; TISHECHKIN, A. K. Arthropod diversity in a tropical forest. **Science**, v. 338, p.1481-1484, 2012.

BASSET, Y.; HAMMOND, P. M.; BARRIOS, H.; HOLLOWAY, J. D.; MILLER, S. E. Vertical stratification of arthropod assemblages. In: BASSET, Y.; KITCHING, R.; MILLER, S.; NOVONTNY, V. **Arthropods of tropical forests- Spatio-temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy**, Cambridge University Press, 2003, 492 p.

BERNADOU, A.; CÉRÉGHINO, R.; BARCET, H.; COMBE, M.; ESPADALER, X.; FOURCASSIÉ, V. Physical and land-cover variables influence ant functional groups and species diversity along elevational gradients. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 7, p. 1378-1400, 2013.

BESTELMEYER, B. T.; WIENS, J. A. Ant biodiversity in semiarid landscape mosaics: The consequences of grazing vs. natural heterogeneity. **Ecological Applications**, v. 11, n. 4, p. 1123-1140, 2001.

CAMPOS, R.I.; LOPES, C. T.; MAGALHÃES, W. C. S.; VASCONCELOS, H. L. Estratificação vertical de formigas em Cerrado stricto sensu no Parque Estadual da Serra das Caldas Novas, Goiás, Brasil. **Iheringia**, v. 98, p. 311-316, 2008.

CHASE, J.M.; KRAFT, N.J.B.; SMITH, K.G.; VELLEND, M.; INOUE, B.D. Using null models to disentangle variation in community dissimilarity from variation in alpha-diversity. **Ecosphere**, v. 2, p. 1-11, 2011. DOI:10.1890/ES10-00117.1

CLAY, N. A.; BAUER, M., SOLIS, M.; YANOVIK, S. P. Arboreal substrates influence foraging in tropical ants. **Ecological Entomology**, v. 35, p. 417-423, 2010.

CUISSI, R. G.; LASMAR, C. J.; MORETTI, T. S.; SCHMIDT, F. A.; FERNADES, W. D.; FALLEIROS, A. B.; SCHOEREDER, J. H.; RIBAS, C. R. Ant community in natural fragments of the Brazilian wetland: species-area relation and isolation. **Journal of Insect Conservation**, v. 19, p. 531-538, 2015. DOI: 10.1007/s10841-015-9774-5.

DEJEAN, A.; RYDER, S.; BOLTON B.; COMPIN, A.; LEPONCE, M.; AZÉMAR, F.; CÉRÉGHINO, R.; ORIVEL, J.; CORBARA, B. How territoriality and host-tree taxa determine the structure of ant mosaics. **The Science of Nature**, v. 102, n. 33, p. 1-9, 2015. DOI:10.1007/s00114-015-1282-7.

DEL-TORO, I.; SILVA, R. R.; ELINSON, A. M. Predicted impacts of climatic change on ant functional diversity and distributions in eastern North American forests. **Diversity and distributions**, v. 21, p. 781-791, 2015.

DIRZO, R.; RAVEN, P. H. Global state of biodiversity and loss. **Annual review of Environment and Resources**, v. 28, p. 137-167, 2003.

DONOSO, D. A. Tropical ant communities are in long-term equilibrium. **Ecological Indicators**, v. 83, p. 515-523, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.022>

FERNÁNDEZ, F.; SENDOYA, S. List of Neotropical ants (Hymenoptera: Formicidae). **Biota Colombiana**, v. 5, n. 1, p. 3-93, 2004.

FLOREN, A.; BIUN, A.; LINSENMAIR, K. E. Arboreal ants as key predators in tropical lowland rainforest trees. **Oecologia**, v. 131, p. 137-144, 2002.

FLOREN, A.; LINSENMAIR, K. E. The importance of primary tropical rainforest for species diversity: an investigation using arboreal ants as an example. **Ecosystems**, v. 8, p. 559-567, 2005.

FOCAS-LEITE, J. A.; VICENTE, R. E.; OLIVEIRA, L. C. (2018). Forest understory ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblage in a Meridional Amazonian landscape, Brazil. **Caldasia**, v. 40, p. 192-194, 2018.

FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C.; VASCONCELOS, H. L. **Ecologia nutricional de formigas**. In: AR Panizzi and JRP Parra (eds.), *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. pp. 131-223. São Paulo: Editora Manole, 1991.

GROSLEE, S.C.; URBAN, D.L. The ecodist package for dissimilarity-based analysis of ecological data. **Journal of Statistical Software**, v. 22, p. 1-19, 2007.

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A. M.; DUNN, R. R.; SANDERS, N. J. Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): Biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists. **Mirmecological News**, v. 15, p. 13-19, 2011.

HAUGAASEN, T.; PERES, C. A. (2007). Vertebrate responses to fruit production in Amazonian flooded and unflooded forests. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, p. 4165-4190, 2007. DOI 10.1007/s10531-007-9217-z

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Harvard University Press, Harvard. 732 p., 1990.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatísticas. IBGE Cidades (dados de unidade territorial do ano de 2019). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/alta-floresta/panorama>>. Acesso em: 14 out. 2020.

KARAMAN, C.; AKTAC, N.; KIRAN, K. Ants of the genus *Camponotus* Mayr, 1861 (Hymenoptera: Formicidae) in the Kaz Mountains, Turkey, with descriptions of sexuals of *Camponotus candiotes* Emery, 1894 and *Camponotus ionius* Emery, 1920. **Turkish Journal of Zoology**, v. 35, p. 183-197, 2011.

KLIMES, P.; MCARTHUR, A. Diversity and ecology of arboricolous ant communities of *Camponotus* (Hymenoptera: Formicidae) in a New Guinea rainforest with descriptions of four new species. **Myrmecological News**, v. 20, p. 141-158, 2014.

KREUTZ, C.; ATHAYDE-FILHO, F. P. Spatial and seasonal variation in the species richness and abundance of ferns and lycophytes in gallery forests of Cerrado in Central Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, p. 315-326, 2016.

LASMAR, C. J.; QUEIROZ, A. C. M.; RABELLO, A. M.; FEITOSA, R. M.; CANEDO-JÚNIOR, E. O., SCHMIDT, F. A.; RIBAS, C. R. Testing the effect of pitfall-trap installation on ant sampling. **Insectes Sociaux**, v. 64, p. 445-451, 2017.

LASMAR, C. J.; RIBAS, C.; LOUZADA, J.; QUEIROZ, A. C. M.; FEITOSA, R. M.; IMATA, M. M. G.; ALVES, G. P.; NASCIMENTO, G. B.; NEVES, F. S.; DOMINGOS, D. Q. Disentangling elevational and vegetational effects on ant diversity patterns. **Acta Oecologica**, v. 102, p. 1-7, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103489>.

LICHSTEIN, J. W. Multiple regression on distance matrices: a multivariate spatial analysis tool. **Plant Ecology**, v. 188, p. 117-131, 2007.

LOMOLINO, M. V. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. **Global Ecology and Biogeography**, v. 10, p. 3-13, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1466-822x.2001.00229> .

MARQUES, M. I.; ADIS, J.; SANTOS, G. B. D.; BATTIROLA, L. D. Terrestrial arthropods from tree canopies in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, p. 257-267, 2006.

MCARTHUR, R. H.; MCARTHUR, J. W. On bird species diversity. **Ecology**, v. 42, p. 594-598, 1961.

MORA-RUBIO, C.; PÉREZ-BOTE, J. L.; MURIEL, J. Nest Association between *Camponotus fallax* (Hymenoptera: Formicidae) and *Vespa crabro* (Hymenoptera: Vespidae) in Central Iberian Peninsula. **Sociobiology**, v. 66, p. 523-526, 2019.

NEVES, F. S.; BRAGA, R. F.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; DELABIE, J. H. C.; FERNADES, G. W.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Diversity of arboreal ants in a Brazilian tropical dry forest: effects of seasonality and sucesional stage. **Sociobiology**, v. 56, p. 1-18, 2010.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARDOSO, D.; SCHRIRE, B. D.; LEWIS, G. P.; PENNINGTON, R. T.; BRUMMER, T. J.; LAVIN, M. Stability structures tropical woody plant diversity more than seasonality: insights into the ecology of high legume-succulent-plant biodiversity. **South African Journal of Botany**, v. 89, p. 42-57, 2013.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. *vegan*: Community Ecology Package. R package version 2.5-6. 2019. Disponível em: < <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 26 dez. 2020.

POWELL, S.; COSTA, A. N.; LOPES, C. T.; VASCONCELOS, H. Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, p. 352-360, 2011.

PRADO, L. P.; VICENTE, R. E.; SILVA, T. S.; SOUZA, J. L. P. *Strumigenys fairchildi* Brown, 1961 (Formicidae, Myrmicinae): first record of this rarely collected ant from Brazil. **Check List**, v. 12, p.1-5, 2016.

PRINGLE, E. G., SANTOS, T. F. D., GONÇALVES, M. S., HAWES, J. E., PERES, C. A., & BACCARO, F. B. Arboreal ant abundance tracks primary productivity in an Amazonian whitewater river system. **Ecosphere**, v. 10, p. 1-16, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.2902>

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <<https://www.R-project.org/> <https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 26 dez. 2020.

RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H.; PIC, M.; SOARES, S. M. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale process regulating arboreal ants species richness. **Austral Ecology**, v. 28, p. 305-314, 2003.

RÍOZ-CASANOVA, L.; DÁVILA, P.; GODÍNEZ-ALVAREZ, H.; RICO-GRAY, V. Diversity of ants inhabiting a mosaic of environmental conditions in a semi-desert of central Mexico. **Southwestern Entomologist**, v. 40, n. 2, p. 307-322, 2015.

RYDER-WILKIE, K. T.; MERTL, A. L.; TRANIELLO, J. F. A. Species diversity and distribution patterns of the ants of the Amazonian Ecuador. **Plos One**, v. 5, n. 10, p. 1-12, 2010.

SANTOS, G. M.; DATTILO, W.; PRESLEY, S. J. The seasonal dynamic of ant-flower networks in a semi-arid tropical environment. **Ecological entomology**, v. 39, p. 674-683, 2014.

SANTOS, S. R. Q.; VITORINO, M. I.; HARADA, A. Y.; SOUZA, A. M. L.; SOUZA, E. B. A riqueza das formigas relacionada aos períodos sazonais em Caxiuana durante os anos de 2006 e 2007. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, p. 307-314, 2012.

SANTOS-SILVA, L.; VICENTE, R. E.; FEITOSA, R. M. Ant species (Hymenoptera: Formicidae) of forest fragments and urban áreas in a Meridional Amazonian landscape. **Check List**, v.12, p. 1-7, 2016.

SCHARMANN, M.; THORNHAM, D. G.; GRAFE, T. U.; FEDERLE, W. A novel type of nutritional ant–plant interaction: ant partners of carnivorous pitcher plants prevent nutrient export by dipteran pitcher infauna. **PLoS One**, v. 8, p. 1-11, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0063556

SCHOEREDER, J. H.; SOBRINHO, T. G.; MADUREIRA, M. S.; RIBAS, C. R.; OLIVEIRA, P. S. The arboreal ant community visiting extrafloral nectaries in the Neotropical cerrado savanna. **Terrestrial Arthropod Reviews**, v. 3, p. 3-27, 2010.

