

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS (PPGCIAG)
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RAILDA SILVA GOMES

**EFEITOS DA SAZONALIDADE SOBRE A DIVERSIDADE E QUALIDADE DOS
RECURSOS TRÓFICOS UTILIZADOS POR *Dinoponera gigantea* (PERTY, 1833)
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DE
CERRADO DO NORDESTE DO ESTADO DO MARANHÃO**

São Luís

2025

RAILDA SILVA GOMES

EFEITOS DA SAZONALIDADE SOBRE A DIVERSIDADE E QUALIDADE DOS RECURSOS TRÓFICOS UTILIZADOS POR *Dinoponera gigantea* (PERTY, 1833) (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DE CERRADO DO NORDESTE DO ESTADO DO MARANHÃO

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCIAG) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dra. Francisca Helena Muniz.

Coorientador: Prof. Dr. Edison Fernandes da Silva.

São Luís

2025

Gomes, Railda Silva.

Efeitos da sazonalidade sobre diversidade, abundância e qualidade proteica dos recursos trópicos utilizados pela espécie *Dinoponera gigantea* (PERTY, 1833) (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) em áreas de cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão. / Railda Silva Gomes . – São Luís, MA, 2025.

48 f.

Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias - PPGCIAG) – Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, 2025.

Orientadora : Profa. Dra. Francisca Helena Muniz.

1.Adaptação. 2. Bromatologia. 3. Dieta. 4. Falsa- Tocandira. 5. Fatores Abióticos. I. Título.

CDU:502.175(213.54)(812.1)

Elaborado por Luciana de Araújo - CRB 13/445

RAILDA SILVA GOMES

EFEITOS DA SAZONALIDADE SOBRE A DIVERSIDADE E QUALIDADE DOS RECURSOS TRÓFICOS UTILIZADOS POR *Dinoponera gigantea* (PERTY, 1833) (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DE CERRADO DO NORDESTE DO ESTADO DO MARANHÃO

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCIAG) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dra. Francisca Helena Muniz.

Coorientador: Prof. Dr. Edison Fernandes da Silva

Aprovado em: 13/02/2025

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

FRANCISCA HELENA MUNIZ

Data: 11/03/2025 11:31:41-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Francisca Helena Muniz (Orientadora)



Documento assinado digitalmente

LUIS MANUEL HERNANDEZ GARCIA

Data: 11/03/2025 07:29:18-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luis Manuel Hernández García



Documento assinado digitalmente

CHARLYAN DE SOUSA LIMA

Data: 10/03/2025 10:46:47-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Charlyan de Sousa Lima

São Luís

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS (PPGCIAG)
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RAILDA SILVA GOMES

**EFEITOS DA SAZONALIDADE SOBRE A DIVERSIDADE E QUALIDADE DOS
RECURSOS TRÓFICOS UTILIZADOS POR *Dinoponera gigantea* (PERTY, 1833)
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DE
CERRADO DO NORDESTE DO ESTADO DO MARANHÃO**

São Luís

2025

Dedico a Deus e aos meus familiares, em especial a minha mãe, a qual contribuiu incansavelmente para a realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter direcionado meus passos ao longo de mais uma jornada e ter me feito alcançar mais um dos meus objetivos, sempre me guardando e abrindo portas de maneiras inexplicáveis.

Aos meus familiares e amigos, que incansavelmente estiveram comigo ao longo desse percurso, me incentivando, orientando e apoiando nas mais diversas decisões, agradeço em especial minha mãe e meu pai, por sempre estar presente, intercedendo por mim e pelos meus sonhos, gratidão pelos seus muitos conselhos.

Agradeço aos meus orientadores, professora Francisca Helena Muniz e professor Edison Fernandes da Silva, pela orientação, direcionamento e apoio fundamentais durante a realização desta pesquisa. Minha gratidão também se estende à Universidade Federal do Maranhão, em especial à equipe do Laboratório de Produtos de Origem Animal (LAPOA), no Campus Chapadinha-MA, pela parceria e pelas valiosas orientações durante a fase de análise desta pesquisa. Além disso, expresso meu reconhecimento à equipe do Laboratório de Artrópodes do Solo (LAS) pela colaboração e pelo suporte essencial durante as coletas realizadas neste estudo.

