



CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE CAXIAS- CESC

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOLOGIA

CURSO DE CIÊNCIAS NATURAIS

LARISSA SANTOS DE SOUSA

**COMUNIDADE DE FORMIGAS EPÍGEAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DA
MATA DE COCAIS, CERRADO *SENSO STRICTO* E PASTO DO MUNICÍPIO DE
ALDEIAS ALTAS, MARANHÃO, BRASIL**

CAXIAS-MA

2023

LARISSA SANTOS DE SOUSA

**COMUNIDADE DE FORMIGAS EPÍGEAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DA
MATA DE COCAIS, CERRADO *SENSO STRICTO* E PASTO DO MUNICÍPIO DE
ALDEIAS ALTAS, MARANHÃO, BRASIL**

Monografia apresentada ao colegiado do Curso Ciências Naturais, do *Campus* Caxias da Universidade Estadual do Maranhão como requisito parcial ao desenvolvimento da disciplina Trabalho de Conclusão do Curso - TCC.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luiza Carla Barbosa Martins

Co-Orientador: Prof.MSc. Carlos Evangelista Pereira
Lima

CAXIAS-MA

2023

S725c Sousa, Larissa Santos de

Comunidade de formigas epígeas (Hymenoptera: formicidae) da mata de cocais, cerrado sensu stricto e pasto do município de Aldeias Altas, Maranhão, Brasil / Larissa Santos de Sousa. __Caxias: Campus Caxias, 2023.

54f.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Maranhão – Campus Caxias, Curso de Licenciatura em Ciências Naturais.

Orientador: Prof^ª. Dra. Luiza Carla Barbosa Martins.

Coorientador: Prof. Carlos Evangelista Pereira Lima.

1. Formigas. 2. Bioindicadores. 3. Entomofauna. I. Título.

LARISSA SANTOS DE SOUSA

**COMUNIDADE DE FORMIGAS EPÍGEAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DA
MATA DE COCAIS, CERRADO *SENSO STRICTO* E PASTO DO MUNICÍPIO DE
ALDEIAS ALTAS, MARANHÃO, BRASIL**

Monografia apresentada ao colegiado do Curso Ciências Naturais, do *Campus* Caxias da Universidade Estadual do Maranhão como requisito parcial ao desenvolvimento da disciplina Trabalho de Conclusão do Curso - TCC.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luiza Carla Barbosa Martins

Coorientador: Prof. MSc. Carlos Evangelista Pereira
Lima

Aprovado (a) em: //

BANCA EXAMINADORA


Prof^a. Dr^a. Luiza Carla Barbosa Martins
(Orientadora)

Documento assinado digitalmente
 CARLOS AUGUSTO SILVA DE AZEVEDO
Data: 08/08/2023 08:35:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Augusto Silva de Azevedo
(Membro)

Documento assinado digitalmente
 ANA ALICE TORRES DE SOUSA
Data: 07/08/2023 09:37:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. M.Sc. Ana Alice Tôrres de Sousa
(Membro)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e segundo a minha família, pelo apoio e dedicação que se tornaram fundamentais ao longo de toda a minha caminhada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha gratidão a Deus, que me concedeu oportunidades, força de vontade e coragem para superar todos os obstáculos e me conduzir a este momento glorioso em minha vida.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à minha orientadora, a Prof.^a Dr.^a. Luiza Carla Barbosa Martins, e ao meu coorientador, Prof.^o. Msc Carlos Evangelista Pereira Lima. Suas orientações e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Suas vastas experiência e conhecimento foram de valor inestimável, e sou grata pela paciência e orientação que me ofereceram ao longo de todo o processo.

Quero agradecer imensamente à minha família, especialmente aos meus pais, por sempre acreditarem no meu potencial, me incentivarem e nunca permitirem que eu desistisse ao longo da minha trajetória acadêmica.

Também desejo agradecer aos meus colegas de turma e amigos que me apoiaram durante toda essa jornada acadêmica. Seu apoio e encorajamento foram fundamentais para me manter motivada e superar os desafios que surgiram ao longo do caminho.

Gostaria de agradecer a Universidade Estadual do Maranhão, pela oportunidade de aprendizado e crescimento proporcionados ao longo deste curso.

RESUMO

A fauna de formigas mundial é estimada em aproximadamente 16 mil espécies, sendo que na região Neotropical compreende cerca de 5 mil espécies. No Brasil são registradas mais de 1600 espécies e para o Estado Maranhão a mimercofauna atualmente registra a ocorrência de 279 espécies. As formigas estão entre os insetos mais utilizados como bioindicadores devido à sua alta diversidade e sensibilidade às mudanças no ambiente físico e biológico, pois são utilizadas como organismos modelo para entender a influência de variáveis bióticas e abióticas e das atividades antrópicas sobre a biodiversidade. O objetivo deste trabalho foi conhecer a fauna de formigas epígeas em diferentes áreas no Município de Aldeias Altas no Maranhão, Brasil. As coletas foram desenvolvidas no povoado Olho D'água do Ventura, na cidade de Aldeias Altas- MA. As formigas foram coletadas em três áreas: i. Mata de cocais, ii. Cerrado *sensu stricto* e iii. Pasto. Foram registrados em todo o estudo um total de 27.2016 espécimes, classificados em 47 espécies, pertencentes a 22 gêneros e sete subfamílias, sendo as Subfamilias Myrmicinae, Formicinae, Ectatomminae, Dorylinae, Dolichoderinae, Ponerinae e Pseudomyrmecinae. A subfamília Myrmecinae foi a mais diversificada e mais representada nesse estudo, com 21 espécies identificada. Na área de mata de cocais, a riqueza foi de 37 espécies de formigas, em pasto e cerrado *sensu stricto* foram coletadas 29 e 27 espécies, respectivamente. A mata de cocais apresentou uma diversidade de formicídeos maior, em relação ao cerrado *sensu stricto* e pasto.

Palavras-chave: Biodiversidade; Bioindicadores; Mirmecofauna.

ABSTRACT

The world ant fauna is estimated at approximately 16 thousand species, and in the neotropical region comprises about 5 thousand species. In Brazil, more than 1600 species are recorded and for the state of Maranhão, mimstcofunas currently records the occurrence of 279 species. Ants are among the insects most used as bioindicators due to their high diversity and sensitivity to changes in the physical and biological environment, as they are used as model organisms to understand the influence of biotic and abiotic variables and anthropic activities on biodiversity. The objective of this work was to know the fauna of Spigean ants in different areas in the Municipality of Aldeias Altas in Maranhão, Brazil. The collections were developed in the village Olho D'água do Ventura, in the city of Aldeias Altas-MA. Ants were collected in three areas: i. Mata de cocais, jj, Cerrado sensu stricto and iii. Pasture. A total of 27,2016 specimens were recorded throughout the study, classified into 47 species, belonging to 22 genera and seven subfamilies. The Mazmusenas subfamily was the most diverse and most represented in this study, with 21 species identified. In the cocais forest area, the richness was 37 ant species, in pasture and cerrado sensu stricto, 29 and 27 species were collected, respectively. The cocais forest showed a greater diversity of ants, in relation to the cerrado sensu stricto and pasture.

Keywords: Biodiversity, Bioindicators; Myrmecofauna.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** Localização da área de coleta. No povoado Olho D'água do Ventura, no município de Aldeias Altas-MA.....11
- Figura 2.** Esquema demonstrando a distribuição das armadilhas tipo *Pitfall* com água e detergente (n=25) e com iscas mel/sardinha (n=25 cada) nas diferentes áreas de coleta situadas no povoado Olho D'água do Ventura, município de Aldeias Altas, Maranhão.....12
- Figura 3.** Armadilhas de queda tipo *Pitfall*, para captura de formigas, com iscas mel/sardinha e detergente nas diferentes áreas de coleta. **A:** Abertura para colocar a armadilha. **B:** Armadilha nivelada ao nível do solo. **C:** Armadilha instalada com arame, com arte de metal. **D:** Armadilha instalada com isca de mel e sardinha.....13
- Figura 4.** Número médio de espécies de formigas nas três áreas de estudo (Pasto, Cerrado e Mata de Cocais), no povoado Olho D'água do Ventura, município de Aldeias Altas – MA.....23
- Figura 5.** Dendrograma de similaridade pelo método agrupamento de Jaccard para as três áreas amostradas (Pasto, Cerrado e Mata de Cocais) do povoado Olho D'água Ventura no município de Aldeias Altas-MA.....29
- Figura 6.** Curva de acumulação de espécies para as três áreas de estudo (Pasto, Cerrado e Mata de Cocais) no povoado Olho D'água do Ventura, no município de Aldeias Altas - MA.....30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista de espécies de Formicidae coletados em 03 áreas (PA=Pasto; CE=Cerrado; MA= Mata de Cocais) no Município de Aldeias Altas – MA. com probabilidade estatística de bioindicação p (Bonferroni), $p \leq 0,05$ associadas (*) Espécies indicadas como Bioindicadoras.....	24
Tabela 2. Valores de riqueza observada e estimada (estimadores Chao 2 e Jackknifer 1), singletons, doubletons.....	27
Tabela 3. Índice espécies de Shannon H, Simpson λ e Equitabilidade J para formigas coletas nas áreas de estudo (PA - Pasto, CE - Cerrado e MC - Mata de Cocais) do povoado Olho D'água do Ventura, no município de Aldeias Altas-MA.....	28

APÊNDICE

Apêndice 1. Lista de espécies de Formicidae coletados em três áreas (PA=Pasto, CE=Cerrado e MA=Mata de Cocais) no Município de Aldeias Altas - MA, com número de espécimes=NE, Fr. = Frequência (F= frequente; MF= muito frequente; PF= pouco frequente), C = Constância (co= constante; a= acessórias; ac= acidentais) e DO= Dominância (D= dominante; ND= não dominante). Com armadilha tipo *Pitfall* (com isca e sem isca)
.....42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	3
1.1 Hipóteses.....	5
2 OBJETIVOS	6
2.1 Geral	6
2.2 Específicos	6
3 REFERENCIAL TEÓRICO	7
3.1 Pasto.....	7
3.2 Bioma Cerrado.....	7
3.3 Mata de Cocais.....	8
3.4 Formigas	9
3.5 Formigas como Bioindicadores	9
4 MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1 Área de Estudo.....	11
4.2 Delineamentos amostral	12
4.3 Método de coletas.	13
4.4 Triagem, Contagem, Montagem e Identificação.....	14
4.5 Análise de dados	14
4.5.1 Frequência (Fr)	15
4.5.2 Constância (C)	15
4.5.3 Dominância (D)	15
4.5.4 Desvio Padrão.....	16
4.5.5 Estimadores de Riqueza.....	16
4.5.6 Índices de Diversidade	17
4.5.8 Curva de Acumulação	19
4.5.9 Bioindicadores	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5.1 Números amostrais	21
5.2 Desvio Padrão	23
5.3 Estimativa de Riqueza.....	28
5.4 Índice de Diversidade	29
5.5 Índice de Similaridade	30
5.6 Curva de Acumulação.....	31
5.7 Bioindicadores.....	32
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35
APÊNDICE	42

1 INTRODUÇÃO

A biodiversidade, ou a diversidade biológica é o conjunto de todos os seres vivos existentes, o que inclui todas as plantas, animais e microrganismos da Terra. Com isso podemos ter a conscientização e a importância da preservação da biodiversidade (VILLAR, 2020).

Esta biodiversidade é importante para a saúde do nosso planeta porque cada espécie desempenha um papel importante no equilíbrio e funcionamento dos ecossistemas. O Brasil é um dos países com maior diversidade biológica do mundo, com cerca de 20% todas as espécies do planeta. Isso se deve principalmente ao tamanho territorial e à diversidade de ecossistemas, como a floresta Amazônica, o Cerrado, a Mata Atlântica, o Pantanal e a Caatinga (VILLAR, 2020).

No Maranhão o bioma que se destaca é o cerrado, que predomina em 60% do território maranhense, se especializando nas regiões Sul e Leste do Estado. Sua vegetação tem um elevado grau de endemismo, ou seja, composta por espécies vegetais nativas e próprias do bioma, e seu ambiente varia entre matas mais secas e ralas (Cerradão), árvores baixas, inclinadas e tortuosas (Cerrado típico) e vegetações caducifólias – que perdem as folhas no período de estiagem (GOMES, 2017).

O estado brasileiro consiste em transições entre diferentes zonas vegetais: Amazônia, Cerrado e Catinga. Por isso, as florestas de cocais possuem características únicas devido aos aspectos geográficos de cada região em que esses biomas ocorrem. Por essa razão, podemos empregar o termo ecótono para descrever a mata dos cocais. Um ecótono é, por definição, uma área de transição entre dois ou mais ecossistemas e que pode apresentar uma ou mais características das paisagens que ele intercala (GUITARRARA, 2023)

O relevo do Maranhão é composto por diferentes tipos de ambientes que resultam de sua fase de transição. No interior do país encontramos diversos tipos de plantas nos principais biomas do estado: a floresta amazônica, o cerrado, a catinga e a mata dos cocais (GOMES, 2017).

O Cerrado maranhense é considerado o maior bioma do estado, e vem sofrendo com o desmatamento e a devastação. Em agro ecossistemas ou áreas urbanas resulta em fragmentação e perda de habitats e biodiversidade. Seja pela limitação do fluxo gênico ou pela perda de habitats, a biodiversidade, especialmente espécies endêmicas de animais e plantas, está ameaçada. (KULEVICZ *et al.*, 2020).