SILVA, G. L.; MAIA, A. C. R.; SANTO, N. B. E.; FAGUNDES, R.; COSTA, C. B.; RIBEIRO, S. P. Análise preliminar de mosaico de formigas arbóreas: métodos comparativos para investigação de insetos de dossel. **MG.Biota**, v. 3, p. 25-42, 2011.

SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 44, n. 1, p. 1-11, 2004.

SOLAR, R. R.C.; BARLOW, J.; ANDERSEN, N. A.; SCHOEREDER, J. H.; BERENGUER, E.; FERREIRA, J. N.; GERDNER, T. A. Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: a multi-scale assessment using ant communities. **Biological Conservation**, v. 197, p. 98-107, 2016. DOI: 10.1016/j.biocon.2016.03.005

STEADMAN, K.; SMITH, S.; SMITH, C.; HUBBARD, M.; LABRIADO, J.; DAUGHTRY, M.; PEREZ-HEYDRICH, C. Environmental factors affect foraging efficiency of leaf cutter ants in Costa Rica. **Bios**, v. 91, p. 1-8, 2020.

SUGUITURU, S. S.; SOUZA, D. R.; MUNHAE, C. B.; PACHECO, R.; MORINI, M. S. C. Diversidade e riqueza de formigas (Hymenoptera:Formicidae) em remanescentes de Mata Atlântica na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, SP. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 2, p. 141-152, 2013.

TORRES, M. T.; SOUZA, J. L. P.; BACCARO, F. B. Distribution of epigeic and hypogeic ants (Hymenoptera: Formicidae) in ombrophilous forests in the Brazilian Amazon. **Sociobiology**, v. 67, p. 186-200, 2020.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M.; SOUZA, G. O.; RAMOS, E. F. Efeitos dos fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 28-37, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2007000100004>

VASCONCELOS, H. L., MACEDO, A. C., & VILHENA, J. M. Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in an Amazonian forest. **Studies on Neotropical Fauna and environment**, v. 38, p. 115-124, 2003.

VASCONCELOS, H. L., VILHENA, J. M. S.; CALIRI, G. J. A. Responses of ants to selective logging of a central Amazonian forest. **Journal of Applied Ecology**, v. 37, p. 508-514, 2000.

VASCONCELOS, H. L.; VILHENA, J. M. S; MAGNUSSON, W. E.; ALBERNAZ, A. L. M. Long-term effects of forest fragmentation on Amazonian ant communities. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 1348-1356, 2006.

VASCONCELOS, H. L.; VILHENA, J. M. S. Species turnover and vertical partitioning of ant assemblages in the brazilian Amazon: A comparison of forests and savannas. **Biotropica**, v. 38, p. 100-106, 2006.

VICENTE, R. E.; DÁTTILO, W.; IZZO, T. J. New record of a very specialized interaction: Myrcidris epicharis Ward 1990 (Pseudomyrmecinae) and its myrmecophyte host Myrcia madida McVaugh (Myrtaceae) in Brazilian Meridional Amazon. **Acta Amazonica**, v. 42, p. 567-570, 2020.

VICENTE, R. E.; FERREIRA-SILVA, D.; GUERREIRO DE LIMA, M. New records of three Neotropical arboreal ant species of Camponotus, subgenus Dendromyrmex (Hymenoptera: Formicidae) for the southern Amazon, including biological information. **Acta Amazonica**, v. 49, p. 36-40, 2019.

VICENTE, R. E.; FERREIRA, A. C.; SANTOS, R. C. L.; PRADO, L. P. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) de uma paisagem fragmentada da Amazônia, Juara, Mato Grosso, Brasil, com novos registros de espécies de formigas. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 58, p. 1-6, 2018. DOI: < <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2018.58.40>>.

VICENTE, R. E.; IZZO, T. J. Defining habitat use by the parabiotic ants *Camponotus femoratus* (Fabricius, 1804) and *Crematogaster levior* Longino, 2003. **Sociobiology**, v. 64, p. 373-380, 2017.

VICENTE, R. E.; IZZO, T. J. Effect of dominant parabiotic Ant-Garden ants on the understory and ground-dwelling ant assemblage in the Amazon rainforest. **Insect Conservation and Diversity**, v. 13, p. 1-12, 2020.

VICENTE, R. E.; PRADO, L. P.; IZZO, T. J. Amazon rainforest ant-fauna of Parque Estadual do Crsitalino: Understory and ground-dwelling ants. **Sociobiology**, v. 63, n. 3, p. 894-908, 2016.

VICENTE, R. E.; PRADO, L. P.; SANTOS, R. C. Expanding the distribution of the remarkable ant *Gnamptogenys vriesi* Brandão & Lattke (Formicidae, Ectatomminae): first record From Brazil. **Sociobiology**, v. 62, p. 615-619, 2015.

WILSON, E. O. The arboreal ant fauna of Peruvian amazon forests: a first assessment. **Biotropica**, v. 19, n. 3, p. 245-251, 1987.

YUSAH, K. FOSTER, W.; REYNOLDS, G.; FAYLE, T. M. Ant mosaics in Bornean primary rain forest high canopy depend on spatial scale, time of day, and sampling method. **PeerJ**, v. 6, p.1-16, 2018. DOI: 10.7717/peerj.4231.

**3.2.3.3. ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS PODEM SER
BIOINDICADORAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL?**

Resumo – (Assembleias de formigas podem ser bioindicadoras de restauração florestal?). Os ambientes naturais passam por intensas transformações devido a ações humanas, surgindo o campo ecologia da restauração que visa estudar técnicas para recuperar a biodiversidade de ambientes que sofreram mudanças pela ação humana. Por ser uma ciência recente, formas de avaliação da restauração ainda estão em construção, sendo a utilização de organismos bioindicadores uma técnica promissora. Nesse sentido, as formigas insetos presentes em quase todos os ecossistemas da Terra se destacam como um grupo potencial para estudos de bioindicação. Assim, este estudo objetivou comparar a mirmecofauna de quatro diferentes tipos de paisagens e avaliar o processo de restauração estabelecido em uma dessas paisagens através dos parâmetros de frequência e riqueza das assembleias de formigas arborícolas e epigéicas. Para isso, foi estabelecido um transecto de 120 metros de extensão com cinco pontos amostrais em quatro paisagens (duas áreas de restauro, uma pastagem e um fragmento florestal) onde foram amostradas as formigas epigéicas e arborícolas com armadilhas do tipo *pitfall*. Foram amostradas 62 espécies de formigas, distribuídas em seis subfamílias e 28 gêneros, e a paisagem com mais espécies de formigas foi restauro I, fragmento florestal, restauro II e Pastagem. As assembleias de formigas das paisagens de restauro e pastagem foram similares entre si e dissimilares com o fragmento florestal. A área de restauro I apresentou maior número de espécies, porém o fragmento florestal registrou mais espécies exclusivas. Assim as formigas apresentaram-se como promissoras bioindicadoras para avaliar a restauração.

Palavras-chave: Estratificação vertical, restauração ecológica, bioindicadores.

Abstract - (Can ant assemblages be bioindicators of forest restoration?). Natural environments undergo intense transformations due to human actions, with the emergence of the restoration ecology field, which aims to study techniques to recover the biodiversity of environments that have undergone changes by human action. As it is a recent science, ways of evaluating restoration are still under construction, and the use of bioindicator organisms is a promising technique. In this sense, insect ants present in almost all ecosystems on Earth stand out as a potential group for bioindication studies. Thus, this study aimed to compare the mirmecofauna of four different types of landscapes and to evaluate the restoration process established in one of these landscapes through the parameters of frequency and richness of the assemblages of arboreal and epigéic ants. For this, a 120-meter-long transect was established with five sampling points in four landscapes (two restoration areas, a pasture and a forest fragment) where the epigéic and arboreal ants with pitfall type traps were sampled. 62 species of ants were sampled, distributed in six subfamilies and 28 genera, and the landscape with more species of ants was restoration I, forest fragment, restoration II and Pasture. The assemblages of ants from the restoration and pasture landscapes were similar to each other and dissimilar with the forest fragment. Restoration area I had a higher number of species, but the forest fragment registered more exclusive species. Thus, the ants presented themselves as promising bioindicators to evaluate the restoration.

Key-words: Vertical stratification, ecological restoration, bioindicators.

Introdução

Diante de um cenário em que as ações antrópicas sobre os ecossistemas naturais causaram degradação ambiental em larga escala (MENZ et al., 2013; PERRING et al., 2015), entender como as ações antropogênicas influenciam na biodiversidade e nos ecossistemas como um todo se tornou mais imprescindível do que em qualquer outro ponto da história e, os impactos dessas ações passaram a ser cuidadosamente considerados (DEL TORO et al., 2012). Assim, o campo da ecologia da restauração surgiu com abordagens interdisciplinares, envolvendo cientistas de variadas áreas e não só das ciências naturais, com objetivo de implementar estratégias a fim de devolver as características ecossistêmicas de ambientes que sofreram perturbações antrópicas, tendo a restauração ecológica como mecanismo (MENZ et al., 2013; PERRING et al., 2015).

Entretanto, apesar da importância, o assunto restauração ou recuperação da biodiversidade é ainda um desafio científico pois o futuro da biodiversidade das florestas tropicais depende da gestão eficaz de ambientes antropizados (GARDNER et al., 2009). E existe dificuldade em mensurar a efetividade de um plano de recuperação por não existir uma estratégia universal para sua realização, existindo ainda diversas lacunas no conhecimento nesta área (BENAYAS et al., 2009; LEITE et al., 2013; PERRING et al., 2015).

Recentemente, devido as vantagens de seu uso, os organismos considerados bioindicadores tem se tornado uma ferramenta importante na observação de mudanças ocasionadas pela ação humana em ambientes naturais. Devido a sua sensibilidade em detectar alterações ambientais e equivaler a um mecanismo mais efetivo para entender como mudanças afetam os variados níveis de um ecossistema (HOLT; MILER, 2010), características essas que vem sendo utilizadas para avaliarem o sucesso ou insucesso de estratégias da restauração ecológica (CREEVY et al., 2018).

Assim, devido a algumas peculiaridades, as formigas (Hymenoptera: Formicidae), insetos presentes em quase todos os ecossistemas da Terra (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990, FOWLER et al., 1991; EGGLETON et al., 1995; LONGINO et al., 2002) se destacam como um grupo potencial para estudos que visem entendimentos de processos ecológicos dos mais diversos

ambientes, sendo considerados assim, importantes bioindicadores (RIBAS et al., 2007; MCGEOCH et al., 2011).