Agradeço à Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e ao Programa de Ciências Agrárias (PPGCIAG) pelos incentivos, os quais foram essenciais para a realização deste projeto. A colaboração da instituição, por meio de recursos financeiros, infraestrutura e orientação, foi fundamental para o desenvolvimento e sucesso deste estudo. Expresso também minha gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio concedido, que contribuiu significativamente para a viabilização desta pesquisa. Agradeço ainda a todos os envolvidos, que, com seu empenho e dedicação, foram essenciais para a concretização deste trabalho.

RESUMO

O sucesso evolutivo dos formicídeos, sobretudo da espécie *Dinoponera gigantea*, está diretamente relacionado à sua plasticidade alimentar e capacidade adaptativa às mudanças ambientais. Assim, compreender aspectos relacionados a adaptação desse grupo torna-se relevante, pois trará contribuições sobre biologia alimentar desta espécie, fomentando os bancos de informações necessárias para sua conservação desta espécie de formiga e suas áreas de uso. Esse trabalho buscou avaliar efeitos da sazonalidade sobre a diversidade e qualidade dos recursos tróficos utilizados por *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) (Hymenoptera: Formicidae) em diferentes fitofisionomias de cerrado do nordeste do Estado do Maranhão. Esse estudo foi realizado nos meses de maio e novembro (estação seca e chuvosa), para o qual foram selecionados cinco ninhos em cada fragmento amostrado. Os recursos tróficos foram coletados com técnicas de escavação e desestruturação dos ninhos, sendo armazenados e identificados conforme sua natureza (vegetal ou animal). Os itens vegetais foram mantidos em potes plásticos etiquetados, enquanto os de origem animal foram refrigerados em coolers. Os indivíduos de *D. gigantea* de cada ninho também foram coletados e armazenados em álcool 70% e levados ao Laboratório Artrópodes do Solo da Universidade Federal do Maranhão, onde os recursos tróficos foram triados, identificados com o auxílio de chaves dicotômicas e websites especializados, e submetidos a análises bromatológicas para estimar matéria seca, proteína bruta e teor de matéria mineral. Os dados foram analisados estatisticamente com testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (Levene). Variáveis que atenderam aos pressupostos de normalidade foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo teste LSD. Para dados que não atenderam aos pressupostos de normalidade, aplicaram-se testes não paramétricos, como Kruskal-Wallis e Wilcoxon (Mann-Whitney). Durante o período chuvoso, foram identificados 978 recursos tróficos de origem animal, incluindo Coleoptera, Gastropoda e Orthoptera, e 143 recursos tróficos de origem vegetal, com destaque para ordens como Fabales e Gentianales. No período seco, foram coletados 955 recursos tróficos de origem animal, como Coleoptera, Blattaria e Hemiptera, e 84 recursos tróficos de origem vegetal, destacando-se Fabales, Arecales e Malpighiales. Os recursos tróficos apresentaram maior qualidade nutricional no período chuvoso, com elevados teores de matéria seca, matéria mineral e proteína bruta, especialmente em áreas de mata mesófila, mata mesófila com cocais e Cerrado denso. No período seco, houve redução na qualidade nutricional, exceto para os teores de matéria seca em recursos tróficos de origem animal nas áreas de Cerrado denso e mata mesófila com cocais. Este estudo apresenta dados inéditos sobre a dieta de *D. gigantea*, evidenciando as alterações que as variações sazonais e diferentes áreas do bioma Cerrado possuem sobre o forrageamento desse grupo. Assim, a descrição qualitativa dos recursos tróficos e da dinâmica de consumo pela espécie denota a sua importância ecológica e fomenta a importância de sua conservação para o equilíbrio ambiental de biomas como o Cerrado.