A expansão da atividade agrícola e da pecuária na região nordeste do Brasil, tem promovido a fragmentação acelerada da vegetação nativa. Assim, o que se observa atualmente, na região leste do Estado do Maranhão, é a transformação da vegetação nativa em áreas de pastagem e monoculturas. Deste modo, inferir sobre a qualidade ambiental dos fragmentos florestais, bem como as áreas do entorno de culturas agrícolas, é relevante à conservação dessas áreas.

A conversão em áreas de pastagem agrícola e pecuária itinerantes reduz a diversidade de formigas (BRASIL, 2023). Em 2018, as pastagens no Brasil representavam menos de 180 milhões de hectares, ou 21% área total do país. Destas, 95% são pastagens degradadas, das quais 56,17% apresentam potencial produtivo (LAPING, 2018).

A Mata dos cocais é considerada uma vegetação de transição no Maranhão, pois está situada entre as florestas úmidas da Amazônia e o clima semiárido do sertão e sua vegetação é marcada pela presença de árvores de grande porte como o babaçu, buriti, açai, carnaúba, entre outras que são importantes no desenvolvimento da região, a partir do extrativismo vegetal, que são fundamentais para a sobrevivência da população local (GOMES, 2017).

As formigas são notáveis por sua diversidade, fidelidade ecológica, facilidade de seleção e conhecimento para manter importantes relações ecológicas com outras plantas e animais. A taxonomia e a sensibilidade das formigas fazem com que percebemos às alterações climáticas e ambientais. Deste modo, conhecendo o perfil de uma comunidade de formigas em um determinado ambiente fornecem informações que podem ser utilizadas para determinar o grau de conservação ou degradação do ambiente (CARVALHO, 2017).

Esse estudo teve como intuito diminuir a lacuna taxonômica do conhecimento da biodiversidade de formigas, realizando levantamentos da mirmecofauna que são imprescindíveis, afinal só podem conservar o que se conhece e para isso, o primeiro estágio para conservar a biodiversidade é descrevê-la, mapeá-la e medi-la.

Diante do papel que as formigas desempenham no ecossistema é imprescindível elaborar questões norteadoras para esse estudo:

i. Existem diferenças dos parâmetros ecológicos de riqueza, frequência, constância e diversidade na comunidade de formigas de mata de cocais, cerrado *sensu stricto* e pasto?

ii. Existe diferença na composição de espécies de formigas epigéicas na comunidade de formigas de mata de cocais, cerrado *sensu stricto* e pasto?

iii. É possível identificar espécies de formigas que podem ser utilizadas como Bioindicadoras de qualidade ambiental das áreas de estudo?

1.1 Hipóteses

A fim de responder esses questionamentos serão testadas as seguintes hipóteses:

Hipótese 1: O cerrado *sensu stricto* detêm maior Riqueza, Frequência, Constância e Dominância de formigas quando comparada a mata de cocais e pasto.

Hipótese 2: A comunidade de formigas epígeas difere significativamente quando comparada aos fragmentos florestais de cerrado *sensu stricto*, mata de cocais e pasto.

Hipótese 3: O cerrado *sensu stricto* possui maior Diversidade de formigas quando comparada a mata de cocais e pasto.

Hipótese 4: A comunidade de formigas epígeas de cerrado *sensu stricto* e mata de cocais apresentam maior similaridade quando comparada ao pasto.

Hipótese 5: É possível indicar as espécies de formigas que podem ser utilizadas como Bioindicadoras de qualidade ambiental dos fragmentos florestais de mata de cocais e cerrado *sensu stricto* assim como, é possível indicar as espécies indicadoras de degradação ambiental encontrada em pasto.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- ✓ Conhecer a entomofauna de formigas epígeas em diferentes áreas no Município de Aldeias Altas no Maranhão, Brasil.

2.2 Específicos

- ✓ Identificar a entomofauna terrestre de Formicidae nas três áreas de estudos;
- ✓ Avaliar os Padrões Ecológicos de Formicidae: Riqueza Observada das espécies, Riqueza Estimada das espécies (S), Frequência (Fr), Constância (C) e Dominância (D), nas três áreas de estudo;
- ✓ Comparar o Índice de Diversidade de Formicidae das áreas de estudos;
- ✓ Avaliar a similaridade entre as comunidades de formigas epigéicas das três áreas de estudo;
- ✓ Verificar a curva de acumulação de espécies de formigas epigéicas nas áreas de estudos;
- ✓ Reconhecer espécies que atuam como bioindicadores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Pasto

Pasto é a vegetação utilizada para alimentar o gado como a área em que os animais são deixados para se proverem da vegetação nativa ou artificial (ALVES, 2020). A degradação de áreas em pastagens é um problema que atinge todo o Brasil, sendo mais da metade dos pastos brasileiros apresentam algum nível de degradação, as área de pastagens é de 159 milhões de hectares, dos quais 66 milhões estão em estado de degradação moderada e 35 milhões em estado de degradação severa. Ou seja, 63,5% da área total de pastagens do país apresenta sinais de destruição (MIURA, 2023).

A pastagem permitir que o gado se alimente de partes da planta que compõem a vegetação do lugar. A pastagem natural, é composta por espécies de arbustos e herbáceas na sua totalidade. Já a pastagem nativa se refere às áreas que tiveram sua vegetação original e natural destruídas em parte ou inteiramente, e após a uma destruição e volta a se desenvolver a sua vegetação nativa (ALVES, 2020).

As principais degradações de pastagens são: degradação agrícola e degradação biológica. Na degradação agrícola, a capacidade produtiva do pasto fica temporariamente diminuída ou invalidada, por causa da competição pelas plantas daninhas no capim e nas leguminosas forrageiras. Já a degradação biológica, está associada à deterioração do solo, pois há um aumento na proporção do solo descoberto (sem vegetação) na área de pastagem (DIAS FILHO, M. B., 1997).

A recuperação das pastagens degradadas é uma forma de conservar o Cerrado. Outra possibilidade também é a restauração da vegetação nativa, com desenvolvimento de modelos financiáveis para reposição de área naturais (CAMPOS, 2020).

Embora as transformações de áreas de florestas em pastagens, cultivos agrícolas e outros usos da terra de ambientes abertos não sejam equivalentes em termos de biodiversidades e funcionamento a ecossistemas de savana, eles se assemelham em relação às condições abióticas, tais como a aberturas do dossel e conseqüente alta intensidade luminosa, temperatura e aridez, o que leva a uma pressão semelhante a fauna de formigas que tolera estas condições (QUEIROZ et al., 2017).

3.2 Bioma Cerrado

O Cerrado é o segundo bioma brasileiro mais extenso e um dos mais ricos em diversidade em plantas e animais, abrigando mais 11.627 espécies de plantas nativas catalogadas, cerca de 199 espécies de mamíferos são conhecidas, e a rica avifauna

compreende cerca de 837 espécies. O número de peixes (1200 espécies), répteis (180 espécies) e anfíbios (150 espécies) são elevados (MMA, 2020).

Segundo o Relatório mais recente Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil, nos últimos 36 anos, o Cerrado perdeu quase 20% do que restava de sua vegetação original, cerca de 26,5 milhões de hectares contendo os três tipos de formação nativas (campos, savanas e florestas) deram lugar a novas áreas de criação de gado e produção agrícolas (ZORZETTO, 2021).

O Bioma Cerrado vem sofrendo um intenso processo de perda da sua área original, devido à agricultura e ao desenvolvimento das cidades, restando entre 20-50% de sua cobertura original; e destes, somente 5,2% encontra-se sob algum regime conservacionista, e com isso a fauna e a flora vêm sofrendo grandes impactos. No Brasil os estados com índices de mais desmatamento foram Maranhão (2.281,72 km²), Tocantins (1.710,55 km²), Bahia (925,11 km²) e Goiás (920,45 km²) (WWF, 2021).

A vegetação que predomina esse bioma é *Stricto senso*, constitui-se principalmente por espécies arbustivas, compostas por árvores de pequeno porte com troncos tortuosos e espesso. Esses arbustos não são densos, como em áreas de matas fechada, e adaptam-se as condições do ambiente apresentando raízes com bastante profundidade, que alcançam os Lençóis freáticos (SOUSA, 2023).

3.3 Mata de Cocais

Segundo Pena (2021), a Mata dos Cocais é um ecossistema que está entre a floresta amazônica, a caatinga e o cerrado, no qual tem uma floresta de transição, situada em regiões do norte, nordeste e meio-norte do Brasil. Ocupa diversos estados no território brasileiro e possui uma grande diversidade de fauna e flora. É uma região que sobrevive a partir da extração de óleos para cosméticos e possui um cultivo bem adaptado.

A Mata dos Cocais apresenta 03 climas diferentes equatorial, semiárido e o semiárido, onde o semiárido faz parte do leste maranhense, marcado pelo calor intenso, e pelo período de estiagens que pode se estender em até 06 meses (PENA, 2021).

Os dois principais tipos de vegetação presentes no bioma desempenham função de ampla importância na vida das pessoas que vivem do extrativismo na região. Essas atividades desenvolvidas com o babaçu e a carnaúba não geram nenhum prejuízo ambiental, uma vez que são retirados exclusivamente os frutos e as folhas que são naturalmente reproduzidas pela planta (FREITAS, 2021).

Para Freitas (2021), o solo da Mata dos Cocais é pobre, mas as raízes das árvores fazem uma rápida absorção de nutrientes, além de ser composto por laterita, óxido de ferro e alumínio, possui um alto nível de salinidade nos mangues, sendo assim é uma região que facilita a transição de animais terrestres e marinhos.

Alguns dos principais rios e bacias hidrográficas que passam no bioma são a Bacia do Rio Parnaíba, abastecida principalmente pelo Rio Parnaíba e seus afluentes, a bacia abrange o estado do Piauí, Maranhão e Ceará (GUITARRARA, 2023).

3.4 Formigas

As formigas são insetos sociais que integram o grande grupo dos invertebrados terrestres. Estes insetos pertencem à família Formicidae e constituem, em conjunto com as vespas e as abelhas, a ordem Hymenoptera. São conhecidas atualmente 16.222 espécies válidas de formigas no mundo, e elas estão distribuídas em 22 subfamílias e agrupadas em 503 gêneros válidos (ANTWEB, 2023).

As formigas estão presentes em praticamente todas as partes do globo, onde das espécies existentes, uma alta diversidade está localizada na Região Neotropical, que se estende desde o extremo sul da América do Sul -Chile, Terra do Fogo, até o deserto do México, (FERNÁNDEZ, 2003). A região Neotropical conta com 26 espécies viventes e oito fósseis, ocorrendo do norte do México até o norte da Argentina e em algumas ilhas do Caribe (BOLTON, 2017).

No Maranhão com base em dados de coleções brasileiras e literaturas publicada, registramos um total de 279 espécies de formigas para o estado do Maranhão, pertencentes a 71 gêneros e 10 subfamílias e amostrados em 65 localidades. São 5.268 espécies que são agrupadas 165 gêneros, pertencentes a 17 subfamílias (PRADO, 2019).

3.5 Formigas como Bioindicadores

As modificações nos habitats são percebidas facilmente pelos artrópodes, em que cada grupo responde às alterações do ambiente de uma maneira singular, constituindo-se assim, como excelentes bioindicadores dos ambientes que ocupam (SPILLER; GARLET, 2018). Considerando a dificuldade para avaliar a resposta de toda biodiversidade em diferentes tipos de impactos humanos, tem sido proposto o uso de bioindicadores, pois eles fornecem respostas previsíveis de impactos nos padrões de diversidade e interações ecológicas (MCGEOCH,1998).

Nesse aspecto, os insetos são considerados bioindicadores da qualidade e da degradação ambiental, pois desempenham várias funções no ambiente e possuem estreita relação com a heterogeneidade dos ecossistemas e seus processos, sendo sensíveis as modificações do ambiente (WINK *et al.*, 2017).

Muitos estudos tem revelado que as comunidades de formigas respondem mais fortemente aos impactos indiretos, relacionados a mudanças na estrutura do habitat como mudança na vegetação (RIBAS *et al.* 2012, COSTA-MILANEZ 2010, 2017, BELSKAVA *et al* 2017).

Além disso, a fauna de formigas pode ser classificada de acordo com a afinidade de habitat, como aberto ou especialista em habitat florestais e generalista de habitats que podem viver em ambos os habitats (VASCONCELOS *et al.*, 2018).

As formigas por ser indicadoras de diversidade biológicas, são utilizadas como organismos modelo para entender a influência de variáveis bióticas e abióticas e das atividades antrópicas sobre a biodiversidade (APOLINÁRIO *et al.*, 2019; ESTRADA *et al.*, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

As coletas das formigas foram realizadas no povoado Olho D'água do Ventura, na cidade de Aldeias Altas-MA, no mês de agosto de 2022 (Figura 1), situado nas coordenadas da cidade (-4.628521170174047, -43.469464068136006)

A vegetação predominante é a Mata de Cocais e Cerrado *Sensu Stricto*. Região com áreas de para pastagens e agricultura. Na área de estudo o clima predominante é o tropical sazonal típico, com temperaturas médias do ano estão entre 24°C e as máximas ficam entre 34° C.