Estudos com esse grupo de insetos avaliando mudanças decorrentes de ações humanas que alteram as propriedades do solo (CREPALDI et al., 2014), retirada de vegetação para implantação de pastagem ou culturas agrícolas e florestais, passagem do fogo e atividades industriais (RIBAS et al., 2003) vem sendo desenvolvidos em diferentes ecossistemas. Além disso, a principal característica observada nesses estudos refere-se aos parâmetros de riqueza e abundância que fornecem uma métrica da recuperação dos processos ecossistêmicos e da biodiversidade (ARONSON et al., 2011), que pode ser avaliada em estudos simples realizados com a comunidade de formigas definindo o grau de degradação ou restauração através da presença ou ausência de espécies raras e indicadoras de um estado sucessional definido, usando análises de similaridade ou dissimilaridade de populações em diferentes áreas (KREMEN et al., 1993).

Apesar dos crescentes estudos e projetos em desenvolvimento visando a restauração nas paisagens na Floresta Amazônica (NEPSTAD, 1991; CRUZ et al., 2020; SÁNCHEZ et al., 2020), há ainda, principalmente na Amazônia brasileira devido à grande perda de floresta ocorrente nos últimos 43 anos, uma carência de conhecimento sobre as relações que a implementação desses projetos de restauração tem com a recuperação das atividades ecológicas das paisagens amazônicas e de quais são as melhores práticas para a restauração florestal, pois diferentes estratégias tem sido empregadas nesse processo sem a avaliação de sua efetividade (CRUZ et al., 2020).

Assim, esta pesquisa objetivou comparar a mirmecofauna de quatro diferentes tipos de paisagens e avaliar o processo de restauração estabelecido em duas dessas paisagens através dos parâmetros de frequência e número de espécies das assembleias de formigas arborícolas e epigéicas.

Material e Métodos

Áreas de estudo

Os procedimentos amostrais foram realizados em uma fazenda no município de Alta Floresta, localizado no norte do estado de Mato Grosso com uma área territorial de 8.953,191 Km² (IBGE, 2019). O município possui clima Tropical de Monção - Am com influência do clima Tropical com Inverno Seco - Aw (segundo critérios de classificação climática de Köppen), precipitação pluviométrica anual é de 2800-3100 mm, altitude média de 320 metros e temperatura média acima de 26° C (ALVARES et al., 2013).

As áreas de restauração avaliadas possuem idades jovens de implementação do restauro (ambas com quatro anos), com áreas aproximadas de 1,56 hectares (ha) e 2,12 hectares (ha). Estão localizadas a cerca de nove quilômetros da zona urbana de Alta Floresta em uma propriedade designada Fazenda Concórdia (Figura 1). Esta fazenda faz parte do projeto de recuperação de áreas degradadas desenvolvido pelo Instituto Centro de Vida – ICV no município com objetivo de auxiliar os pequenos produtores da região a se adequarem perante a legislação ambiental vigente.

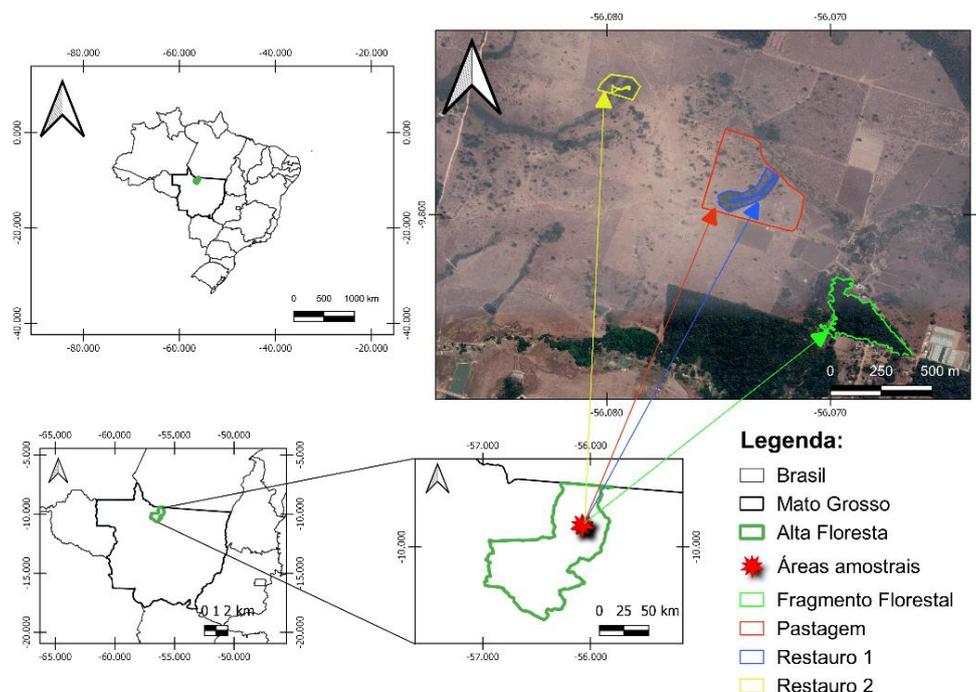


Figura 1. Localização das áreas do fragmento florestal, pastagem, restauração I e restauração II, Fazenda Concórdia no município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

Além das áreas de restauração, foram amostradas mais duas paisagens na Fazenda Concórdia: Uma pastagem com área aproximada em 15 ha (Figura 1) que estava em desuso durante as amostragens e um fragmento florestal com área aproximada de 6,43 ha (Figura 1) dentro dos limites da Fazenda Concórdia.

Em ambas as áreas de restauro, foram utilizadas 18 espécies vegetais (Tabela 1), plantadas através do método de semeadura direta. As áreas foram isoladas com cercas para evitar interferência humana ou do gado no processo de restauração.

Tabela 1. Nome Popular e Científico das espécies utilizadas nas áreas de restauração que serão analisadas no município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

Nome Popular	Família	Nome Científico
Amarelinho/Jurema	Fabaceae	<i>Chloroleucon</i> sp.
Angelim saia	Fabaceae	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.
Bordão de velho	Fabaceae	<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & J.W.Grimes
Embaúba	Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul
Garapeira	Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.
Jatobá	Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.
Lobeira	Solanaceae	<i>Solanum grandiflorum</i> Ruiz & Pav.
Marimá	Fabaceae	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby
Monjoleiro	Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose
Mutambo	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
Orelinha/Timburizinho	Fabaceae	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.
Paineira	Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna
Pata de vaca	Fabaceae	<i>Bauhinia unguolata</i> L.
Pente de macaco	Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.
Periquiteira	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume
Pinho cuiabano	Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby
Sobrasil	Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins

Desenho amostral e metodologia de coleta

Foram estabelecidos, em cada paisagem amostrada, um transecto de 120 metros de extensão, com cinco pontos amostrais equidistantes 20 metros para evitar a coleta de operárias de um mesmo ninho, distância esta superior à amplitude média de forrageamento das colônias de formigas (com base em estudos realizados na América do Norte e na Região Neotropical), garantindo a independência das amostras (DEL-TORO et al., 2015; BACCARO; FERRAZ, 2013). Além disso, para remover o provável efeito de borda, as amostras foram colocadas a uma distância de 20 metros da borda, evitando a amostragem de espécies de formigas de outros ambientes que estivessem forrageando na área de transição com a área amostral.

Em cada ponto amostral foram instaladas duas armadilhas do tipo *pitfall* (um epigéico e um arborícola). Além disso, no local onde as *pitfalls* foram instaladas ao nível do solo tomou-se o cuidado de causar o mínimo de perturbação a fim de evitar afugentar a comunidade de artrópodes que forragearem próximos ou de causar modificações no habitat, visto que essas perturbações também podem interferir na fauna de formigas amostrada (LASMAR et al., 2017).

As armadilhas utilizadas para a coleta das formigas que forrageiam no solo foram do tipo *pitfall* Trampa Provid (ANTONIOLLI et al., 2006) com adaptações referentes a altura e tamanho das aberturas em forma de janela na garrafa pet. Para a amostragem das formigas que forrageiam na vegetação utilizou-se *pitfall* no sub-bosque a cerca de 1,50 m do solo, sendo instalados no mesmo ponto amostral nas quatro coletas, mas não nas mesmas árvores (CAMPOS et al., 2008; SILVA et al., 2011). As *pitfalls* arborícolas foram confeccionadas cortando a parte superior de garrafas Pet de 300 ml. Após o corte, a parte superior do recipiente, em forma de funil, era invertido, encaixado na parte de baixo da garrafa e amarrando com barbante de algodão.

Ambas as armadilhas permaneceram em campo por um período de 72 horas. Após este período, as armadilhas foram retiradas e o material amostrado devidamente separado das partículas de solo e outros materiais presentes na serapilheira com auxílio de uma peneira de malha fina. Após essa separação, apenas os artrópodes foram retirados da peneira fina usando uma

pinça entomológica e acondicionados em potes coletores contendo álcool 70%. Posteriormente, o material foi levado ao Laboratório Didático da Universidade do Estado de Mato Grosso, onde as formigas foram separadas dos demais artrópodes.

Após a separação dos indivíduos da família Formicidae dos demais grupos coletados, as formigas foram acondicionadas em microtubos contendo álcool 70% e rotuladas. O processo de identificação foi realizado em três etapas: sendo que a primeira identificação em nível de gênero seguiu a chave taxonômica do Guia para os gêneros de formigas do Brasil (BACCARO et al., 2015). Posteriormente, foi realizada a morfotipagem das formigas de cada gênero por vez, de forma a facilitar o processo, utilizando-se dos caracteres morfológicos apontados nas chaves de identificação em nível de espécie presentes na literatura. A terceira etapa consistiu na conferência pelo mirmecólogo Dr. Ricardo Eduardo Vicente.

Análise dos dados

Para comparar a diversidade entre as diferentes paisagens e os diferentes estratos amostrados utilizou-se os índices de diversidade de Shannon exponencial e Simpson e o índice de Equabilidade de Pielou do pacote “vegan” (OKSANEN et al., 2019), no ambiente do software R (R CORE TEAM, 2020). A partir disso, para analisar a estruturação das assembleias da mirmecofauna foi avaliada a diferença na frequência e número de espécies de formigas entre os estratos arbóreo e epigéico através do teste t (intervalo de confiança de 95%), com exceção da paisagem pastagem em que foi amostrado apenas o estrato epigéico. Por serem insetos sociais, a frequência das formigas foi tratada nesta pesquisa como o somatório das ocorrências de espécies de formigas por unidade amostral, sendo cada unidade amostral, o conjunto de armadilhas dentro de um transecto (trilha), evitando utilizar apenas uma armadilha como unidade amostral, e maximizar o desempenho de um “zero” na amostragem.

Esta medida de frequência (*sample-based*) foi proposta por Gotelli et al. (2011) para insetos sociais, pois a abundância real depende da distância do ninho e do número de operárias daquela colônia (GOTELLI et al., 2011;

BACCARO et al., 2015). Este procedimento é utilizado em trabalhos realizados com a mirmecofauna Neotropical (RYDER-WILKIE et al., 2010; VICENTE et al., 2016; VICENTE; IZZO, 2020) evitando-se a contagem das operárias individuais para o cálculo da frequência como é esperado em estudos ecológicos com insetos sociais, pois estes valores individuais de formigas trabalhadoras são influenciados pela proximidade aos ninhos favorecendo a presença de muitos representantes de uma espécie em detrimento de outra na unidade amostral (armadilha), e além disso, o número de operárias de uma colônia pode variar muito de uma espécie para outra (BACCARO et al., 2015). O mesmo teste foi realizado para aferir a diferença na riqueza entre os dois estratos amostrados (arbóreo e epigéico), definida neste trabalho como o número de espécies ocorrentes em cada unidade amostral.