Palavras- Chaves: Adaptação; bromatologia; dieta; falsa- tocandira; fatores abióticos.

ABSTRACT

The evolutionary success of ants, especially the species *Dinoponera gigantea*, is directly related to their dietary plasticity and adaptive capacity to environmental changes. Thus, understanding aspects related to the adaptation of this group becomes relevant, as it will bring contributions to the food biology of this species, fostering the information banks necessary for the conservation of this species of ant and its areas of use. This study aimed to evaluate the effects of seasonality on the diversity and quality of trophic resources used by *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) (Hymenoptera: Formicidae) in different phytophysiognomies of the cerrado in the northeastern State of Maranhão. This study was conducted in the months of March and November (dry and rainy seasons), during which five nests were selected in each sampled fragment. The trophic resources were collected using excavation and nest disassembly techniques, being stored and identified according to their nature (vegetal or animal). The plant items were kept in labeled plastic containers, while those of animal origin were refrigerated in coolers. The individuals of *D. gigantea* from each nest were also collected and stored in 70% alcohol and taken to the Soil Arthropods Laboratory at the Federal University of Maranhão, where the trophic resources were sorted, identified with the help of dichotomous keys and specialized websites, and subjected to bromatological analyses to estimate dry matter, crude protein, and mineral matter content. The data were statistically analyzed using normality tests (Shapiro-Wilk) and homogeneity of variances tests (Levene). Variables that met the assumptions of normality were subjected to analysis of variance (ANOVA) and compared using the LSD test. For data that did not meet the assumptions of normality, non-parametric tests such as Kruskal-Wallis and Wilcoxon (Mann-Whitney) were applied. During the rainy season, 978 animal-origin trophic resources were identified, including Coleoptera, Gastropoda, and Orthoptera, and 143 plant-origin trophic resources, with a focus on orders such as Fabales and Gentianales. During the dry period, 955 trophic resources of animal origin were collected, such as Coleoptera, Blattaria, and Hemiptera, and 84 trophic resources of plant origin, with Fabales, Arecales, and Malpighiales being particularly notable. The trophic resources showed higher nutritional quality during the rainy season, with elevated levels of dry matter, mineral matter, and crude protein, especially in areas of mesophytic forest, mesophytic forest with palm trees, and dense Cerrado. In the dry period, there was a reduction in nutritional quality, except for the dry matter content in trophic resources of animal origin in the dense Cerrado and mesophytic forest with palm trees areas. This study presents unprecedented data on the diet of *D. gigantea*, highlighting the changes that seasonal variations and different areas of the Cerrado biome have on the foraging of this group. Thus, the qualitative-quantitative description of the trophic resources and the consumption dynamics by the species denotes its ecological importance and fosters the importance of its conservation for the environmental balance of biomes such as the Cerrado.

Keywords: Adaptation; bromatology; diet; false- playing; abiotic factors.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 01- | Mapa do Estado do Maranhão com destaque da localização geográfica do município de Chapadinha - MA, Estado do Maranhão | 19 |
| Figura 02- | Reconhecimento dos ninhos..... | 20 |
| Figura 03- | Demarcação dos ninhos de <i>Dinoponera gigantea</i> | 21 |
| Figura 04- | Abertura dos ninhos | 21 |
| Figura 05- | Frequência relativa da diversidade de recursos tróficos de origem animal (A) e vegetal (B) utilizados pela espécie <i>Dinoponera gigantea</i> em diferentes fitofisionomias de Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão. | 27 |
| Figura 06- | Diversidade dos recursos tróficos de origem animal em diferentes fitofisionomias de Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão, durante os períodos chuvoso e seco (A; B), e de recursos tróficos de origem vegetal em diferentes fitofisionomias de Cerrado do Nordeste do Estado do Maranhão, durante o período seco (C; D) e em função do período independentemente da fitofisionomia. | 35 |
| Figura 07- | Efeito da fitofisionomia na diversidade total de recursos tróficos de origem vegetal utilizados pela espécie <i>Dinoponera gigantea</i> em diferentes fitofisionomias de cerrado do nordeste do Estado do Maranhão no período seco (A); e efeito do período independentemente da fitofisionomia (B).... | 37 |
| Tabela 01- | Media±erro padrão da média da diversidade de recursos tróficos de origem animal (indivíduos/ninho) utilizados pela espécie <i>Dinoponera gigantea</i> em diferentes fitofisionomias e períodos sazonais do Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão. | 30 |
| Tabela 02- | Análise de variância (ANOVA) e estatística dos testes de testes de Wilcoxon (Mann-Whitney) e Kruskal-Wallis aplicados na análise de dados da avaliação de recursos tróficos utilizados pela espécie <i>Dinoponera gigantea</i> , em fitofisionomias e períodos sazonais do Cerrado do Nordeste do Estado do Maranhão. | 36 |