Figura 1: Localização da área de coleta. Povoado Olho D'água do Ventura, no município de Aldeias Altas-MA.



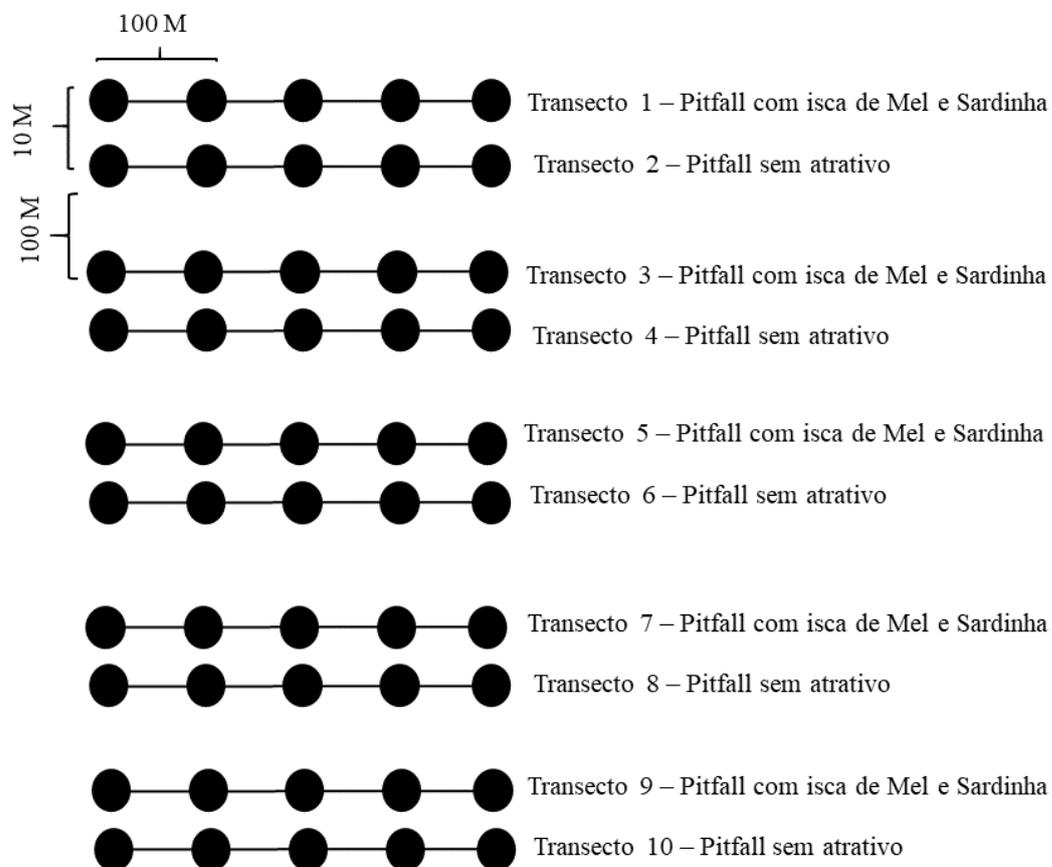
Fonte: Próprio autor, 2023.

4.2 Delineamentos amostral

As formigas foram coletadas em três áreas: i. Mata de Cocais, ii. Cerrado Sensu Stricto e iii. Pasto. Nos períodos fim do mês de agosto e início de setembro de 2022. As coletas foram realizadas em 10 transectos lineares de 420 de comprimento, com duas parcelas de 10 metros entre elas. Com intuito de minimizar o efeito da borda e sua influência sobre a distribuição das espécies, a coleta se iniciou após percorrer 20 metros no sentido borda-interior da área coletada. Os espécimes foram coletados através dos métodos do tipo *pitfall* (com e sem atrativo).

Ao final das coletas, foram obtidas 25 amostras utilizando isca de mel/sardinha e 25 amostras utilizando *pitfall* sem iscas, totalizando 50 amostras para cada área (n=50 amostras para Mata de Cocais, n=50 para Cerrado Sensu Stricto e n=50 amostras para Pasto), totalizando 150 amostras nas três áreas de estudos (Figura 2).

Figura 2. Esquema demonstrando a distribuição das armadilhas tipo *Pitfall* com água e detergente (n=25) e com iscas mel/sardinha (n=25 cada) nas diferentes áreas de coleta situadas no povoado Olho D'água do Ventura, município de Aldeias Altas, Maranhão.

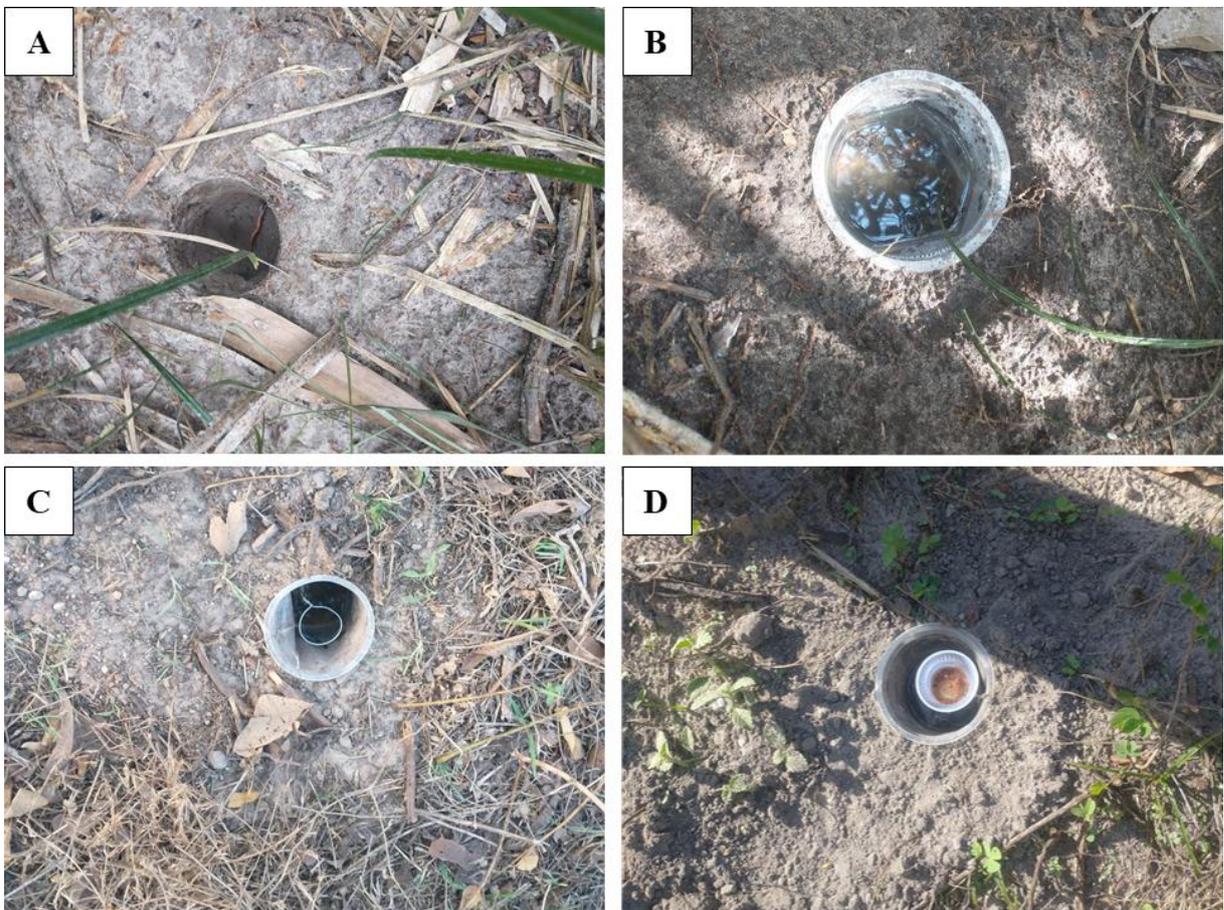


Fonte: Próprio autor, 2023.

4.3 Método de coletas.

Os espécimes foram coletados através dos métodos do tipo *pitfall* (com e sem atrativo). O método *pitfall* consistem em um copo de 400 ml com um aro de aço segurando um copo menor 50 ml para as iscas atrativa de mel e sardinha. No copo maior, foi depositado 70 ml de água com cinco gotas de detergente para quebrar a tensão superficial da água fazendo com os insetos afundem sem debater, onde permaneceu no local por um período de 48 horas.

Figura 3. Armadilhas de queda tipo *Pitfall*, para captura de formigas, com iscas mel/sardinha e detergente nas diferentes áreas de coleta. **A:** Abertura para colocar a armadilha. **B:** Armadilha nivelada ao nível do solo. **C:** Armadilha instalada com arame, com arte de metal. **D:** Armadilha instalada com isca de mel e sardinha.



Fonte: Próprio autor, 2023.

4.4 Triagem, Contagem, Montagem e Identificação

O material coletado foi acondicionado em recipientes contendo álcool 70%, devidamente identificados (tipo de formação vegetal, tipo de método, número da amostra, número do transecto e número do ponto amostral, coordenadas das áreas, data e coletor); após a coleta foram transportados ao Laboratório de Mirmecologia (LAMIR) do Centro de Estudos Superiores de Caxias (CESC) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), para a triagem, contagem, montagem e identificação. Após a identificação o material será registrado e depositada na Coleção de Formigas do Maranhão, no LAMIR no CESC/UEMA.

A triagem do material foi realizada em uma placa de Petri sob Estereomicroscópio Stemi DV4 (ZEISS). Após a triagem foi realizada a contagem e na sequência as formigas foram montadas em alfinetes entomológicos, pelo método de dupla montagem utilizando-se triângulos de papel cartão e cola branca para a fixação dos espécimes. O material foi acondicionado em caixas entomológicas para posterior identificação.

A identificação dos gêneros foi realizada por meio de chaves taxonômicas de (BACARRO *et al.* 2015), e depois foram comparadas com a Coleção de Formigas do Maranhão do LAMIR - CESC/UEMA.

4.5 Análise de dados

Uma matriz de dados com presença/ausência e número de indivíduos das espécies identificadas foi construída no Software Microsoft Excel, a partir dessa matriz, todas as análises foram realizadas utilizando programas distintos. As análises de Frequência, Constância e Dominância foram realizadas através do Software Microsoft Excel. Para as análises de Riqueza Estimada das espécies, e Diversidade programa PAST (*Paleontological Statistics*), versão 4.07 (HAMMER, 2011). Para a Curva de coletor foi utilizado o Programa Estimates (*Statistical Estimation of Species Richness and Share Species from Samples*), versão 9.1 (Colwell, 2013). A análise de Similaridade foi realizada com o auxílio do programa PAST (*Paleontological Statistics*), versão 4.07 (HAMMER,2011).

4.5.1 Frequência (Fr)

A frequência das espécies foi determinada através da fórmula: $Pi=ni/N$, onde ni : número de indivíduos da espécie i e N : total de indivíduos da amostra. A partir dos resultados obtidos foram estabelecidas as classes de frequências para as espécies de acordo com intervalo de confiança (IC) da média aritmética a 5% de probabilidade, calculado através da fórmula de (SILVEIRA-NETO et al., 1976).

$$\bar{x} \pm t\alpha X \frac{S}{\sqrt{(n)}}$$

\bar{x} = média aritmética da frequência das espécies

$t\alpha$ = coeficiente de confiança (95%) obtido

S = desvio padrão das frequências das espécies n = número total de indivíduos amostrados as classes foram obtidas através da aplicação dos seguintes critérios:

Pouco frequente (PF): frequência menor que o limite inferior do IC a 5%;

Frequente (F): frequência situada dentro do IC a 5%;

Muito frequente (MF): frequência maior que o limite superior do IC a 5%.

4.5.2 Constância (C)

O índice de constância de cada espécie será determinado pela equação apresentada por (SILVEIRA-NETO et al.1976):

$$C = p.100/n.$$

Onde: p = número de amostras com a espécie estudada n = número total de amostras tomadas

Para classificação da Constância, as espécies foram separadas em categorias, segundo a classificação de Bodenheimer (1955):

Espécie Constante (co): presentes em mais de 50% das coletas;

Espécie Acessória (a): presentes em 25-50%;

Espécie Acidental (ac): presentes em menos de 25% das coletas.

4.5.3 Dominância (D)

É a ação exercida pelos organismos dominantes e consiste na capacidade da espécie em dominar e modificar, em benefício próprio, o ambiente, podendo deslocar e extinguir localmente outras espécies. Neste trabalho a dominância das espécies amostradas será determinada através do cálculo do limite de dominância calculado a partir da equação citada por (SAKAGAMI & LAROCCA, 1971).

$$LD = (1/ S) \times 100$$

Onde:

LD = limite de Dominância

S = número de espécies

As espécies serão classificadas em dominantes (d) quando os valores da frequência forem superiores a este limite e não dominante (nd) quando os valores encontrados forem inferiores a este limite.