Para visualizar a semelhança entre a composição das assembleias de formigas nas diferentes paisagens amostradas foi realizada uma análise de agrupamento sob a função “hclust” do Pacote de Ecologia de Comunidades “vegan” (OKSANEN et al., 2019) no ambiente do software estatístico R (R CORE TEAM, 2020) que resultou em um dendrograma. Antes da realização da análise, diferentes métodos foram testados (UPGMA - Simpson, WPGMA – Simpson, UPGMA – Jaccard, WPGMA – Jaccard, UPGMA – Sorensen/Bray-Curtis, WPGMA, WPGMA – Sorensen/Bray-Curtis) e o que apresentou melhor performance (UPGMA – Jaccard), definido nesta pesquisa como maior valor de coeficiente cofenético, foi escolhido para a análise.

Resultados

Foram encontradas um total de 62 espécies de formigas, organizadas em seis subfamílias e 28 gêneros (Tabela 2). A paisagem com maior número de espécies de formigas foi a Restauo I (45 espécies) seguida pelo Fragmento Florestal (40 espécies), Restauo II (35 espécies) e Pastagem (17 espécies). A subfamília com maior número de espécies foi Myrmicinae (33 espécies) seguida por Formicinae (11 espécies) e Dolichoderinae (sete espécies). Além disso, os gêneros mais representativos nesta pesquisa foram *Camponotus* Mayr, 1861 (sete espécies) seguido por *Crematogaster* Lunde, 1831 e *Solenopsis* Westwood, 1840 com seis espécies cada (Tabela 2).

As espécies amostradas exclusivamente em apenas uma área somaram 60% do total geral de espécies (37 espécies) sendo que o fragmento florestal apresentou maior número de espécies não compartilhadas com as outras paisagens (24,2% das espécies) seguida pela paisagem de restauo I (21% das espécies), restauo II (10% das espécies), e por fim a pastagem (4,8% das espécies). Além disso, o fragmento florestal foi a única paisagem que apresentou gêneros exclusivos sendo eles: *Dolichoderus* Lund, 1831, assim como o gênero *Tapinoma* Foerster, 1850 e *Gigantiops* Roger, 1863 (Tabela 2).

Tabela 2. Checklist das subfamílias, gêneros e espécies e sua presença ou ausência nas diferentes paisagens amostradas (F: Fragmento Florestal, P: Pastagem, R I: Restauo I e R II: Restauo II) na Fazenda Concórdia, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

Subfamília/Tribo/Espécie	F	P	R I	R II
DOLICHODERINAE				
Dolichoderini				
<i>Dolichoderus</i> aff. <i>imitator</i>	1	0	0	0
<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	1	0	0	0
<i>Dolichoderus</i> sp2.	1	0	0	0
Leptomyrmecini				
<i>Azteca</i> sp1.	0	0	1	1
<i>Azteca</i> sp2.	1	0	1	1
<i>Dorymyrmex</i> sp1.	1	0	1	1
Tapinomini				
<i>Tapinoma</i> sp1.	1	0	0	0
DORYLINAE				
Ecitonini				
<i>Neivamyrmex</i> sp1.	0	0	1	0

ECTATOMINAE				
Ectatommini				
<i>Ectatomma</i> aff. <i>tuberculatum</i>	0	1	0	0
<i>Gnamptogenys</i> sp3.	1	0	0	0
FORMICINAE				
Camponotini				
<i>Camponotus</i> aff. <i>bonariensis</i>	0	1	1	1
<i>Camponotus</i> aff. <i>melanoticus</i>	1	1	1	1
<i>Camponotus</i> aff. <i>textor</i>	0	0	0	1
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	0	0	1	0
<i>Camponotus falco</i> Forel, 1902	0	0	1	0
<i>Camponotus</i> sp1.	1	0	1	1
<i>Camponotus</i> sp2.	1	0	0	0
Myrmelachistini				
<i>Brachymyrmex</i> sp1.	0	1	1	1
<i>Brachymyrmex</i> sp2.	1	1	0	1
Gigantiopini				
<i>Gigantiops destructor</i> (Fabricius, 1804)	1	0	0	0
Lasiine				
<i>Nylanderia</i> sp2.	0	0	0	1
MYRMICINAE				
Attini				
<i>Acromyrmex</i> sp1.	0	1	1	1
<i>Acromyrmex</i> sp5.	1	0	1	0
<i>Acromyrmex</i> sp6.	1	0	0	0
<i>Apterostigma</i> aff. <i>pilosum</i>	1	0	0	0
<i>Atta</i> aff. <i>sexdens</i>	1	0	1	0
<i>Atta</i> sp2.	0	0	1	1
<i>Atta</i> sp3.	0	0	0	1
<i>Cephalotes</i> sp2.	0	0	1	1
<i>Cyphomyrmex</i> aff. <i>vorticis</i>	0	0	1	0
<i>Cyphomyrmex</i> sp1.	0	1	1	0
<i>Mycocepurus</i> sp1.	0	0	1	0
<i>Pheidole</i> sp2.	1	0	1	0
<i>Pheidole</i> sp7.	1	1	1	1
<i>Pheidole</i> sp10.	1	0	1	1
<i>Pheidole</i> sp11.	1	0	1	0
<i>Pheidole</i> sp14.	0	0	0	1
<i>Sericomyrmex</i> sp1.	1	0	0	0
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	0	0	1	0
<i>Wasmannia</i> sp1.	1	1	1	0
Crematogastrini				
<i>Crematogaster</i> sp1.	0	1	0	1
<i>Crematogaster</i> sp3.	1	0	0	0
<i>Crematogaster</i> sp4.	1	0	0	0
<i>Crematogaster</i> sp7.	1	0	1	0

<i>Crematogaster</i> sp10.	0	1	0	0
<i>Crematogaster</i> sp11.	1	0	0	0
Pogonomyrmecini				
<i>Pogonomyrmex</i> sp1.	0	1	1	1
Solenopsidini				
<i>Rogeria</i> sp1.	0	0	1	0
<i>Solenopsis</i> sp3.	1	0	0	0
<i>Solenopsis</i> sp4.	1	1	0	0
<i>Solenopsis</i> sp5.	1	0	1	0
<i>Solenopsis</i> sp6.	1	1	1	1
<i>Solenopsis</i> sp7.	0	1	1	1
<i>Solenopsis</i> sp8.	0	1	0	1
Ponerinae				
Ponerini				
<i>Neoponera</i> sp1.	0	0	1	0
<i>Odontomachus</i> sp1.	1	0	1	1
<i>Pachycondyla</i> sp3.	1	0	0	0
Pseudomirmecinae				
Pseudomyrmecini				
<i>Pseudomyrmex</i> aff. <i>gracilis</i>	0	0	1	1
<i>Pseudomyrmex</i> aff. <i>ethicus</i>	1	0	0	0
<i>Pseudomyrmex</i> sp1.	0	0	1	1
<i>Pseudomyrmex</i> sp5.	0	0	1	0
<i>Pseudomyrmex</i> <i>termitarius</i>	0	1	1	0

Na análise de diversidade verificou-se que os valores obtidos para o Índice de Diversidade de Simpson foram superiores em quase todas as áreas para o estrato epigéico, com exceção do fragmento florestal em que o índice foi superior no estrato arbóreo. A área restaura I apresentou maior valor no Índice de Simpson para o estrato epigéico em comparação com todas as áreas, e no estrato arbóreo o maior valor resultante nesse índice foi o do fragmento florestal. Estes resultados se repetiram para o Índice de Diversidade de Shannon exponencial, com a diferença de o fragmento florestal ter valor de diversidade superior no estrato epigéico em relação ao estrato arbóreo, o que foi o contrário do obtido no índice de Simpson. Além disso, o índice de Equabilidade de Pielou revelou que o fragmento florestal foi a paisagem com diversidade mais uniforme (Tabela 3).

Tabela 3. Índices de diversidade de formigas para diferentes paisagens e estratos avaliados em Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

Paisagem	Estrato	Simpson	H' exp	J'
Fragmento Florestal	Arbóreo	0,81	1,76	0,97
Fragmento Florestal	Epigéico	0,80	1,78	0,94
Pastagem	Epigéico	0,84	2,01	0,94
Restauração I	Arbóreo	0,77	1,64	0,95
Restauração I	Epigéico	0,89	2,41	0,94
Restauração II	Arbóreo	0,77	1,62	0,95
Restauração II	Epigéico	0,86	2,10	0,95

Legenda: H' exp: Shannon exponencial.

Os resultados do teste t realizado demonstraram que os parâmetros variaram em cada área: O Fragmento Florestal não apresentou diferença entre os estratos (Figura 2-A e B) nos parâmetros frequência ($p > 0,05$, Figura 2-A) e número de espécies ($p > 0,05$, Figura 2-B). A área de Restauração I apresentou diferença entre os estratos (Figura 2-C e D) tanto no parâmetro frequência ($p < 0,05$, Figura 2-C) quanto no parâmetro número de espécies ($p < 0,05$, Figura 2-D) e por fim o Restauração II não apresentou diferença entre os estratos (Figura 2-E e F) tanto em relação a frequência ($p > 0,05$, Figura 2-E) como em relação a frequência ($p > 0,05$, Figura 2-F).