4.5.4 Desvio Padrão

Desvio padrão (DP) das Espécies

Calculado usando-se a seguinte fórmula:

$$DP = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - MA)^2}{n}$$

Sendo,

Σ : símbolo de somatório. Indica que temos que somar todos os termos, desde a primeira posição (i=1) até a posição n

x_i : valor na posição **i** no conjunto de dados

M_A : média aritmética dos dados

n: quantidade de dados

4.5.5 Estimadores de Riqueza

No entanto, para se obter a Riqueza Estimada de espécies (S), é necessário utilizar um estimador não paramétrico que utiliza os dados da frequência das espécies desconsiderando a sua abundância (Colwell & Coddington, 1994) e influenciado pelas espécies *singletons* (espécies que aparecem uma única vez, sendo aparentemente raras) e *doubletons* (espécies que aparecem duas vezes) (Chao, 1987).

Chao 2, utiliza os dados da frequência das espécies desconsiderando a sua abundância (COLWELL & CODDINGTON, 1994) e influenciado pelas espécies *singletons* (espécies que aparecem uma única vez, sendo aparentemente raras) e *doubletons* (espécies que aparecem duas vezes) (CHAO, 1987). O estimador de riqueza Chao 2 é dado pela seguinte fórmula:

$$S_{Chao2} = S_{obs} + \left(\frac{L^2}{2D} \right)$$

onde:

S_{Chao2} = estimador de riqueza Chao 2

S_{obs} = número total de espécies observadas em todas as amostras

L = número de espécies que ocorre só em uma amostra (únicas)

D = número de espécies que ocorre só em duas amostras (duplicatas)

Jackknife 1, foi inicialmente desenvolvido por Burnham & Overton (1978) para estimar o tamanho populacional durante marcação e captura, sendo posteriormente utilizados para estimativas de riqueza (HELLMANN & FOWLER, 1999). O Jackknifer 1, utiliza o número de espécies que ocorrem em apenas uma amostra em seu cálculo (BURNHAM & OVERTON, 1978). O estimador de riqueza Jackknife 1 é dado pela seguinte fórmula:

$$S_{jack\ 1} = S_{obs} + Q1 \frac{m-1}{m}$$

Onde:

S_{Jack1} = estimador de riqueza Jackknife 1

S_{obs} = número total de espécies observadas em todas as amostras

$Q1$ é o número de espécies encontradas em apenas uma amostra (uniques) em que é o número de amostras analisadas.

4.5.6 Índices de Diversidade

Índice de Shannon-Wiener

É um dos melhores índices para o uso em comparações de comunidades, caso não haja interesse em separar os dois componentes da diversidade: abundância e equitabilidade (ODUM, 1988). Esse índice apresenta a vantagem de ser relativamente independentemente do tamanho da amostra, o que permite a comparação entre comunidades ainda que as amostragens em cada ambiente tenham sido realizadas com tamanhos diferentes (HUTCHESN, 1970). De acordo com Washington (1984), o índice de diversidade H' varia com o número de espécie, sendo que a comunidades biológicas não ultrapassam o valor de 5. É obtido pela seguinte fórmula:

$$H' = -\sum p_i (\ln p_i)$$

Onde:

H' = componente de “riqueza de espécies;

p_i = frequência relativa da espécie i dada por n_i/N ;

n_i = número de indivíduos da espécie i ;

N = número total de indivíduos;

\ln = logaritmo neperiano

Índice λ (Simpson, 1949)

Esse índice varia de 0 a 1, dando a probabilidade de dois indivíduos coletados casualmente na população pertencerem a mesma espécie ou pertencerem ao mesmo grupo funcional. Quanto mais próximo o valor de λ se aproxima de 1, menor será a diversidade. Quanto mais próximo o valor de λ se aproxima de 0, maior será a diversidade, ou seja, se a probabilidade for alta, então a diversidade na comunidade amostrada é baixa (LUDWIG & REYNALDS, 1980).

$$\lambda = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

n_i = número de indivíduos da espécie i ;

N = número total de indivíduos.

Equitabilidade de Pielou (J)

A medida de equitabilidade ou Equidade de Pielou, que compara a diversidade de Shanon-Wiener e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes com a distribuição das espécies ou funções observadas que maximiza a diversidade (PIELOU, 1975), seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima).

É obtido pela seguinte fórmula:

$$J = \frac{H'}{H \max.}$$

Onde:

$H_{\max} = \ln(S)$.

J = Equitabilidade de Pielou

H' = índice de diversidade de Shanon-Wiener

4.5.7 Índice de Similaridade de Jaccard (J)

Os valores de similaridade das assembleias de formigas coletadas com os diferentes métodos de coleta foram comparados com o auxílio do índice de similaridade de Jaccard. O intervalo de valores para esse índice varia de zero, quando não há espécie ou funções compartilhadas entre os métodos. Esse índice é determinado pela fórmula:

$$J = \frac{C}{A + B + C}$$

Em que:

J = índice de similaridade de Jaccard;

C = nº de espécies comuns nas três comunidades;

A = nº de espécies exclusivas no ambiente A;

B = nº de espécies exclusivas no ambiente B;

4.5.8 Curva de Acumulação

Para avaliar esforço amostral de acordo com os diferentes métodos de coleta utilizados, foram construídas curvas de acumulação de espécies ou curva do coletor. A significância foi estimada a partir de 500 randomizações dos dados originais. Essa revela o acúmulo de diferentes espécies ou número de grupos funcionais à medida que se aumenta o esforço amostral. As curvas de acumulação (curvas do coletor) permitem avaliar o quanto que os valores obtidos no estudo se aproximam do real número que se era esperado (estimado), quando a curva estabiliza, significa que a riqueza total foi obtida. Para realizar as análises estatísticas mencionadas foram utilizados os programas EstimateS (*Statistical Estimation of*.

4.5.9 Bioindicadores

Espécie como indicadores, além da investigação em nível de assembleia, espécies indicadoras também foram procuradas. Para encontrar espécies que caracterizam habitats foi utilizado o método Valor Indicador (*Indicator Value Method-Indval*), desenvolvido por Dufre & Legendre (1997), que combina medidas do grau de especificidade de uma espécie em estado ecológico (por exemplo, um tipo de habitat), e a fidelidade (ou frequência de

ocorrência) desta espécie dentro daquele estado. Este método fornece, um valor indicador (IndVal) para cada espécie, na forma de porcentagem, baseado em dois critérios:

$$\text{Medida de especificidade: } A_{ij} = N_{\text{indiv}i_{j}} / N_{\text{indiv}i}$$

Onde $N_{\text{indiv}i_{j}}$ é a medida do número de espécies Onde $N_{\text{indiv}i_{j}}$, é a média do número de espécies i no grupo de sítios j , e $N_{\text{indiv}i}$ é soma do número de indivíduos da espécie i em todos os grupos;

$$\text{Medida de fidelidade: } B_{ij} = N_{\text{bonf}i_{j}} / N_{\text{bonf}i}$$

Onde $N_{\text{bonf}i_{j}}$ a medida do número de sítios no habitat j onde a espécie i está presente, $N_{\text{bonf}i}$ é o número total sítios naquele habitat j é:

$$\text{IndVal}_{ij} = A_{ij} \times B_{ij} \times 100$$

O IndVal representa um avanço metodológico significativo nos estudos com bioindicação, e este apresenta várias vantagens em relação às outras análises usadas para encontrar espécies indicadoras (por exemplo, TTWINPAN), como discutido por McGeoch & Chow (1998). Segundo estes autores, dentre as várias vantagens estão: o método é robusto a diferença na metodologia e no tamanho da amostra, deriva indicadores de qualquer classificação de *sítios*, a priori ou a *posteriori*, ou ainda, hierárquica ou não hierárquica. Associação entre cada espécie e o sitio ou habitat onde ocorrem pode ser determinada independentemente do procedimento de agrupamento e também independente das outras espécies, e ainda, a significância de cada indicador é subsequentemente estabelecida usando um procedimento de randomização. Além disso, através deste método é possível não apenas identificar as espécies características (Dufrene & Legendre, 1997). As quais são essenciais para diagnósticos, mas também as espécies detectores, mas úteis no monitoramento (McGeoch, 1998).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registrados um total de 27.216 espécimes, classificados em 47 espécies, pertencentes a 22 gêneros e sete subfamílias. A subfamília Myrmecinae foi a mais diversificada e mais representada nesse estudo, com 21 espécies identificada, Formicinae com sete espécies, Ponerinae com cinco espécies, Ectatomminae com quatro espécies, Dolichoderinae com quatro espécies e Pseudomyrmecinae com apenas três (Tabela 1).

A subfamília Myrmicinae não se destaca apenas pela riqueza de espécies, como pela imensa variedade morfológica, de estratégias de reprodução, nidificação e obtenção de alimento (BACCARO *et al.*, 2015). E seguida Formicinae e Ponerinae.

A subfamília Myrmicinae é dominante em diversos ecossistemas brasileiros, tanto em número de gêneros quanto de espécies (CORRÊA *et al.*, 2006; ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009; MARTINS *et al.*, 2011). Esta predominância se deve à sua diversificação de hábitos alimentares e de nidificação, já que esta subfamília apresenta espécies onívoras, predadoras e consumidoras de líquidos e de fungos (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; MIRANDA *et al.*, 2006).

A segunda subfamília com maior riqueza de táxons foi Formicinae. Suas espécies são amplamente distribuídas, a Região Neotropical (BACCARO *et al.*, 2015; SUGUITURU *et al.*, 2015). Ela tem sido apontada como típica de ambientes abertos ou não muito conservados (MARINHO *et al.*, 2002; FREIRE *et al.*, 2012).

5.1 Números amostrais

Quando analisamos os dados por área de coleta, foi possível verificar que na área de mata de cocais, a riqueza foi de 37 espécies de formigas, em pasto e cerrado *sensu stricto* foram coletadas 29 e 27 espécies, respectivamente. Tendo a subfamília Myrmecinae maior riqueza em todas as áreas amostradas.

O que corrobora com a predominância dessa subfamília em riqueza de espécies no estudo realizado por Dorval *et al.* (2017), a predominância de Myrmicinae em diferentes usos de solo pode ser explicada por se tratar da subfamília mais abundante e com maior diversidade de hábitos na região Neotropical e no mundo (FOWLER *et al.*, 1991).

As espécies mais frequentes foram *Solenopsis virulens* Smith, F., 1858 que ocorreu tanto no Pasto como Cerrado, e *Solenopsis substituta* que ocorreu no Pasto e Mata de cocais, *Pheidole loveyoi* Wilson, 2003 e *P. diligens* Smith, F., 1858, ocorrendo no Cerrado e Mata de Cocais (Apêndice 1).

As espécies do gênero *Solenopsis* Westwood, (1840) e *Pheidole* Westwood, (1839) foram as mais frequentes e dominante nas três áreas de estudo. Majer e Delabie (1994), Soares (1998), Verhaagh e Rosciszewski (1994) e Marinho (2002), são descritos como os principais gêneros certamente porque esses gêneros tem as espécies mais amplamente distribuídas (Jaffé 1993) e comum nos Neotrópicos (WILSON, 1976). No entanto, de acordo com Wilson (2003), as formigas dos gêneros *Pheidole* e *Solenopsis* são predadores de superfície de médio porte, muitas vezes formigas comuns encontradas em uma variedade de ambientes, e esse resultado é convincente.

Quando verificamos a constância das espécies nas áreas de estudos, observou-se que apenas uma espécie foi constante no Cerrado, *Dorymyrmex thoracicus* Gallardo, (1916). Já em Mata de Cocais apenas *Camponotus crassus* Mayr, (1862)

A espécie *Dorymyrmex thoracicus* é forrageadora, generalista característico de horários quentes e de regiões semiáridas, este gênero habita, preferencialmente ambientes secos e perturbados (CUEZZO & GUERRERO 2012). O gênero *Pachycondyla* Smith, F., (1858) foi encontrado principalmente na área mata de cocais conforme observado por OLIVEIRA *et al.*, (2016).

Em relação padrão ecológica de dominância apenas *Solenopsis virulens* Smith, F., (1858) e *Crematogaster* Lunnd, (1831) foram dominantes nas três áreas coletadas. No Pasto e Cerrado houve a presença da espécie *Solenopsis substituta* Santschii, (1925). A espécie *D. thoracicus* Gallardo, (1916). apresentou no Cerrado e Mata de Cocais. Já a *Pachycondyla crassinoda* ocorreu somente na Mata de Cocais, e as espécies *P. lovejoyi*, *P. diligens*, *P. sp4* teve presença na área do Cerrado.

Algumas espécies dos gêneros *Crematogaster* Lunnd, (1831), *Pheidole* e *Solenopsis* costumam ser predominantes em ambientes seco (ANDERSEN, 1991; PEIXOTO, 2010; PELLI *et al.*, 2013; SILVA, 2012; CREPALDI, 2014), pois além de apresentarem tolerância as condições físicas do ambiente (ANDERSEN, 1991), possuem ninhos de pequena profundidade em áreas que já sofreram qualquer tipo de estresse (SILVESTRE *et al.*, 2003).

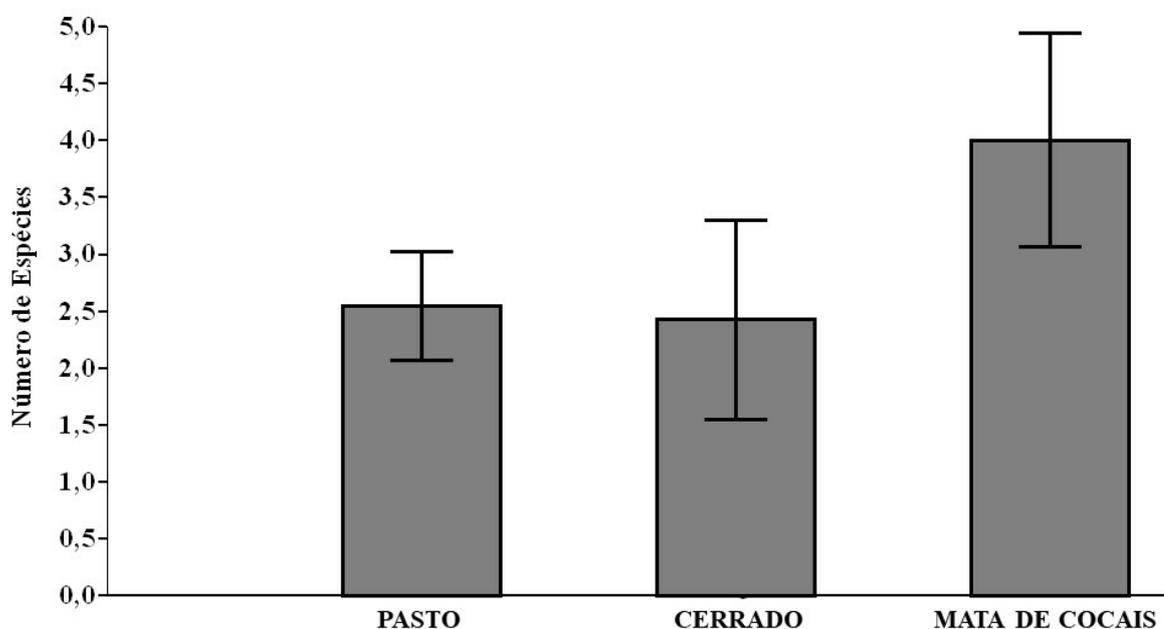
A elevada riqueza das áreas conservadas pode estar relacionada com a complexidade estrutural do ambiente. Uma vez, que ambiente com níveis elevados de perturbação tendem a diminuição de sua riqueza e aumento na abundância de formigas (VASCONCELOS, 1998; BENSON & HARADA, 1988; HOLLDOBLER & WILSON, 1990; PERFECTO & SNELLING 1995; ARMBREECHT *et al.*, 2005; PHILPOTT & FOSTER, 2005; MARTINS *et al.*, 2006).

No pasto obteve 4 espécies exclusivas enquanto no cerrado apenas três espécies e na mata dos cocais foram 14 espécies. Em todas as 3 áreas, 19 espécies foram comuns no ambiente coletado (Tabela 1).

5.2 Desvio Padrão

A área que apresentou em média um maior número de espécies foi Mata de Cocais (média \pm desvio padrão= $4,94 \pm 3,06$), seguido do Pasto ($3,02 \pm 2,07$) e no Cerrado ($3,3 \pm 1,55$).

Figura 4: Número médio de espécies de formigas nas três áreas de estudo (Pasto, Cerrado e Mata de Cocais), no



povoado Olho D'água do Ventura, município de Aldeias Altas - MA.

Fonte: Próprio autor, 2023.

Pode-se observar que a área que apresentou em média o maior número de espécie foi a Mata de Cocais, com uma média de 4,94 espécies e um desvio padrão de 3,06. Em seguida, temos o Pasto com uma média de 3,02 espécies e um desvio padrão de 1,55. Os números indicam que, em média a Mata de Cocais possui uma diversidade de espécies, quando comparada com o Pasto e o Cerrado.

De acordo com Marterer (1996), a variedade de espécies encontradas em uma determinada área estará sempre relacionada diretamente ao ecossistema. Um ambiente de alta complexidade oferece grande número de nichos ecológicos, possibilitando a presença de uma elevada diversidade de espécies com diferentes exigências ecológicas.

Tabela 1. Lista de espécies de Formicidae coletados em 03 áreas (PA=Pasto; CE=Cerrado; MA= Mata de Cocais) no Município de Aldeias Altas – MA. com probabilidade estatística de bioindicação p (Bonferroni), $p \leq 0,05$ associadas (*) Espécies indicadas como Bioindicadoras CONT.

NOME DAS ESPÉCIES	$P < 0,05$ (Bonferroni)	PA	CE	MC
SUBFAMILIA MYRMICINAE				
<i>Cephalotes pusillus</i> Klug,1824	1		5	1
<i>Trachymyrmex</i> sp1 Forel,1893	1			1
<i>Solenopsis globularia</i> Smith, F.,1858	0,0141*	109	2	39
<i>Solenopsis virulens</i> Smith, F.,1858	0,1833	12171	533	16
<i>Solenopsis substituta</i> Santschi,1925	1	2050	8	1003
<i>Solenopsis</i> sp1 Westwood,1840	1	23	2	72
<i>Solenopsis</i> sp2 Westwood,1840	1	1		
<i>Solenopsis</i> sp3(Westwood,1840)	0,0141*			2
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger,1863)	1	1		391
<i>Wasmannia</i> sp1 (Forel,1893)	1			1
<i>Wasmannia</i> sp2 (Forel,1893)	1			8
<i>Sericomyrmex mayri</i> (Forel,1912)	0,0141*			2
<i>Crematogaster</i> sp1(Lund,1831)	1	630	167	20
<i>Pheidole lovejoyi</i> (Wilson,2003)	1	204	1888	325
<i>Pheidole diligens</i> (Smith, F.,1858)	0,7755	456	227	689
<i>Pheidole radoszkowskii</i> (Mayr,1884)	1	76	91	1410
<i>Pheidole</i> sp1 (Westwood,1839)	1	1	47	371
<i>Pheidole</i> sp2 (Westwood,1839)	1	1		33
<i>Pheidole</i> sp3 (Westwood,1839)	1	215	23	144
<i>Pheidole</i> sp4 (Westwood,1839)	1		204	
<i>Pheidole</i> sp5 (Westwood,1839)	1	268	146	2

Tabela 1. Lista de espécies de Formicidae coletados em 03 áreas (PA=Pasto; CE=Cerrado; MA= Mata de Cocais) no Município de Aldeias Altas – MA. com probabilidade estatística de bioindicação p (Bonferroni), $p \leq 0,05$ associadas (*) Espécies indicadas como Bioindicadoras. CONT.

NOME DAS ESPÉCIES	$P \leq 0,05$ (Bonferroni)	PA	CE	MC
SUBFAMILIA FORMICINAE				
<i>Camponotus crassus</i> Mayr,1862	0,0141*	56	45	60
<i>Camponotus novograndensis</i> Mayr,1870	0,0141*			1
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery,1894	1	12	4	170
<i>Camponotus cingulatus</i> Mayr,1862	0,0282*			2
<i>Camponotus atriceps</i> Smith, F.,1858	1	5	3	79
<i>Brachymyrmex</i> sp1 Mayr,1868	1	166	15	
<i>Nylanderia</i> sp1 Emery,1906	1			202
SUBFAMILIA ECTATOMMINAE				
<i>Ectatomma permagnum</i> Forel,1908	0,0564			3
<i>Ectatomma suzanae</i> Almeida,1986	0,1833	22	5	42
<i>Gnamptogenys sulcata</i> Smith, F.,1858	1	1		
<i>Gnamptogenys</i> sp1 Roger,1863	1			6
SUBFAMILIA DORYLINAE				
<i>Labidus coecus</i> Latreille,1802	1	2	4	3
<i>Labidus praedator</i> Smith, F.,1858	1	2		
<i>Neivamyrmex pilosus</i> Smith, F.,1858	1			1
SUBFAMILIA DOLICHODERINAE				
<i>Forelius brasiliensis</i> Forel,1908	0,2115		7	
<i>Dorymyrmex biconius</i> Forel,1912	1		68	
<i>Dorymyrmex bicolor</i> Wheeler, W.M.,1906	1	47	75	
<i>Dorymyrmex thoracicus</i> Gallardo,1916	0,0141*	205	490	734

Tabela 1. Lista de espécies de Formicidae coletados em 03 áreas (PA=Pasto; CE=Cerrado; MA= Mata de Cocais) no Município de Aldeias Altas – MA. com probabilidade estatística de bioindicação p (Bonferroni), $p \leq 0,05$ associadas (*) Espécies indicadas como Bioindicadoras. CONT.

NOME DAS ESPÉCIES),05 (Bonferroni	PA	CE	MC
SUBFAMILIA PONERINAE				
Anochetus sp1 Mayr,1861	0,0141*			1
<i>Odontomachus bauri</i> Emery,1892	1	7		
<i>Pachycondyla crassinoda</i> Latreille, 1802	0,0846	7	7	479
<i>Pachycondyla harpax</i> Fabricius, 1804	0,0141*			16
<i>Dinoponera gigantea</i> Perty, 1833	1	4	12	56
SUBFAMILIA PSEUDOMYRMEXMECINAE				
<i>Psudomyrmex termitarius</i> Smith, F.,1855	1	1	2	
<i>Psudomyrmex tenius</i> Fabricius,1804	1			5
<i>Myrcidris</i> sp1 Ward,1990	1	2		1
Total de espécies por Área		29	26	37
Número de espécimes por Área		16745	4080	6391
Espécies exclusivas por Área		4	3	14
Total de Bioindicadoras e Espécies	9		47	

Fonte: Próprio autor, 2023.

5.3 Estimativa de Riqueza

A partida da comparação de valores de riqueza obtida pelos estimadores Chao 2 e Jackknifer 1, verificou que as áreas em ordem decrescente, a Mata de Cocais pelo estimador de Chao 2 ((média \pm desvio padrão $41 \pm 3,6$) e Jackknifer 1 (39 ± 3), Pasto pelo estimador de Chao 2 (32 ± 3) e Jackknifer ($31 \pm 2,6$) e Cerrado pelo estimador de Chao 2 (26) e Jackknifer (25 ± 1) (Tabela 2).

Singletons (espécies encontradas em somente uma amostra), no Pasto caíram quatro, seguida de Cerrado que apontou somente três espécies. Já a Mata de Cocais obteve um maior número com 14 espécies. Doubleton (espécies encontradas em duas amostras) para Pasto foram cinco espécies, Cerrado com apenas três e Mata de Cocais com somente quatro espécies.

Os resultados obtidos pelo Chao 2, tende a fornecer valores médios de riqueza maiores em comparação com o estimador Jackknifer 1 para as áreas de Mata de Cocais e Pasto, enquanto para área de Cerrado, o estimado Chao 2 forneceu um valor único sem desvio padrão.

Tabela 2. Valores de riqueza observada e estimada (estimadores Chao 2 e Jackknifer 1), singletons, doubletons

	Áreas de coleta		
	Pasto	Cerrado	Mata de Cocais
Espécies (S)			
Observado	29	26	37
Singletons	4	3	14
Doubletons	5	3	4
Chao 2	32 ± 3	26	$41 \pm 3,6$
Jackknifer 1	$31 \pm 2,6$	25 ± 1	39 ± 3

Fonte: Próprio autor, 2023.

Não houve diferença significativa entre as áreas observadas e estimadas. Segundo May (1975) amostra feitas em assembleias onde há a dominância de determinada espécie e as demais são menos frequentes, ou raras, o resultado é geralmente uma subestimativa da riqueza real de espécies. A diversidade de espécies desempenha um papel fundamental em pesquisas relacionadas à comunidade de formigas. O aumento dessa variável pode estar correlacionado com a complexidade ambiental, podendo ser explicado pela oferta recursos em ambiente com vegetação mais diversa (MATOS *et al.*, 1994; OLIVEIRA *et al.*, 1995).

5.4 Índice de Diversidade

A diversidade fora apresentada por área com Pasto (Shannon = 1,119 e Simpson = 0,4536), Cerrado (1,913 = 0,7444) e Mata de Cocais (2,463 = 0,8838). Já a Equitabilidade J para Pasto (0,3324), Cerrado (0,5871) e Mata de Cocais (0,682).

Tabela 3. Índice espécies de Shannon H, Simpson λ e Equitabilidade J para formigas coletas nas áreas de estudo (PA - Pasto, CE - Cerrado e MC - Mata de Cocais) do povoado Olho D'água do Ventura, no município de Aldeias Altas-MA.

	Áreas de coleta		
	PA	CE	MC
Espécies (S)			
Taxa	29	26	37
Indivíduos	16745	4080	6391
Shannon H	1,119	1,913	2,463
Simpson λ	0,4536	0,7444	0,8838
Equitabilidade J	0,3324	0,5871	0,682

Fonte: Próprio autor, 2023.

Para compararmos a diversidade existente nas três áreas, foi aplicada o índice de diversidade de Shannon H, e de Simpson λ . Os valores obtidos por Shannon H, Mata de Cocais foi a área com maior diversidade e o Pasto a menor. E pelo índice de Simpson λ , Pasto apresentou ser maior que a Mata de Cocais e o Cerrado indicando uma maior diversidade de espécies.

Com base nos valores apresentado na tabela 3, pode se dizer que a Mata de Cocais apresenta distribuição mais uniforme em relação às espécies presentes quando comparadas as áreas de Pasto e Cerrado.