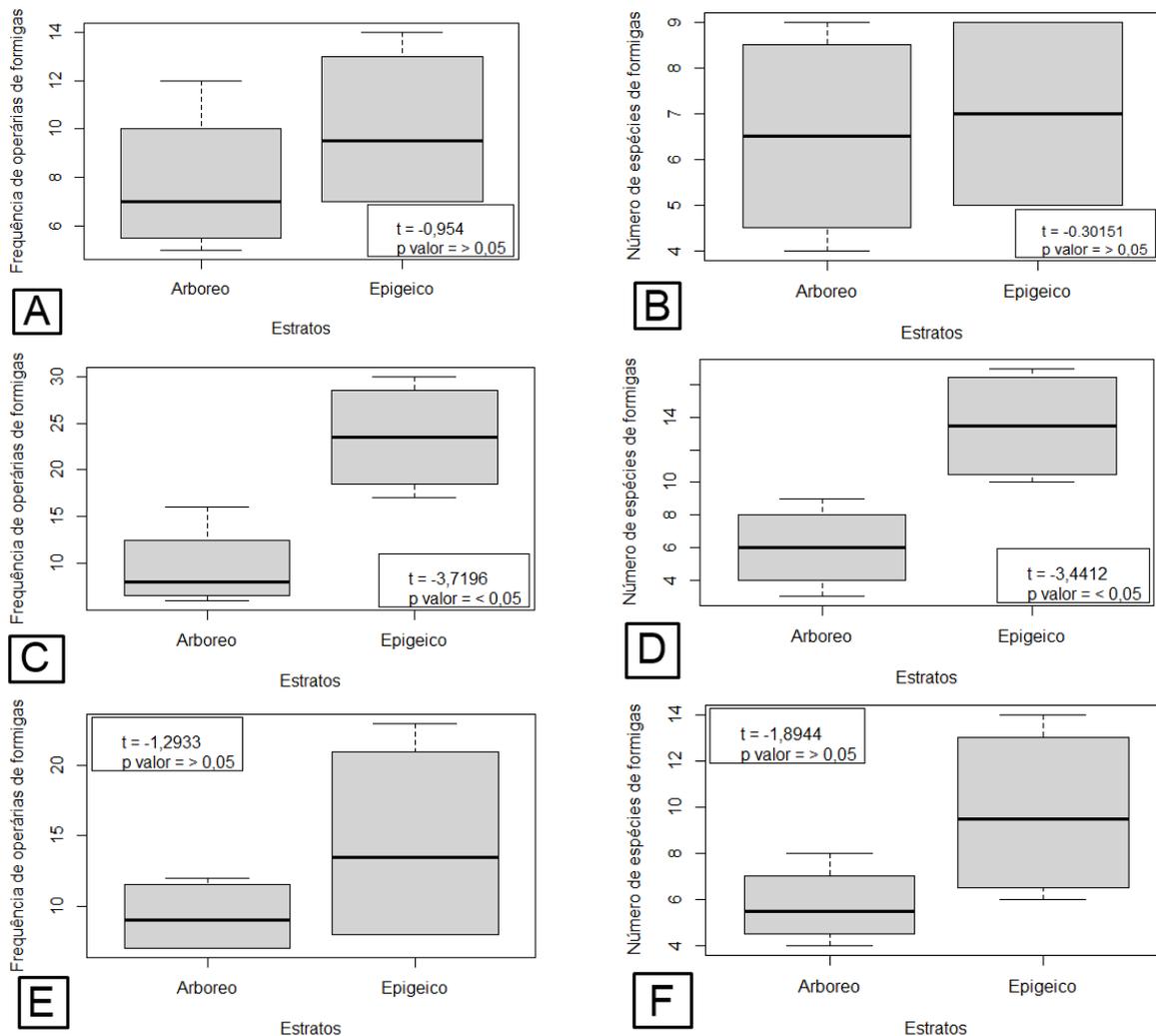
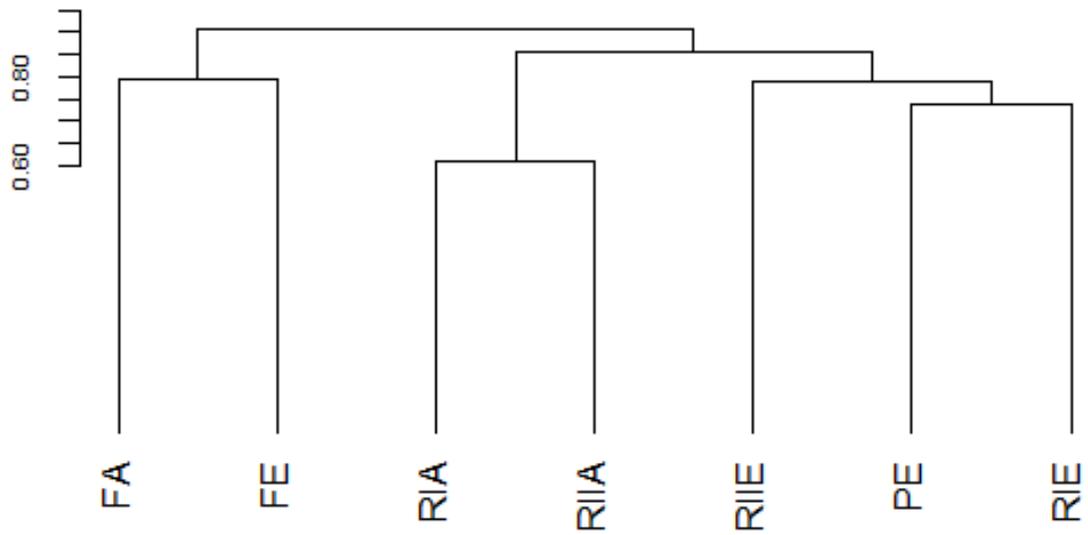


Figura 2. A e B: Médias de frequência e número de espécies de formigas (respectivamente) no Fragmento Florestal (**A e B**), médias de frequência e número de espécies de formigas (respectivamente) na paisagem Restauro I (**C e D**), frequência e número de espécies de formigas (respectivamente) na paisagem Restauro II (**E F**), Fazenda Concórdia, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

A análise de agrupamento das diferentes paisagens avaliadas resultou em dois grupos principais: Um com os estratos arbóreo (FA) e epigéico (FE) do fragmento florestal e outro com as paisagens de restauro (I e II) e pastagem (Figura 3). Dentro deste último grupo, os estratos formaram dois outros grupos: um de estratos epigéicos (RIE: Restauro I Epigéico; RII: Restauro II Epigéico; PE: Pastagem Epigéico) e o outro de estratos arbóreos (RIA: Restauro I Arbóreo; RIIA: Restauro II Arbóreo). Além disso, o nó com os grupos das áreas de restauro e a pastagem apresentou-se mais elevado que o nó representando a paisagem de floresta (Figura 3).



UPGMA - Jaccard. Coeficiente cofenético = 0,93

Figura 3. Dendrograma de agrupamento realizado com as diferentes paisagens amostradas (**FA**: Fragmento Florestal – *Pitfall* arbóreo, **FE**: Fragmento Florestal – *Pitfall* epigéico, **PE**: Pastagem – *Pitfall* epigéico, **RIA**: Restauo 1 – *Pitfall* arbóreo, **RIE**: Restauo 1 – *Pitfall* epigéico e **RIIA**: Restauo 2- *Pitfall* arbóreo, **RIIE**: Restauo 2 – *Pitfall* epigéico na Fazenda Concórdia, Alta Floresta-MT, Brasil.

Discussão

No cenário atual de impactos ambientais causados por ação antrópica, as estratégias de restauração ambiental podem ajudar a reverter a perda de biodiversidade, porém ainda há lacunas em relação ao que se sabe sobre o sucesso da restauração, principalmente ao analisar se as comunidades faunísticas de áreas em restauração são semelhantes aquelas de florestas primárias (LAWES et al., 2017). Desse modo, estudos que utilizam as assembleias de formigas como organismos chaves para o entendimento do sucesso da restauração são encontrados em literatura (LAWES et al., 2017), mas ao considerar a importância da região de floresta amazônica, considerada um dos principais centros de biodiversidade do mundo (DIRZO; RAVEN, 2003), pesquisas neste sentido ainda são escassas.

Essa pesquisa evidenciou maior número de espécies de formigas em uma paisagem de restauro comparada a um fragmento florestal e pastagem, possivelmente devido à proximidade com a pastagem e mesmo com os cuidados metodológicos adotados compartilhe um *pool* de espécies com as áreas de restauro, o efeito de borda (MILAN; MORO, 2016). Além disso, as áreas de restauro anteriormente foram pastagens e a partir do plantio das espécies arbóreas na restauração, os indivíduos da matriz (pastagem) foram os primeiros a colonizarem esta nova paisagem similar ao que propõe a Teoria da Biodiversidade de Ilhas (MCARTHUR; WILSON, 1967).

Porém, a superioridade do número de espécies observada nos ambientes de restauro no presente estudo não se assemelha a pesquisas realizadas em outros locais. Apenas o número de espécies inferior na paisagem de pastagem é frequentemente encontrado nesses trabalhos que comparam a mirmecofauna de diferentes paisagens e usos da terra (LAWES et al., 2017, JIMÉNEZ-CARMONA et al., 2020). Aliás, foi constatado uma uniformidade superior na distribuição das espécies para o fragmento florestal que pode ser explicada por um número de indivíduos semelhante entre as diferentes espécies amostradas nessa área.

Quanto à similaridade das áreas amostradas nesta pesquisa com base na composição das assembleias de formigas, foi verificada a distinção entre fragmento florestal e as demais paisagens (áreas de restauro e pastagem)

possivelmente pelos diferentes estágios de sucessão ecológica entre uma área de floresta, pastagem e áreas de restauração, e o grupo formado pelas áreas de restauro e pastagem apresentaram composição superior ao do ambiente de floresta. A diferença entre esses ambientes já foi encontrada na região neotropical (GOMES et al., 2014).

Apesar da área restauro I ter apresentado maior número de espécies em relação ao fragmento florestal e demais áreas, nota-se uma especificidade maior no fragmento florestal em relação a todas as outras áreas (24% do total das espécies exclusivas). Essa especificidade maior no fragmento florestal pode ser explicada pela composição vegetal (DEJEAN et al., 2015) deste ambiente suportar espécies com maior grau de especificidade ao ambiente, o que não ocorre em áreas de restauração pois os graus de sucessão ecológica e a própria comunidade vegetal favorecem ainda a predominância de espécies generalistas, assim, a restauração está sendo efetiva, porém ainda tem uma mirmecofauna com menor especificidade quando comparada a uma área de floresta nativa.

As espécies do gênero *Dolichoderus* Lund, 1831 são consideradas de hábito generalista e predominantemente arborícolas associadas a insetos trofobiontes que produzem *honeydew* (BACCARO et al., 2015), além disso uma das espécies registradas *D. bispinosus* é frequentemente encontrada em ambientes perturbados e florestas secundárias (MACKAY, 1993). Contrariando o seu hábito generalista, sua presença apenas no fragmento florestal pode indicar uma quantidade de nichos elevada no estrato arbóreo desta área que sustente a presença destas espécies o que pode ser confirmado pelo valor superior nos índices de diversidade encontrados no estrato arbóreo do fragmento florestal em relação as demais áreas. Além disso, outro gênero da subfamília Dolichoderinae, *Tapinoma* Foerster, 1850 que apresenta hábito generalista (TOENNISSON et al., 2011), foi encontrado somente no fragmento florestal.

O gênero *Gigantiops* Roger, 1863 representado por sua única espécie *Gigantiops destructor* (Fabricius, 1804), foi observado apenas no fragmento florestal, fato justificado pelo comportamento solitário e preferencial de ambientes com alta disponibilidade de substrato e locais para se ocultarem além de morfologia desta formiga ser adaptada (com visão e habilidade de saltos

apurada) a ambientes mais ocultos (BACCARO et al., 2015; BEUGNON et al., 2001), além disso as operárias desta espécie alimentam-se de néctar ou da carcaça de outros insetos e pequenos artrópodes (BACCARO et al., 2015), características encontradas com maior facilidade em florestas mais desenvolvidas.

Em relação aos resultados obtidos na comparação entre os estratos, frequentemente os parâmetros de frequência e número de espécies de formigas no estrato epigéico é superior em relação as formigas arborícolas na região neotropical (LONGINO; NADKARNI, 1990; VASCONCELOS, VILHENA, 2006; VICENTE et al., 2016; CAMPOS et al., 2008). Esse padrão é justificado pela diferença estrutural entre eles, pois o estrato epigéico apresenta diversidade de micro habitats superior ao estrato arbóreo como a presença de galhos podres, frutos secos, folhas em decomposição, solo com diferentes granulometrias e uma diversidade de microhabitats condicionados pela espessura de folhiço da serapilheira (BACCARO et al., 2015).

Na composição taxonômica geral das assembleias, a subfamília Myrmicinae ter sido encontrada neste trabalho com maior frequência, deve-se ao fato de que esta subfamília contém organismos com alto grau de diversificação morfológica e interações com outros seres vivos (FOWLER et al., 1991). Essa alta diversificação de Myrmicinae leva esta subfamília a estar entre as mais diversas em grande parte dos inventários da mirmecofauna arborícola (NEVES et al., 2010; POWELL et al., 2011, GARCÍA-MARTÍNEZ et al., 2015) ou de solo (GARCÍA-MARTÍNEZ et al., 2015, SANTOS-SILVA et al., 2016, GARCÍA-CÁRDENAS et al., 2018). Já os gêneros mais diversos encontrados neste trabalho foram *Camponotus* que pertence a subfamília Formicinae, *Crematogaster* e *Solenopsis* ambos pertencentes a subfamília Myrmicinae, citada anteriormente.

O gênero *Camponotus* Mayr, 1861 além de ser altamente diverso, com cerca de 1.100 espécies descritas, sendo 350 para a região Neotropical (FERNÁNDEZ & SENDOYA, 2004; SANTOS-SILVA et al., 2016; VICENTE et al., 2016) é ainda frequentemente relatado com grande número de espécies nas pesquisas com a mirmecofauna, principalmente no estrato arbóreo (WILSON, 1987; FLOREN et al., 2002; FLOREN; LINSENMAIR, 2005; NEVES et al., 2010;

GARCÍA-MARTÍNEZ et al., 2015, QUEIROZ; RIBAS, 2015; SANTOS-SILVA et al., 2016). Este fato é resultado da diversidade de locais onde esse gênero costuma forragear e ao seu próprio comportamento (KARAMAN et al., 2011; SCHARMANN et al., 2013; KLIMES; MCARTHUR, 2014; MORA-RUBIO et al., 2019; VICENTE et al., 2020).

Crematogaster Lund, 1831, segundo gênero com maior número de espécies nesta pesquisa, é globalmente distribuído (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; LONGINO, 2003) sendo mais diversos e abundante em ambientes tropicais e subtropicais (BLAIMER, 2010) de hábito e registro preferencialmente arborícola, porém algumas espécies são encontradas no solo (BACCARO et al., 2015). Devido a estratégia de recrutamento massivo, as espécies deste gênero tendem a serem dominantes no estrato arbóreo, aliado a seu hábito generalista, agressivo e territorialista (BACCARO et al., 2015) elas são frequentemente encontradas entre os gêneros mais ricos em espécies em trabalhos na região neotropical (CAMPOS et al., 2008; GARCÍA-MARTÍNEZ et al., 2015; ANDRADE-SILVA; ALMEIDA, 2020). Além disso, o terceiro gênero com maior número de espécies nesta pesquisa, *Solenopsis* Westwood, 1840 também é um gênero encontrado muitas vezes entre os mais representativos nas pesquisas com a mirmecofauna (GOMES et al., 2014; GARCÍA-MARTÍNEZ et al., 2015) sendo considerado um gênero que desenvolve variadas estratégias com os diversos atributos físicos e biológicos dos ecossistemas (FOWLER et al., 1991).

Em relação a efetividade da restauração, apesar de as áreas de restauro estudadas serem projetos recentes, o número de espécies nestas áreas foi significativa ao ponto que uma destas paisagens apresentou os maiores valores nesse parâmetro demonstrando a eficiência das técnicas na recuperação utilizadas. Além disso, estas áreas apresentaram espécies exclusivas pertencentes a gêneros de características especializadas em plantas mirmecófitas como *Azteca* sp1. (LONGINO, 2007), *Camponotus crassus* Mayr, 1862 (LANGE et al., 2019), *Nylanderia* sp2. (LA-POLLA et al., 2011); especializados em predação e ou necrofagia como *Neoponera* sp1. (BACCARO et al., 2015), ou serem formigas pouco encontradas nas amostragens devido a hábitos predominantemente subterrâneo como *Neivamyrmex* sp1. que além

disso é encontrada preferencialmente em ambientes de floresta (BACCARO et al., 2015).

Os resultados deste estudo indicam que as assembleias de formigas destas áreas apresentam comportamentos diversos que se assemelham ao encontrado em ambientes com maior grau de complexidade estrutural e são características esperadas de se encontrar em florestas.

Diante dos resultados observados neste estudo nota-se uma nítida dissimilaridade entre as assembleias de formigas das áreas de pastagem, em restauração e o fragmento florestal, com espécies exclusivas a apenas uma área (floresta, pastagem ou restauração). Desta forma, a utilização de assembleias de formigas como bioindicadoras na avaliação de processos de restauração ecológica a partir da comparação dos parâmetros frequência e número de espécies entre áreas com diferentes usos de solo e áreas em processo de restauração, pode ser uma ferramenta auxiliar na avaliação da efetividade das diferentes metodologias de restauro utilizadas.

Assim, esta pesquisa além de contribuir para a avaliação de processos de restauração ecológica, fornece dados para o entendimento da estratificação em comunidades de formigas na região Amazônica. Entretanto, devido ao escasso conhecimento de avaliação dos planos de restauração espera-se que futuros estudos utilizem outros parâmetros aliados a frequência e número de espécies caracterizando melhor esse tipo de avaliação.

Conclusões

As assembleias de formigas das áreas de restauração foram próximas entre si e mais próximas a área de pastagem do que com a área de Floresta, além de uma das áreas de restauro possuir maior número de espécies que as demais paisagens amostradas. O procedimento de restauração nas áreas avaliadas apresenta efetividade observando-se elevado número de espécies de formigas, com espécies exclusivas de ambientes com maior complexidade ecológica e a comunidade de formigas respondeu bem como bioindicadora na avaliação da restauração com base nos parâmetros frequência e número de espécies .

Referências Bibliográficas

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRADE-SILVA, J.; ALMEIDA, R. P. S. Relação entre a circunferência da árvore e a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) arborícolas em uma área de preservação amazônica. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 15, p. 145-153, 2020. DOI: <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.287>.

ANTONIOLLI, Z.I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O., SILVA, D. M.; SILVA, R. F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 407-417, 2006.

ARONSON, J.; DURINGAN, G.; BRANCALION, P. H. S. **Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica**. Instituto Florestal: Série Registros, n. 44, 2011, 38 p.

BACCARO, F. B.; FERRAZ, G. Estimating density of ant nests using distance sampling. **Insectes Sociaux**, v. 60, p. 103–110, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-012-0274-2>.

BENAYAS, J. M. R.; NEWTON, A. C.; DIAZ, A.; BULLOCK, J. M. Enhance of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta-analysis. **Science**, v. 325, p. 1121-1124, 2009. DOI: 10.1126/science.1172460.

BEUGNON, G.; CHAGNÉ, P.; DEJEAN, A. Colony structure and foraging behavior in the tropical formicine ant, *Gigantiops destructor*. **Insectes Sociaux**, v. 48, p. 347-351, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1007/PL00001788>.

BLAIMER, B. B. Taxonomy and natural history of the *Crematogaster* (*Decacrema*)-group (Hymenoptera: Formicidae) in Madagascar. **Zootaxa**, v. 3482, p. 47-67, 2010. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2714.1.1>.

CAMPOS, R. I.; LOPES, C. T.; MAGALHÃES, W. C. S.; VASCONCELOS, H. L. Estratificação vertical de formigas em Cerrado stricto sensu no Parque Estadual da Serra das Caldas Novas, Goiás, Brasil. **Iheringia**, v. 98, p. 311-316, 2008.

CASIMIRO, M. S.; SANSEVERO, J. B. B.; QUEIROZ, J. M. What can ants tell us about ecological restoration? A global meta-analysis. **Ecological Indicators**, v. 102, p. 593-598, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.03.018>.

CREEVY, A. L.; ANDERSEN, R.; ROWSON, J. G.; PAYNE, R. J. Testate amoebae as functionally significant bioindicators in forest-to-bog restoration. **Ecological Indicators**, v. 84, p. 274-282, 2018. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.08.062.

CREPALDI, R. A.; PORTILHO, I. I. R.; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. Formigas como bioindicadores de qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 44, p. 781-787, 2014.

CRUZ, D. C.; BENAYAS, J. M. R.; COSTA-FERREIRA, G.; SANTOS, S. R.; SCHWARTZ, G. An overview of forest loss and restoration in the Brazilian Amazon. **New Forests**, v.1, p. 1-16, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-020-09777-3>

DEJEAN, A.; RYDER, S.; BOLTON B.; COMPIN, A.; LEPONCE, M.; AZÉMAR, F.; CÉRÉGHINO, R.; ORIVEL, J.; CORBARA, B. How territoriality and host-tree taxa determine the structure of ant mosaics. **The Science of Nature**, v. 102, n. 33, p. 1-9, 2015. DOI:10.1007/s00114-015-1282-7

DEL TORO, I.; RIBBONS, R. R.; PELINI, S. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices Hymenoptera: Formicidae). **Mirmecological News**, v. 17, p. 133-146, 2012.

DEL-TORO, I.; SILVA, R. R.; ELINSON, A. M. Predicted impacts of climatic change on ant functional diversity and distributions in eastern North American forests. **Diversity and distributions**, v. 21, p. 781-791, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.12331>.

DIRZO, R.; RAVEN, P. H. Global state of biodiversity and loss. **Annual review of Environment and Resources**, v. 28, p. 137-167, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105532>.

EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E.; SANDS, W. A.; WAITE, B.; WOOD, T. G.; LAWTON J. H. The species richness of termites (Isoptera) under differing levels of forest disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, Southern Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, n. 1, pp. 85–98, 1995.

FERNÁNDEZ, F.; SENDOYA, S. List of Neotropical ants (Hymenoptera: Formicidae). **Biota Colombiana**, v. 5, n. 1, p. 3–93, 2004.

FLOREN, A.; BIUN, A.; LINSENMAIR, K. E. Arboreal ants as key predators in tropical lowland rainforest trees. **Oecologia**, v. 131, p. 137-144, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-002-0874-z>.

FLOREN, A.; LINSENMAIR, K. E. The importance of primary tropical rainforest for species diversity: an investigation using arboreal ants as an example. **Ecosystems**, v. 8, p. 559-567, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-002-0272-8>.

FOWLER, H. G., L. C. FORTI, C. R. F. BRANDÃO, J. H. C. DELABIE; H. L. VASCONCELOS. **Ecologia nutricional de formigas**. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. Editora Manole, pp. 131-223, São Paulo, 1993, 359p.