O índice de diversidade de Shannon (Magurran, 1988) baseia-se na abundância proporcional das espécies, considerando tanto a riqueza quanto sua equitabilidade. Geralmente é o mais utilizado pela sua capacidade discriminante (MAGURRAN, 1988; KREBS, 1989).

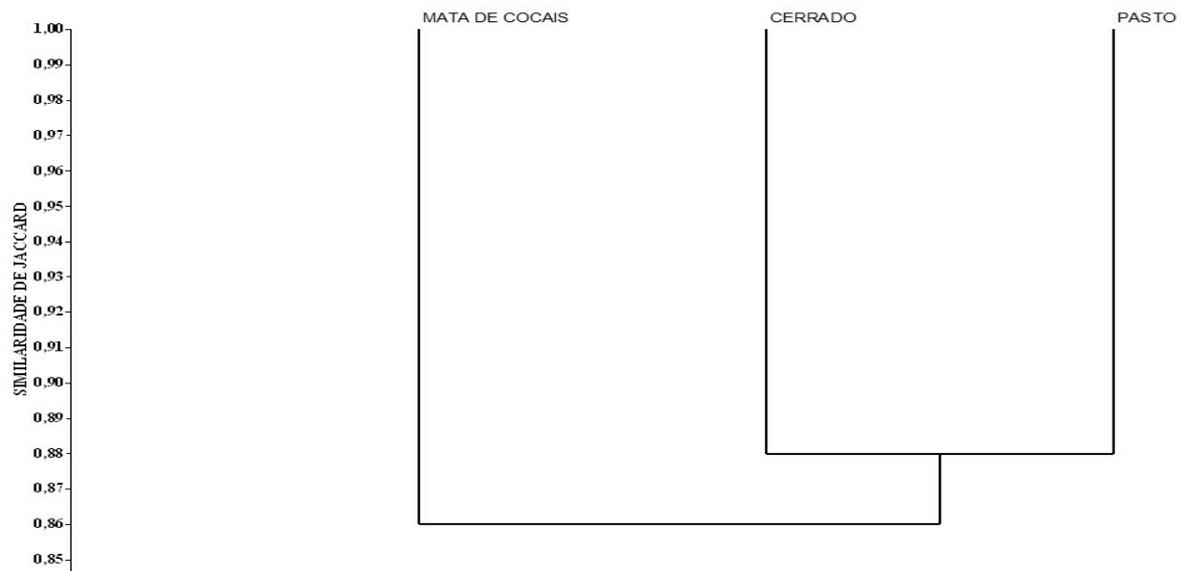
O índice de diversidade de Simpson é fortemente dependente da abundância das espécies mais comuns, o que o torna um índice de dominância (Maguran 1988), mas não houve diferenças significativas na diversidade de formigas entre as três áreas. No entanto, usando o índice de Shannon para comparar as três áreas, descobrimos que mata dos cocais,

foram maior diversidade de formigas. Este índice representa a importância relativa de cada espécie, bem como a relação entre espécies e indivíduos (ODUM, 1988).

5.5 Índice de Similaridade

As análises de agrupamentos nas três áreas, sugere grupos distintos com relação a composição de formigas (figura 5). Onde o primeiro grupo é composto de Mata de Cocais e Cerrado com 88%, o segundo por Mata de Cocais e Cerrado com 86% e terceiro e último grupo é composto por Pasto e Cerrado com 88%. Pelos resultados obtidos podemos inferir que as áreas de Mata de Cocais e Cerrado tem composição de formigas semelhantes, e diferem das áreas Mata de Cocais e Pasto assim como Pasto e Cerrado. Onde Cerrado e Pasto abrigam um número elevado de espécies de formigas.

Figura 5. Dendrograma de similaridade pelo método agrupamento de Jaccard para as três áreas amostradas (Pasto, Cerrado e Mata de Cocais) do povoado Olho D'água Ventura no município de Aldeias Altas-MA.



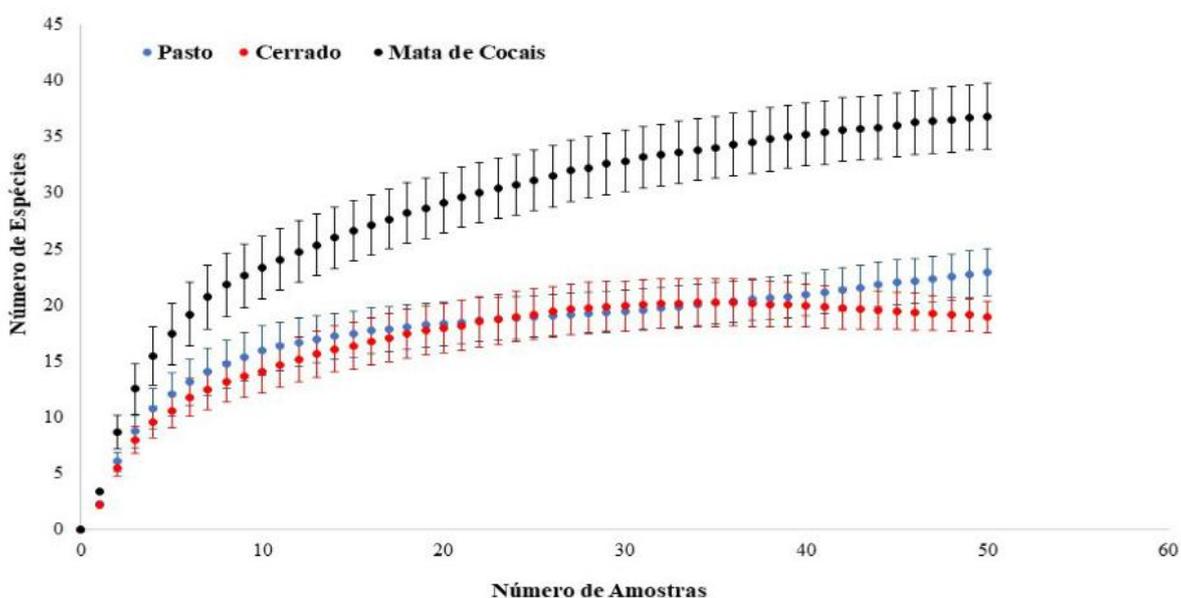
Fonte: Próprio autor, 2023.

Os agrupamentos das áreas cultivadas e das conservadas entre si pode estar vinculado a um possível intercâmbio de espécies e principalmente a complexidade estrutural oferecida pelos ambientes, uma vez que, a similaridade é inversamente proporcional a complexidade da vegetação, ou seja, à medida que os componentes florísticos apresentem maior densidade e diversidade, tendem a proporcionar uma variedade de nichos e itens alimentares (MACEDO, 2004).

5.6 Curva de Acumulação

A curva de acumulação para as três áreas de estudo mostra que apenas o Cerrado mostrou estabilidade. Enquanto Pasto e Mata de cocais não atingiu o esforço amostras para o número total de espécies esperada para essas áreas (Figura 6).

Figura 6. Curva de acumulação de espécies para as três áreas de estudo (Pasto, Cerrado e Mata de Cocais) no



povoado Olho D'água do Ventura, no município de Aldeias Altas - MA.

Fonte: Próprio autor, 2023.

Quanto a não estabilização da curva do coletor, e, esse resultado é padrão em estudos para a região neotropical, o que pode ser atribuído a distribuição e agregação das espécies amostradas ou ainda a raridade das mesmas. (COLWELL, 2013). A estreita relação entre o

número de espécies observadas e o esforço amostral fornece informações a respeito da diversidade total da comunidade (COLWELL *et al.*, 2004; MIRANDA *et al.*, 2006).

5.7 Bioindicadores

As espécies que atuaram como bioindicadores nas três áreas de estudo, presente no Pasto, Cerrado e Mata de Cocais foram nove, destacando-se em Pasto duas espécies *Camponotus crassus* e *Dorymyrmex thoracicus*. No Cerrado *Solenopsis globularia* e *Sericomyrmex mayri*. E na Mata de Cocais com um número maior de espécies *Pachycondyla harpax*, *Anochetus* sp1, *C. cingulatus*, *C. novograndesis*, *Solenopsis* sp3. Os gêneros *Camponotus* e *Solenopsis* atuaram como bioindicadores nas áreas do Cerrado como na Mata de Cocais. Gênero *Solenopsis* apresentam características agressivas e são bioindicadoras de ambientes perturbados. Estudos de Almeida *et al.* (2007). De acordo com Andersen (1991), o gênero *Solenopsis* é extremamente abundante e diverso, ou seja, apresenta um alto número de indivíduos no campo e também elevado número de espécies.

Para Marinho *et al.*, (2002) atribui que a espécie *C. crassus* tem comportamento generalista, e é comum em ambientes degradados. De acordo com Cuzzo & Guerrero (2012) *D. thoracicus* são geralmente encontrados em áreas ambientes secos e com distúrbio, e ainda em solos sem cobertura, assim, a ocorrência dessa espécie, juntamente com a caracterização dos ambientes estudados, sugere que as áreas amostradas se encontram antropizadas.

O gênero *Sericomyrmex* são espécies comuns em ambientes degradados por apresentarem hábitos generalista e alta capacidade de adaptação a estes ambientes (Marinho *et al.*, (2002).

O gênero *Anochetus* a grande maioria nidifica no solo ou em madeiras em decomposição, mas essas formigas podem ser encontradas nidificando em epífitas. Suas colônias estão instaladas em locais apertados, tais como galhos podres, sob casca de árvores, ou em espaços pequenos no solo (WILSON 1959; BROW, 1976; 1978; LATTKE, 1987).

Pachycondyla harpax foi a espécie mais indicada como bioindicadora com 80,82%. Para Braga *et. al* (2010), a espécie *P. harpax* apresenta potencial elevado de bioindicação de sistemas conservados. Segundo conceição *et al.*, (2006), esta mesma espécie é comum em áreas caracterizadas por baixo impacto.

Pachycondyla crassinoda é vista pela literatura como uma espécie bioindicadora, mesmo com do índice de Indval (22,4%) não apontou no trabalho como bioindicadora. Espécies do gênero *Pachycondyla* são transportadoras de sementes de floresta primária para

uma área de pastagem (Oliveira, 2009) com possível importância ecológica para a sucessão florestal, podendo contribuir para a regeneração de ambientes degradados (Pacheco *et al.*, 2005).

A lista de espécies de formigas mencionada no estudo de Prado *et al.*, (2019), fornece informações valiosas sobre a diversidade de formigas para estado do Maranhão. Onde registram 279 espécies de formigas, 71 gêneros e 10 subfamília amostradas em 61 localidades no estado do Maranhão. com base nessa lista podemos inferir uma nova ocorrência da espécie *Camponotus cingulatus*. O gênero *Camponotus*, é frequentemente amostrado em diversos ambientes tais como: áreas abertas (IOP *et al.*, 2009), ecossistemas degradados (LUTINISKI & GARCIA, 2005), alta capacidade de invasão, adaptação em interações interespecífica, variada dieta alimentar (RAMOS *et al.*, 2003; BESTELMEYER *et al.*, 2000).

O fato de existirem muitas espécies desconhecidas ou não documentadas no Maranhão destaca a necessidade continua de pesquisas e estudo para compreender a biodiversidade para região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se indicar que, em termos de padrões ecológicos, a Mata de Cocais é o ambiente com maior diversidade, frequência, constância e dominância quando comparadas ao Pasto e Cerrado.

Nas três áreas estudadas, nove espécies de formigas que podem ser destacadas como bioindicadoras de áreas conservadas e degradadas sendo elas: *Anochetus* sp1, *Camponotus cingulatus*, *Camponotus crassus*, *Camponotus novograndesis*, *Dorymyrmex thoracicus*, *Sericomyrme mayri*, *Solenopsis globularia* e *Solenopsis* sp3.

Foi possível registrar nova ocorrência do gênero *Camponotus*, a espécie *Camponotus cingulatus* para o estado do Maranhão, contribuindo para o aumento dos registros para a região. Sugere-se a realização de estudos adicionais para ampliar a lista de formigas nos fragmentos dentro do estado do Maranhão, envolvendo amostragens nas em diferentes áreas de Mata de Cocais onde se mostrou nos resultados a área que tem mais estimativa de riqueza e ecossistemas dentro do estado.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. Z. & DIEHL, E. **Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias.** Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Entomologia*, v.53, p. 398-403, 2009.
- ALMEIDA, FS; QUEIROZ, JM; MAYHÉ-NUNES, AJ. Distribuição e abundância de filhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) em um agroecossistema diversificado sob manejo orgânico. *Floresta e Meio Ambiente*, 14(1), 33-43, 2007.
- ALVES. M. Pasto é a vegetação que serve como alimento para o gado, 2020. Disponível. <https://agro20.com.br/pasto/>. Acesso:18 de maio de 2023.
- ANDERSEN, A. N. **Responses of ground-foraging ant communities to three experimental fire regimes in a savanna forest of tropical Australia.** *Biotropica*. v. 23, p. 575-585, 1991. *andPollutionResearch*. 24:10768–10777. DOI 10.1007/s11356-017-8736-8.
- ANTWEB. Versão 8.91.2. California Academy of Science, online em <https://www.antweb.org>. Acessado em 13 de junho de 2023.
- APOLINÁRIO, L.C.M.H.; ALMEIDA, A.A.; QUEIROZ, J.M.; VARGAS, A.B.; ALMEIDA, F.S. Diversity and guilds of ants in different land-use systems in Rio de Janeiro State, Brazil. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v.26, n.4, p. e20171152, set. 2019.
- ARMBRECHT, I.; RIVERA, L.; PERFECTO, I. **Reduced diversity and complexity in the leaf-litter ant assemblage of Colombian coffee plantations.** *Conservation Biology*, v. 19, p. 8970-907, 2005.
- BACCARRO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil.** Manaus: Editora INPA, p. 388, 2015.
- BELSKAYA, E. GILEV, A. & Belskii E (2017). Ant (Hymenoptera, Formicidae) diversity along a bees in eastern Paraná, Southern Brazil (Hymenoptera, Apidae). *Koniyu*, v. 39, n.3, p. 217-
- BENSON, W. W.; HARADA, A. Y. **Local diversity of tropical and temperate ant faunas (Hymenoptera, Formicidae).** *Acta Amazonica*, v. 18, n. 3/4, p. 275-289, 1988.
- BESTELMEYER, B. T.; et al. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation, p. 122-129. In: AGOSTI, D.; et al. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. – Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 2000.
- BIOCIÊNCIAS, v. 10, n. 1, p. 131-134, 2012.
- BODENHEIMER, F. S. *Problems of animal ecology*. Oxford: Oxford University Press, p. BOLTON, B. *An Online Catalog of the Ants of the World*, 2017. <http://antcat.org> (Acessado em 15 de junho de 2023).

BRAGA, D.; LOUZADA, J.N.C, ZANETTI, R.; DELABIE, J ECOLOGY, BRHAVIOR AND BIONOMICS Avaliação Rápida da Diversidade de Formigas em Sistemas de Uso do Solo noSul da Bahia. Neotropical Entomology. V. 39, n. 4, p;464-469, 2010.

BRASIL, A. **Estudo com formigas**. Disponível em:[https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-brasil/estudo-com-formigas-revela-efeitos-do-pasto-na-diversidade da amazonia](https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-brasil/estudo-com-formigas-revela-efeitos-do-pasto-na-diversidade-da-amazonia). acesso: 20/04/2023.

BROWN, W. L., Jr. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. Part VI. Ponerinae, tribe Ponerini, subtribe Odontomachiti. Section A. Introduction, subtribal characters. Genus *Odontomachus*. *Studia Entomologica* 19: 67-171, 1976.

BURNHAM, K. P.; OVERTON, W. S. 1978. Estimation of the size of a closed population when capture probabilities vary among animals. *Biometrika* 65: 927-936.

CAMPOS, F. **A conservação do Cerrado na lógica econômica**. WWF Brasil, 2020.

CARVALHO, M.T.C. **Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em um fragmento florestal urbano em Cuiabá**, MT. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 74 p. 2017.

CHAO, A. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal cidade de Xanxerê, Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, v. 22, p. 55–64, 2009

COLWELL, R. Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. 2013.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through Comuting. New York: John Wiley, p. 337, 1980.

CONCEIÇÃO, E.S., COSTA- NETO, A. O., ANDRADE, F. P., NASCIMENTO, I. C., MARTINS, L. C. B. BRITO, B. N., MENDES, L. F., DELABIE, J. H. C. Assembléia de Formicida e da serapilheira como bioindicadores da conservação de remascentres de Mata Atlântica no extremo sul do estado da Bahia. *Sitientibus Série Ciencias Biologicas*, v. 6. n. 4. P.296-305. 2006.

CORRÊA, M. M.; FERNANDES, W. D.; LEAL, I. R. **Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em Capões do Pantanal Sul Matogrossense**: Relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. *Neotropical Entomology*, v. 35, n. 6, p. 724-730, 2006

COSTA- MILANEZ, CB, C, MAJER J.D., Castro PTA&Ribeiro SP. (2017) Influence of soil CREPALDI, A. C.; PORTILHO, I. I. R.; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. **Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 781-787, 2014.

CUEZZO, F.; GUERRERO, R. **The ant genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera, Formicidae, Dolichoderinae) in Colombia**. *Psyche*, v. 2012, p. 1-24, 2012.

DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. DUFRENE, Marc; LEGENDRE, Pierre. **Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach**. *Ecological Monographs*, [S.I], v.67, n.3, p.345366, 1997.

DORVAL, A.; PERES FILHO, O.; JORGE, V. C.; SOUZA, M. D.; ROCHA, W. O. Diversidade de formigas em fragmento de cerradão submetido à exploração de madeira em Cuiabá, MT. *Espacios*, Caracas, v. 38, n. 31, p. 3-20, 2017.

Dufrêne, M. & Legendre, P. (1997) Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67, 345-366.

ESTRADA, M.A.; ALMEIDA, A.A.; VARGAS, A.B.; ALMEIDA, F.S. Diversidade, riqueza e abundância da mirmecofauna em áreas sob cultivo orgânico e convencional. *Acta Biológica Catarinense*, [s.l.], v.6, n.2, p. 87-103, abr.-jun. 2019.

extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, v. 345, n. 1311, faunística de insetos na avaliação do impacto ambiental. *Scientia Agrícola*, v. 52, p. 9-15.

FERNÁNDEZ, F. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá: Instituto Humboldt. Bogotá. 424 p. 2003.

FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C.; VASCONCELOS, H. L. **Ecologia nutricional de formigas**. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. R. (Ed.). *Ecologia Nutricional de Insetos e Suas Implicações no Manejo Integrado de Pragas*. São Paulo: Editora Manole LTDA, cap. 5, p. 131-223, 1991.

FRAGMENTADOS de Mata Atlântica do estado de São Paulo. 113p. Tese

FREIRE, C. B.; OLIVEIRA, G. V. DE.; MARTINS, F. R. S.; SOUZA, L. E. C. DE.; GOMES, R. R. F. **Vegetação do Maranhão**, 2017. Disponível <https://www.infoescola.com/geografia/vegetacao-do-maranhao/>. Acesso em: 08 maio 2023.
granulometry on average body size in soil ant assemblages: implications for bioindication.

GUITARRARA, Paloma. **"Bacia do Tocantins-Araguaia"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescuela.uol.com.br/brasil/bacia-tocantinsaraguaia.htm>. Acesso em 18 de maio de 2023.

GUITARRARA, Paloma. **"Mata dos cocais"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescuela.uol.com.br/brasil/mata-dos-cocais.htm>. Acesso em 18 de maio de 2023.

HAMER M. Conservation and monitoring of invertebrates in terrestrial protected areas. *Koedoe*, 53:1-13.2011.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The Ants**. Cambridge, Massachusetts, Belknap Press, 732p, 1990.

HUTCHESON, K. (1970) Um teste para comparar diversidade com base na fórmula de Shannon. *Journal of Theoretical Biology*, 29, 151-154.

IOP, S.; CALDART, V. M.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Formigas urbanas da J.H. (2012a). Can ants be used as indicators of environmental impacts caused by arsenic? *Journal Insect and Conservation* 16:413–421. DOI 10.1007/s10841-011-9427-2

JAFFÉ, K. **El mundo de las hormigas**. Universidad Simon Bolivar, Baruta, F. do Miranda, 183 p, 1993.

KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. New York: Harper-Collins Publ. 370p.

KULEVICZ, R.A., OLIVEIRA, O.S.D., POMPEU, N., SILVA, B.A.D. and SOUZA, E.C.D. **Análise da vulnerabilidade genética das florestas e argumentos para redução do desmatamento**, 2020.

LAPIG. **Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Mapa síntese da área de pastagem (MSP) para o território brasileiro**. Goiânia: UFG. Lapig: Instituto de Estudos Socioambientais, 2018.

Lattke, J. E. Two new species of neotropical *Anochetus* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Insectes Soc.* 33: 352-358, 1987.

LUDWIG, J.A & REYNOLDS, J.F. *Statistical Ecology: A primer on Methods and*

LUTINSKI, J. A. & GRACIA, F. R. M. **Análise faunística de formicidae (Hymenoptera: Apocrita) em ecossistema degradado no município de Chapecó, Santa Catarina, Florianópolis**. *Biotemas*, v. 18, p.73-86, 2005.

MACEDO, L. P. M. Diversidade de formigas edáficas (Hymenoptera, Formicidae) em MAGURRAN, A.E. *Ecological diversity and its measurement*. eds. 177 p, 1988.

MAJER, J. D. & J. H. C. Delabie. **Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in Brazilian Amazon**. *Insects Socioux* 41: 343–359, 1994.

MARGURRAN, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton, Princeton University, 179p. 1989.

MARINHO, C. G. S.; R. ZANETTI; J. H. C. DELABIE; M. N. SCHILINDWEIN. & L. S. Ramos. **Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais**. *Neotropical Entomology* 31: 187–195, 2002.

MARTERER, B.T.P. **Avifauna do Parque Botânico do Morro do Baú: Riqueza, aspectos de frequência e abundância**. Florianópolis. FATMA. 74p. 1996.

MARTINS, L. C. B.; SANTOS, J. R. M.; NASCIMENTO, I. C.; LOPES, N. S.; DELABIE, J. H. C. **Assembleia de formicidae epigéas no entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia**. *Sitientibus Série Ciências Biológicas*, Feira de Santana, v. 6, n. 4, p. 306-316, 2011.

MARTINS, L. C. B.; SANTOS, J. R. M.; NASCIMENTO, I. C.; LOPES, N. S.; DELABIE, J. H. C. **Assembleia de formicidae epigéas no entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia**. *Sitientibus Série Ciências Biológicas*, Feira de Santana, v. 6, n. 4, p. 306-316, 2006.

MATOS, J. A.; YAMANAKA, C. N.; CASTELLANI, T. T.; LOPES B C. **Comparação da fauna de formigas de solo em áreas de plantio de *Pinus elliottii*, com diferentes graus de complexibilidade estrutural (Florianópolis, SC)**. *Biotemas*, v.7, p.57-64, 1994.

MAY, R. M. **Patterns of species abundance and diversity**. In: CODY, M. L; DIAMOND, J. M. (Orgs.). *Ecology and evolution of communities*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1975.

MCGEOCH M.A; Chown S.L. **Scaling UP The value of bioindicators**. *TREE*,13(2): 46-47(1998).

MIRANDA, M.; *et al.* **Mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) em fragmento urbano de mata mesófila semidecídua**. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 8, n.1, p. 49-54, 2006.

MIURA. J. **Estratégias para recuperação e renovação de pastagens degradadas no Cerrado**, 2023.

MMA. **Cerrado**. 2020. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>

ODUM, E. P. (eds.), **Fundamentos de Ecologia**. 4 ed. Lisboa, 927 p.; il.; 25cm

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 434, 1988.

OLIVEIRA MA. **Diversidade da mirmecofauna e sucessão florestal na Amazônia – Acre, Brasil [tese]**. Viçosa: Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

OLIVEIRA, I. R. P.; FERREIRA, A. N.; JÚNIOR, A. B. V.; DANTAS, J. O.; DANTOS, M. J. C.; RIBEIRO, M. J. B. **Diversidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae) edáficas em três estágios sucessionais de mata atlântica em São Cristóvão, Sergipe**. *Agroforestalis News*, v.1, n.1, 2016.

OLIVEIRA, M. A., DELLA LUCIA, T.M.C.; ARAÚJO, M. S.; CRUZ, A. P. A fauna de formigas em povoamentos de eucalipto na mata nativa no estado do Amapá. **Acta Amazônica**, v.25, p.117-126, 1995.

PACHECO U. P, DINIZ J. L. M, PANIAGO G. G, SANTOS G. G, LOMBARDI M. P. **Observações e coleta de formigas da região de Jataí, Estado de Goiás (Hymenoptera, Formicidae)**. Jataí: Universidade Federal de Goiás; Relatório de Projeto de pesquisa, 2005.

PEIXOTO, T. S.; PRAXEDES, C. L.; BACCARO, F. B.; BARBOSA, R. I; MOURÃO JÚNIOR, M. **Composição e riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em savana e ambientes associados de Roraima**. *Revista Agro@ mbiente On-line*, v. 4, n. 1, p. 1-10, janjun, 2010.

PELLI, A.; TEIXEIRA, M. M; REIS, M. G. **Ocorrência de formigas em uma área urbana peri-hospitalar de Uberaba/Brasil**, *SaBios: Rev. Saúde e Biol.*, v.8, n.1, p.107-113, jan./abr., 2013 p.107-113, jan-abr, 2013.

PENA, R F. A. **"Estados Falidos"**; Brasil Escola, 2021. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/estados-falidos.htm>. Acesso em 16 de maio de 2023.

PERFECTO, I.; SNELLING, R. **Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem – ants in coffee plantations**. *Ecological Applications*, v. 5, p. 1084-1097, 1995.

PERSPECTIVES in Ecology and Conservation, vol. 15, no. 2, p. 102–108, 2017.

PHILPOTT, S. M.; BICHER, P. R. A. Rice, and GREENBER, R. **Biodiversity conservation, yield, and alternative products in coffee agroecosystem in Sumatra, Indonesia.** Biodiversity and Conservation, v. 17, p. 1805-1820, 2005.

PIELOU, E.C. **Ecological Diversity.** Wiley Interscience, New York.
pollution gradiente near the Middle Ural Copper Smelter, Russia. Environmental Science 1975.