GARCÍA-CÁRDENAS, R.; MONTOYA-LERMA, J.; AMBRECHT, I. Ant diversity under three coverages in a Neotropical coffee landscape. **Revista de Biología Tropical**, v. 66, p. 1373-1389, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i4.30610>

GARCÍA-MARTÍNEZ, M. A.; MARTÍNEZ-TLAPA, D. L.; PÉREZ-TOLEDO, G. R.; QUIROZ-ROBLEDO, L. N.; CASTAÑO-MENESES, G.; LABORDE, J.; VALENZUELA-GONZÁLEZ, J. E. Taxonomic species and functional group diversity of ants in a tropical anthropogenic landscape. **Tropical Conservation Science**, v. 8, p. 1017-1032, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1177%2F194008291500800412>.

GARDNER, T. A.; BARLOW, J.; CHAZDON, R.; EWERS, R. M.; HARVEY, C. A.; PERES, C. A.; SODHI, N. S. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Ecology Letters**, v. 12, p. 561-582, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01294.x>

GOMES, E. C. F.; RIBEIRO, G. T.; SOUZA, T. M. S.; SOUZA-SOUTO, L. Ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) in three different stages of forest regeneration in a fragment of Atlantic Forest in Sergipe, Brazil. **Sociobiology**, v. 61, p. 250-257, 2014. DOI: [10.13102/sociobiology.v61i3.250-257](https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i3.250-257)

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A. M.; DUNN, R. R.; SANDERS, N. J. Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): Biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists. **Mirmecological News**, v. 15, p. 13-19, 2011.

HOBBS, R. J.; HIGGS, E., HARRIS, J. A. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, n. 11, p. 599-605, 2009. DOI: [10.1016/j.tree.2009.05.012](https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.05.012).

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Harvard University Press, Harvard. 732 p., 1990.

HOLT, E. A.; MILLER, S. W. Bioindicators: Using organisms to measure environmental impacts (nota do editor). **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatísticas. IBGE Cidades (dados de unidade territorial do ano de 2019). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/alta-floresta/panorama>. Acesso em 14 out. 2020.

JIMÉNEZ-CARMONA, E.; HERRERA-RANGEL, J.; RENJIFO, L. M.; ARMBRECHT, I. Restoration of riparian forest corridors: eight years monitoring the diversity of soil ants in an Andean rural landscape. **Insect Conservation and Diversity**, v. 13, p.384-392, 2020. DOI: [10.1111/icad.12401](https://doi.org/10.1111/icad.12401)

KARAMAN, C.; AKTAC, N.; KIRAN, K. Ants of the genus *Camponotus* Mayr, 1861 (Hymenoptera: Formicidae) in the Kaz Mountains, Turkey, with descriptions

of sexuals of *Camponotus candiotes* Emery, 1894 and *Camponotus ionius* Emery, 1920. **Turkish Journal of Zoology**, v. 35, p. 183-197, 2011.

KLIMES, P.; MCARTHUR, A. Diversity and ecology of arboricolous ant communities of *Camponotus* (Hymenoptera: Formicidae) in a New Guinea rainforest with descriptions of four new species. **Myrmecological News**, v. 20, p. 141-158, 2014.

KREMEN, C., COLWELL, R.K., ERWIN, T.L., MURPHY, D.D., NOSS, R.F. & SANJAYN, M.A. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. **Conservation Biology**, v. 7, n. 4, pp. 796-808, 1993.

LANGE, D.; CALIXTO, E. S.; ROSA, B. B.; SALES, T. A.; DEL-CLARO, K. Natural history and ecology of foraging of the *Camponotus crassus* Mayr, 1862 (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Natural History**, v. 53, p. 1737-1749, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1660430>

LA-POLLA, J. S.; BRADY, S. G.; SHATTUCK, S. O. Monograph of *Nylanderia* (Hymenoptera: Formicidae) of the World: An introduction to the systematics and biology of the genus. **Zootaxa**, v. 3110, p. 1-9, 2011.

LASMAR, C. J.; QUEIROZ, A. C. M.; RABELLO, A. M.; FEITOSA, R. M.; CANEDO-JÚNIOR, E. O., SCHMIDT, F. A.; RIBAS, C. R. Testing the effect of pitfall-trap installation on ant sampling. **Insectes Sociaux**, v. 64, p. 445-451, 2017.

LAWES, M. J.; MOORE, A. M.; ANDERSEN, A. N.; PREECE, N. D.; FRANKLIN, D. C. Ants as ecological indicators of rainforest restoration: Community convergence and the development of an Ant Forest Indicator in the Australian wet tropics. **Ecology and Evolution**, v. 7., p. 8442-8455, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1002%2Fece3.2992>

LEITE, M. S.; TAMBOSI, L. R.; ROMITELLI, I.; METZGER, J. P. Landscape ecology perspective in restoration projects for biodiversity conservation: A review. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v. 11, n. 2, pp. 108-118, 2013.

LONGINO, J. T. A taxonomic review of the genus *Azteca* (Hymenoptera: Formicidae) in Costa Rica and a global revision of the *aurita* group. **Zootaxa**, v. 1491, p. 1-63, 2007.

LONGINO, J. T.; CODDINGTON, J.; COLWELL, R. K. The ant fauna of tropical rain forest: Estimating species richness three different ways. **Ecological Society of América**, v. 83, n. 3, pp. 689–702, 2002.

LONGINO, J. T.; NADKARNI, N. M. A comparison of ground and canopy leaf litter ants (Hymenoptera: Formicidae) in a Neotropical montane forest. **Psyche**, v. 97, p. 81-93, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1155/1990/36505>

LONGINO, J. T. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. **Zootaxa**, v. 151, p. 1–150, 2003.

MILAN, E.; MORO, R. S. O conceito biogeográfico de ecótono. **Terra Plural**, v. 10, p. 75-88, 2016

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton University Press, Princeton, 1967, 224p.

MACKAY, W.P. A review of the New World ants of the genus *Dolichoderus* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 22, p. 1-148, 1993.

MCGEOCH, M. A.; SITHOLE, H.; SAMWAYS, M. J.; SIMAIKA, J. P.; PRYCKE, J. S.; PICKER, M.; UYS, C.; ARMSTRONG, A. J.; DIPPENAAR-SCHOEMAN, A. S.; ENEGELBRECHT, I. A.; BRASCHLER, B.; HAMER, M. Conservation and monitoring of invertebrates in terrestrial protected areas. **Koedoe**, vol. 53, n. 2, pp. 39-52, 2011. DOI: 10.4102/koedoe.v53i2.1000

MENZ, M. H. M.; DIXON, K. W.; HOBBS, R. J. Hurdles and opportunities for landscape-scale restoration. **Science**, v. 339, n. 6119, pp. 526-527, 2013. DOI: 10.1126/science.1228334.

MORA-RUBIO, C.; PÉREZ-BOTE, J. L.; MURIEL, J. Nest Association between *Camponotus fallax* (Hymenoptera: Formicidae) and *Vespa crabro* (Hymenoptera: Vespidae) in Central Iberian Peninsula. **Sociobiology**, v. 66, p. 523-526, 2019.

NEPSTAD, D. C.; UHL, C.; SERRAO, E. A. S. Recuperation of a degraded Amazonian Landscape: Forest recovery and agricultural restoration. **Ambio**, v. 20, p. 248-255, 1991.

NEVES, F. S.; BRAGA, R. F.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; DELABIE, J. H. C.; FERNADES, G. W.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Diversity of arboreal ants in a Brazilian tropical dry forest: effects of seasonality and successional stage. **Sociobiology**, v. 56, p. 1-18, 2010.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. *vegan*: Community Ecology Package. R package version 2.5-6. 2019. Disponível em: < <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>.

PERRING, M. P.; STANDISH, R. J.; PRICE, J. N.; CRAIG, M. D.; ERICKSON, T. E.; RUTHROF, K. X.; WHITELEY, A. S.; VELENTINE, L. E.; HOBBS, R. J. Advances in restoration ecology: rising to the challenges of the coming decades. **Ecosphere**, v. 6, n. 8, p. 1-28, 2015. DOI: [dx.doi.org/10.1890/ES15-00121.1](https://doi.org/10.1890/ES15-00121.1)

POWELL, S.; COSTA, A. N.; LOPES, C. T.; VASCONCELOS, H. Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, p. 352-360, 2011.

QUEIROZ, A. C.M.; RIBAS, C. R. Canopy cover negatively affects arboreal ant species richness in a tropical open habitat. **Brazilian Journal of Biology**, v.76, p. 864-870, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.02015>

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <<https://www.R-project.org/> <https://www.R-project.org/>>.

RIBAS, C. R.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C.; SCHOEREDER, J. H.; VALENTIM, C. I.; SANCHEZ, A. L. P.; ENDRINGER, F. B. Formigas podem ser utilizadas como bioindicadoras de recuperação após impactos ambientais? **Instituto Biológico**, v. 69, n. 2, p. 57-60, 2007.

SÁNCHEZ, D. A. C.; CASTILLO, E. B.; BRICEÑO, N. B. R.; OLIVA, M.; GUZMAN, C. T.; GUERRA, C. A. A.; BANDOPADHYAY. Distribution models of timber species for forest conservation and restoration in the Andean-Amazonian Landscape, North of Peru. **Sustainability**, v. 12, p. 1-20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12197945>

SANTOS-SILVA, L.; VICENTE, R. E.; FEITOSA, R. M. Ant species (Hymenoptera: Formicidae) of forest fragments and urban áreas in a Meridional Amazonian landscape. **Check List**, v.12, p. 1-7, 2016.

SCHARMANN, M.; THORNHAM, D. G.; GRAFE, T. U.; FEDERLE, W. A novel type of nutritional ant–plant interaction: ant partners of carnivorous pitcher plants prevent nutrient export by dipteran pitcher infauna. **PLoS One**, v. 8, .p. 1-11, 2013. DOI: :10.1371/journal.pone.0063556

SILVA, G. L.; MAIA, A. C. R.; SANTO, N. B. E.; FAGUNDES, R.; COSTA, C. B.; RIBEIRO, S. P. Análise preliminar de mosaico de formigas arbóreas: métodos comparativos para investigação de insetos de dossel. **M.G. Biota**, v. 3, p. 25-42, 2011.

SUDING, K. N.; GROSS, K. L.; HOUSEMAN, G. R. Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19, n. 1, p. 46-53, 2004. DOI: 10.1016/j.tree.2003.10.005.

TOENNISSON, T. A.; SANDERS, N.J.; KLINGEMAN, W. E.; VAIL, K. M. Influences on the Structure of Suburban Ant (Hymenoptera: Formicidae) Communities and the Abundance of *Tapinoma sessile*. **Environmental Entomology**, v. 40, p. 1397-1404, 2011.

VASCONCELOS, H. L.; VILHENA, J. M. S. Species turnover and vertical partitioning of ant assemblages in the brazilian Amazon: A comparison of forests and savannas. **Biotropica**, v. 38, p. 100-106, 2006.

VICENTE, R. E.; DÁTILLO, W.; IZZO, T. J. New record of a very specialized interaction: Myrcidris epicharis Ward 1990 (Pseudomyrmecinae) and its myrmecophyte host Myrcia madida McVaugh (Myrtaceae) in Brazilian Meridional Amazon. **Acta Amazonica**, v. 42, p. 567-570, 2020.