PRADO, Livia Pires do. et al. **An overview of the ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) of the state of Maranhão, Brazil.** Papeis Avulsos de Zoologia, São Paulo, v.59, p.1-14, 2019.

QUEIROZ, A. C. M. *et al.* **Cerrado vegetation types determine how land use impacts ant biodiversity.** Biodiversity and Conservation, v. 29, p. 1–18, jun. 2017.

RAMOS, L. DE S.; FILHO, R. Z. B.; DELABIE, J. H. C.; LACAU, S.; SANTOS, M. DEF. S.; NASCIMENTO, I. C. DO.; MARINHO, C. G. S. **Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serrapilheira em áreas de Cerrado “stricto sensu” em Minas Gerais.** Lundiana, v. 4, n. 2, p. 95-102, 2003.

RAMOS-LACAU, L. S.; CORRÊA, M. M. Riqueza de formigas em áreas preservadas e em regeneração de caatinga arbustiva no sudoeste da Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Ribas, C.R., Solar, R.R.C., Campos, R.B.F., Schimidt, F.A., Valentim, C.L.&Schoederer, SAKAGAMI, S. F.; LAROCCA, S. Relative abundance, phenology and flower visited of apid SILVA, E. R. A. **Efeito de borda sobre a comunidade de formigas em remanescentes de mata atlântica nordestina em relação ao agroecossistema de cana-de-açúcar.** RECIFE–PE, p 15-71, 2012.

SILVEIRA, N. S.; MONTEIRO, R. C.; ZUCCHI, R. A. & MORAES, R. C. B. Uso da análise SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R. **Grupos funcionales de hormigas: el caso de los grêmios del cerrado.** Introducion a las hormigas de la region neotropical. Bogotá, Colombia: Instituto de investigacion de recursos biológicos Alexander von Humboldt, p. 113-148, 2003.

SIMPSON, E.H. (1949) **Measurement of Diversity.** Nature, 163, 688, (1949)

SOARES, S. M.; C. G. S. MARINHO & T. M. C. Della Lucia. 1998. **Diversidade de invertebrados edáficos em áreas de eucalipto e mata secundária.** Acta Biológica Leopoldensia 19: 157–164, 1998.

SOUSA, Rafaela. "**Cerrado**"; *Brasil Escola*, 2023.

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

SUGUITURU, S.S., MORINI, M.S.C., FEITOSA, R.M.; SILVA, R.R. **Formigas do Alto Tietê.** Bauru, Canal 6, 456p, 2015.

VASCONCELOS, H. L. **Respostas das formigas à fragmentação florestal**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v. 12, p. 95-98, 1998.

VASCONCELOS, H. L., MARAVALHAS, J. B., FEITOSA, R. M., PACHECO, R., NEVES, K. C., & ANDERSEN, A. N. **Neotropical savanna ants show a reversed latitudinal gradient of species richness, with climatic drivers reflecting the forest origin of the fauna**. *Journal of Biogeography*, v. 45, n. 1, p. 248-258, 2018

VERHAAGH, M. & K. ROSCISZEWSKI. **Ants (Hymenoptera: Formicidae) of forest and savanna in the Biosphere Reserve Beni, Bolivia**. *Andrias* 13: 199–214, 1994.

VILLAR, R. R. **O que é biodiversidade? Entenda a importância de preservar a natureza**. (2020).

WASHINGTON, H.G. 1984. **Diversity, biotic and similarity indices: A review with special relevance to aquatic ecosystems**. *Water Res.* 18(6):653-694.

WILSON E. O. **La hiperdiversidad como fenómeno real: el caso de Pheidole**. p. 363–370. In: F. Fernández, (eds). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto Humboldt. Bogotá, xxvi+ 398 p, 2003.

Wilson, E. O. **Studies on the ant fauna of Melanesia V**. The tribe Odontomachini. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 120: 483-510, 1959.

WILSON, E. O. **Which are the most prevalent ant genera?** *Studia Entomologica* 19: 187–200, 1976.

WINK, C. *et al.* **Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental**. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v.4, n.1, p. 60-71, 2005.

WWF - WWF Brasil. **Desmatamento anual do Cerrado é o maior desde 2016: 8.531,44 km²**. WWF Brasil, 2021. Disponível em: [Desmatamento anual do Cerrado é o maior desde 2016: 8.531,44 km² | WWF Brasil](#) Acesso em: 06 de maio 2023.

APÊNDICE

Apêndice 1. Lista de espécies de Formicidae coletados em 03 áreas (PA=Pasto; CE=Cerrado; MA= Mata de Cocais) no Município de Aldeias Altas - MA, com número de espécimes=NE, Fr. = Frequência (F= frequente; MF= muito frequente; PF= pouco frequente), C = Constância (co= constante; a= acessórias; ac= acidentais) e DO= Dominância (D= dominante; ND= não dominante). Com armadilha tipo *Pitfall* (com isca e sem isca) CONT.

NOME DAS ESPÉCIES	PA					CE					MC				
	NE	%Fr.	NO	%Co	DO	NE	%Fr.	NO	%Co	DO	NE	%Fr.	NO	%Co	DO
SUBFAMILIA MYRMICINAE															
<i>Cephalotes pusillus</i> Klug,1824						5	0,12pf	2	4ac	nd	1	0,01pf	1	2ac	nd
<i>Tracymyrmex</i> sp1 Forel, 1893											1	0,01pf	1	2ac	nd
<i>Solenopsis globularia</i> Smith, F.,1858	109	0,65pf	11	22ac	Nd	2	0,04pf	2	4ac	nd	39	0,61pf	3	6ac	nd
<i>Solenopsis virulens</i> Smith, F.,1893	12171	72,6MF	13	26a	D	533	13,0MF	22	44a	D	16	0,25pf	2	4ac	nd
<i>Solenopsis substituta</i> Santschi,1925	2050	12,2MF	8	16ac	D	8	0,19pf	1	2ac	nd	103	15,7MF	8	16ac	D
<i>Solenopsis</i> sp1 Westwood,1840	23	0,13pf	3	6ac	nd	2	0,04pf	1	2ac	nd	72	1,12pf	5	10ac	nd
<i>Solenopsis</i> sp2 Westwood,1840	1	0,00pf	1	2ac	nd										nd
<i>Solenopsis</i> sp3 Westwood,1840											2	0,03pf	1	2ac	D
<i>Wasmannia auropunctata</i> Roger,1863	1	0,05pf	1	2ac	nd						391	6,12MF	10	20ac	nd
<i>Wasmannia</i> sp1 Forel, 1893											1	0,01pf	1	2ac	nd
<i>Wasmannia</i> sp2 Forel, 1893											8	0,12pf	1	2ac	nd
<i>Sericomyrmex mayri</i> Forel, 1912											2	0,03pf	2	4ac	nd
<i>Crematogaster</i> sp1 Lund, 1831	630	3,76pf	15	30a	D	167	4,09pf	12	24ac	D	20	0,31pf	5	10ac	nd
<i>Pheidole lovejoyi</i> Wilson,2003	204	1,21pf	5	10ac	nd	188	46,2MF	15	30a	D	325	5,09f	8	16a	D
<i>Pheidole diligens</i> Smith, F.,1858	456	2,72pf	6	12ac	nd	227	5,56MF	12	24ac	D	689	10,7MF	10	20ac	D
<i>Pheidole radoskowskii</i> Mayr,1884	76	0,45pf	8	16ac	nd	91	2,23pf	9	18ac	nd	141	22,08MF	15	30ac	D
<i>Pheidole</i> sp1 Westwood,1839	1	0,00pf	1	2ac	nd	47	1,15pf	2	4ac	nd	371	5,81 f	1	2ac	D
<i>Pheidole</i> sp2 Westwood,1839	1	0,00pf	1	2ac	nd						33	0,51pf	4	8ac	nd

Apêndice 1. Lista de espécies de Formicidae coletados em 03 áreas (PA=Pasto, CE=Cerrado e MA= Mata de Cocais) no Município de Aldeias Altas - MA, com número de espécimes=NE, Fr. = Frequência (F= frequente; MF= muito frequente; PF= pouco frequente), C = Constância (co= constante; a= acessórias; ac= acidentais) e DO= Dominância (D= dominante; ND= não dominante). Com armadilha tipo *Pitfall* (com isca e sem isca) CONT.

NOME DAS ESPÉCIES	PA					CE					MC				
	NE	%Fr.	NO	%Co	DO	NE	%Fr.	NO	%Co	DO	NE	%Fr.	NO	%Co	DO
<i>Pheidole</i> sp3 Westwood,1839	215	1,28pf	1	2ac	nd	23	0,56pf	3	6ac	nd	144	2,25pf	7	14ac	nd
<i>Pheidole</i> sp4 Westwood,1839						204	5f	3	6ac	D					
<i>Pheidole</i> sp5 Westwood,1839	268	1,60pf	4	8ac	nd	146	3,57pf	2	4ac	nd	2	0,03pf	2	4ac	nd
SUBFAMILIA FORMICINAE															
<i>Camponotus crassus</i> Mayr,1862	56	0,33pf	18	36a	nd	45	1,10pf	15	30a	nd	60	0,09pf	16	32a	nd
<i>Camponotus novograndensis</i> Emery,1870											1	0,01pf	1	2ac	nd
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery,1894	12	0,07pf	5	10ac	nd	4	0,09pf	3	6ac	nd	170	2,66pf	24	48a	nd
<i>Camponotus cingulatus</i> Mayr,1862											2	0,03pf	2	4ac	nd
<i>Camponotus atriceps</i> Smith, F.,1858	5	0,02pf	3	6ac	nd	3	0,07pf	2	4ac	nd	79	1,23pf	10	20ac	nd
<i>Brachymyrmex</i> sp1 Mayr,1868	166	0,99pf	5	10ac	nd	15	0,36pf	3	6ac	nd					
<i>Nylanderia</i> sp1 Emery,1906											202	1,23pf	12	24ac	nd
SUBFAMILIA ECTATOMMINAE															
<i>Ectatomma permagnum</i> Forel,1908											3	0,04pf	1	2ac	nd
<i>Ectatomma suzanae</i> Almeida;1986	22	0,13pf	6	12ac	nd	5	0,12pf	3	6ac	nd	42	0,65pf	10	20ac	nd
<i>Gnamptogenys sulcata</i> Smith, F.,1858	1	0,00pf	1	2ac	nd										
<i>Gnamptogenys</i> sp1 Roger,1858											6	0,09pf	4	8ac	nd
SUBFAMILIA DORYLINAE															
<i>Labidus coecus</i> Latreille,1802	2	0,01pf		2ac	nd	4	0,09pf	3	6ac	nd	3	0,04pf	2	4ac	nd

Apêndice 1. Lista de espécies de Formicidae coletados em 03 áreas (PA=Pasto, CE=Cerrado e MA=Mata de Cocais) no Município de Aldeias Altas - MA, com número de espécimes=NE, Fr. = Frequência (F= frequente; MF= muito frequente; PF= pouco frequente), C = Constância (co= constante; a= acessórias; ac= acidentais) e DO= Dominância (D= dominante; ND= não dominante). Com armadilha tipo *Pitfall* (com isca e sem isca).

NOME DAS ESPÉCIES	PA					CE					MC					
	NE	%Fr.	NO	%Co	DO	NE	%Fr.	NO	%Co	DO	NE	%Fr.	NO	%Co	DO	
<i>Labidus praedator</i> Smith, F.,1858	2	0,01pf	1	2ac	nd											
<i>Neivamyrmex pilosus</i> Smith, F., 1858											1	1	0,01pf	1	2ac	nd
SUBFAMILIA DOLICHODERINAE																
<i>Forelius brasiliensis</i> Forel,1908						7	0,17pf	1	2ac	nd						
<i>Dorymyrmex biconius</i> Forel,1908						68	1,6pf	6	12ac	nd						
<i>Dorymyrmex bicolor</i> Wheeler, W.M.,1906	47	0,28pf	5	10ac	nd	75	1,8pf	4	8ac	nd						
<i>Dorymyrmex thoracicus</i> Gallardo,1916	205	1,22pf	10	20ac	nd	490	12,0pf	28	56CO	D	734	11,4MF	1	2ac	D	
SUBFAMILIA PONERINAE																
<i>Anochetus</i> sp1 Mayr,1861											1	0,01pf	1	2ac	nd	
<i>Odontomachus bauri</i> Emery,1892	7	0,04pf	7	14ac	nd											
<i>Pachycondyla crassinoda</i> Latreille,1802	7	0,04pf	5	10ac	nd	7	0,17pf	3	6ac	nd	479	7,50MF	41	82Co	D	
<i>Pachycondyla harpax</i> Fabricius,1804											16	0,25pf	13	26a	nd	
<i>Dinoponera gigantea</i> Perty, 1833	4	0,02pf	2	4ac	nd	12	0,29pf	8	16ac	nd	56	0,87pf	15	30a	nd	
SUBFAMILIA PSEUDOMYRMEXMECINAE																
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> Smith, F.,1855	1	0,00pf	1	2ac	nd	2	0,04pf	2	4ac	nd						
<i>Pseudomyrmex tenius</i> Fabricius,1804											5	0,07pf	5	10ac	nd	
<i>Myrcidris</i> sp1 Word,1990	2	0,01pf	2	4ac	nd						1	0,12pf	1	2	nd	