VICENTE, R. E.; PRADO, L. P.; IZZO, T. J. Amazon rainforest ant-fauna of Parque Estadual do Crsitalino: Understory and ground-dwelling ants. **Sociobiology**, v. 63, n. 3, p. 894-908, 2016.

WILSON, E. O. The arboreal ant fauna of Peruvian amazon forests: a first assessment. **Biotropica**, v. 19, n. 3, p. 245-251, 1987.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A subfamília mais representativa nesta pesquisa, Myrmicinae, é frequentemente encontrada em outros estudos com a mirmecofauna neotropical, o que confere um padrão robusto para essa região. A diversidade, frequência e número de espécies superior no estrato epigéico em relação ao estrato arbóreo, também é um padrão consistente na literatura devido à complexidade de microhabitats presentes no estrato epigéico ser superior ao estrato arbóreo.

Além disso, o aninhamento e turnover encontrado nesta pesquisa explicando a diversidade beta de formigas em diferentes estratos consiste em um resultado interessante para futuros estudos de conservação da biodiversidade e até mesmo em estratégias de inventário que sejam mais eficientes pois 60% das espécies amostradas foram exclusivas de apenas um estrato demonstrando uma substituição de espécies (turnover) alta entre os estratos, assim amostragens que utilizam apenas uma das assembleias podem subestimar a diversidade beta real do ambiente.

Os valores mais altos de diversidade em uma área de restauro comparado a um fragmento florestal são pouco encontrados em literatura, porém podem ser explicados pelo tamanho das áreas de restauro em relação a matriz de pastagem, havendo um efeito de borda elevado que leva ao compartilhamento de espécies entre a pastagem e a área de restauro e o fragmento florestal por ser mais isolado tenha apresentado valores mais baixos nesses parâmetros. Além disso, foi encontrado um maior número de espécies exclusivas no fragmento florestal em relação a todas as paisagens, sendo concluído que a restauração está sendo efetiva, entretanto a especificidade das assembleias ainda é menor que uma área de floresta nativa.

Assim, este estudo além de analisar a estruturação de assembleias de Formicidae, a diversidade, frequência e número de espécies de formigas em diferentes paisagens, e utilizar dessas métricas para avaliar processos de restauração, contribui também para o conhecimento da mirmecofauna na Amazônia Meridional ainda pouco estudada e indicação de uso deste grupo de invertebrados na avaliação de processos de restauração.

APÊNDICES

AA – Script adaptado, utilizado para a realização do teste T e elaboração dos gráficos para interpretação dele.

```
##1º Passo - Instalação e leitura, ou só leitura (se já tiver instalado)

install.packages("vegan")
library(vegan)

## 2º passo - importar e Ler os dados da sua tabela, no meu caso usei a
função
## row.names para renomear as linhas com os dados da 3ª coluna

dados <- read.table(file.choose(), sep= "\t", header = TRUE, row.names = 4)
View(dados)

## 3º Passo - criar um data frame com apenas os dados das espécies
## amostradas, assim não é necessário a confecção de duas tabelas
##, uma das espécies e outra de atributos ambientais
##. No meu caso esses dados estão entre as colunas 4 e 100.

especies <- dados[,4:100]

## Agora realizar o teste de médias test T para a frequência de indivíduos

Abund <- t.test(Freq~Estratos_categ, data = dados)
Abund

## Gerar gráfico boxplot com os resultados:

boxplot(Freq~Estratos_categ, data = dados, ylab = "Frequência de operárias de
formigas", xlab = "Estratos", sub = "p = 0.01625")

## Realizar o teste T para o número de espécies (Riqueza)

Nssp <- t.test(NSP~Estratos_categ, data = dados)
Nssp

## Gerar boxplot com os resultados
boxplot(NSP~Estratos_categ, data = dados, ylab = "Número de espécies de
formigas", xlab = "Estratos", sub = "p = 0.004601")
```

BB – Script para as análises de particionamento da diversidade Beta adaptados.

```
## 1º Passo: Instalar e ler os pacotes:

install.packages("ggfortify")
install.packages("betapart")
install.packages("vegan")
install.packages("ecodist)

library(betapart)
library(vegan)
library(ecodist)

## 2º passo - importar e Ler os dados da sua tabela, no meu caso usei a
##função row.names para renomear as linhas com os dados da 3ª coluna

dados <- read.table(file.choose(), sep= "\t", header = TRUE, row.names = 4)
View(dados)
names(dados)

## 3º Passo - criar um data frame com apenas os dados das espécies
## No meu caso esses dados estão entre as colunas 4 e 100

especies <- dados[,4:107]
matrix<-ifelse(especies>=1,1,0)
head(matrix)

## COMPARAÇÕES PAR A PAR

# Gerando componentes

pair<- beta.pair(matrix,index.family="sorensen")
soren<-(pair$beta.sor)
turnover<-(pair$beta.sim) #dist object, dissimilarity matrix accounting for spatial
turnover, measured as Simpson pair-wise dissimilarity
nest<-(pair$beta.sne) #dist object, dissimilarity matrix accounting for
nestedness-resultant dissimilarity, measured as the nestedness-fraction of
Sorensen pair-wise dissimilarity

## Diversidade BETA total

mrmBeta<-MRM(soren~dist(dados$Estrato1), nperm=100000)
mrmBeta

## ANINHADA

mrmSoloNest<-MRM(nest~dist(dados$Estrato1), nperm=100000)
mrmSoloNest

## TURNOVER
```

```

mrmSoloTurn<-MRM(turnover~dist(dados$Estrato1), nperm=10000)
mrmSoloTurn

## Graficos
install.packages('ggfortify')

library(ggplot2)
library(ggalt)
library(ggfortify)
theme_set(theme_classic())

## Gráfico diversidade Beta Sorensen (Beta total)

PCA <- prcomp(soren) # compute principal components

## Data frame of principal componentes

Comp <- data.frame(PCA$x, Estrato=dados$Estratos) # dataframe of principal
components
Arboreo<-Comp[Comp$Estratos == "Arboreo", ] #
Epigeico<-Comp[Comp$Estratos == "Epigeico", ] #

## Gerar gráfico

ggplot(Comp, aes(PC1, PC2, col=Estrato)) +
geom_point(aes(shape=Estrato), size=3) + # draw points
  labs(title="Composition of ant assemblage",
        subtitle="",
        caption="") +
  coord_cartesian(xlim = 1.2 * c(min(Comp$PC1), max(Comp$PC1)),
                  ylim = 1.2 * c(min(Comp$PC2), max(Comp$PC2))) + # change axis
limits
geom_encircle(data = Arboreo, aes(x=PC1, y=PC2)) + # draw circles
geom_encircle(data = Epigeico, aes(x=PC1, y=PC2))

## Gráfico Aninhamento
## Compute data with principal components

PCANest<- prcomp(nest) # compute principal components

## Data frame of principal components

Comp <- data.frame(PCANest$x, Estrato=dados$Estratos) # dataframe of
principal components
Arboreo<-Comp[Comp$Estratos == "Arboreo", ] #
Epigeico<-Comp[Comp$Estratos == "Epigeico", ] #

## Gerar gráfico

```

```

ggplot(Comp, aes(PC1, PC2, col=Estrato)) +
geom_point(aes(shape=Estrato), size=3) + # draw points
  labs(title="Componente resultante de aninhamento da composição da
assembléia de formigas",
        subtitle="",
        caption="") +
  coord_cartesian(xlim = 1.2 * c(min(Comp$PC1), max(Comp$PC1)),
                  ylim = 1.2 * c(min(Comp$PC2), max(Comp$PC2))) #+ # change
axis limits
geom_encircle(data = Arboreo, aes(x=PC1, y=PC2)) + # draw circles
geom_encircle(data = Epigeico, aes(x=PC1, y=PC2))

## Gráfico Turnover
# Compute data with principal componentes

PCATurn<- prcomp(turnover) # compute principal components

# Data frame of principal components -----
Comp <- data.frame(PCATurn$x, Estrato=dados$Estratos) # dataframe of
principal components
Arboreo<-Comp[Comp$Estratos == "Arboreo", ] #
Epigeico<-Comp[Comp$Estratos == "Epigeico", ] #
# Gerar gráfico

ggplot(Comp, aes(PC1, PC2, col=Estrato)) +
geom_point(aes(shape=Estrato), size=3) + # draw points
  labs(title="Turnover resultant component of ant assemblage composition",
        subtitle="",
        caption="") +
  coord_cartesian(xlim = 1.2 * c(min(Comp$PC1), max(Comp$PC1)),
                  ylim = 1.2 * c(min(Comp$PC2), max(Comp$PC2))) #+ # change
axis limits
geom_encircle(data = Arboreo, aes(x=PC1, y=PC2)) + # draw circles
geom_encircle(data = Epigeico, aes(x=PC1, y=PC2))

```

CC – Script utilizado para o cálculo dos índices de Diversidade de Simpson, Shannon Exponencial e índice de Equabilidade de Pielou.

```
#### Índices de Diversidade ####
## 1º passo instalar e ler o pacote vegan, caso já tenha instalado, apenas ler

## instalar
install.packages("vegan")
## ler
library(vegan)

## 2º passo: Importar a planilha de dados, recomendo o formato txt. Nesse caso
# as linhas serão renomeadas de acordo com a coluna 4, por isso a função
# row.names foi utilizada

dados <- read.table(file.choose(), sep = "\t", header = TRUE, row.names = 4)

## 3º passo: criar um data frame com apenas os valores para as espécies

especies <- dados[, 4:75]

## 4º passo: realizar o cálculo dos índices.

Simpson <- diversity(especies, index = "simpson")
Simpson

Shannon <- diversity(especies, index = "shannon")
Shannon

## 5º passo: realizar o cálculo de equabilidade de Pielou:

Pielou <- Shannon/log(specnumber(especies))
Pielou
```

DD – Script utilizado para a análise de classificação e confecção do dendrograma de similaridade com base no índice UPGMA - Jaccard.

```
## 1º passo: instalar e ler ou apenas ler o pacote ##  
##instalar:  
  
install.packages("vegan")  
  
## ler  
library(vegan)  
  
## 2º importar os dados:  
  
dados <- read.table(file.choose(), sep = "\t", header=TRUE, row.names = 3)  
View(dados)#visualizar o arquivo de dados  
  
## 3º passo: criar um data-frame apenas com dados das espécies  
especies <- dados[ , 3:74]  
  
# 4º passo: Preparando a matriz de distância:  
matJ<-vegdist(especies, method="jaccard") #índice de Jaccard  
  
# 5º passo: Fazer o dendrograma com o valor do coeficiente cofenético  
#UPGMA-JACCARD  
  
hcUJ<-hclust(matJ, method="average")  
UJ.coph<-cophenetic(hcUJ)  
cor(matJ,UJ.coph)  
resultado <- plot(hcUJ, main=" ", xlab=" ", sub = "UPGMA - Jaccard.  
Coeficiente cofenético = 0,93", ylab=" ", cex.axis= 0.6,hang=-1)
```