Tabela 03- Médias dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria 39
mineral (MM) dos recursos tróficos utilizados pela espécie *Dinoponera*
gigantea, em diferentes fitofisionomias de Cerrado no Nordeste do Estado
do Maranhão.....

SUMÁRIO

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 12 |
| 2.1 | TAXONOMIA, DIVERSIDADE E IMPORTÂNCIA DE FORMICÍDEOS | 12 |
| 2.2 | SUBFAMÍLIA PONERINAE: HISTÓRICO EVOLUTIVO, DIVERSIDADE E HÁBITOS COMPORTAMENTAIS | 14 |
| 2.3 | GÊNERO <i>DINOPONERA</i> | 15 |
| 2.4 | EVOLUÇÃO DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR E ANÁLISE BROMATOLÓGICA | 16 |
| 3 | HIPÓTESES | 18 |
| 4 | OBJETIVOS | 18 |
| 4.1 | GERAL | 18 |
| 4.2 | ESPECÍFICOS | 18 |
| 5 | METODOLOGIA | 19 |
| 5.1 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 19 |
| 5.2 | SELEÇÃO E MARCAÇÃO DOS NINHOS AMOSTRADOS..... | 20 |
| 5.3 | COLETA DO MATERIAL AMOSTRADO..... | 21 |
| 5.4 | TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA DAS AMOSTRAS..... | 22 |
| 5.5 | ANÁLISES BROMATOLÓGICAS..... | 22 |
| 5.6 | PROTEÍNA BRUTA..... | 23 |
| 5.7 | MATÉRIA MINERAL..... | 24 |
| 5.8 | ANÁLISE DOS DADOS..... | 25 |
| 6 | RESULTADOS | 26 |
| | DISCUSSÃO | |
| 6.1 | EFEITOS DA SAZONALIDADE E DAS DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS SOBRE A DINÂMICA DE USO DE RECURSOS TRÓFICOS..... | 26 |
| 6.2 | DIVERSIDADE DE RECURSOS TRÓFICOS DE ORIGEM ANIMAL E VEGETAL..... | 27 |

| | | |
|------------|--|----|
| 6.3 | EFEITOS DA SAZONALIDADE E DAS DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS SOBRE A PREFERÊNCIA ALIMENTAR DA ESPÉCIE <i>DINOPONERA GIGANTEA</i> | 28 |
| 6.4 | QUALIDADE NUTRICIONAL DOS RECURSOS TRÓFICOS EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE E DAS DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS..... | 37 |
| 7 | CONCLUSÃO | 42 |
| | REFERÊNCIAS | 43 |

1 INTRODUÇÃO

Os formicídeos pertencem ao filo Arthropoda, Ordem *Hymenoptera* e integram uma única família, Formicidae. Essa família apresenta uma ampla diversidade com relação ao número de espécies com 14.119 já descritas e subdividida em 17 subfamílias (Bolton, 2022). Os formicídeos são insetos eusociais, realizam a divisão de tarefas dentro da colônia de acordo com sua morfologia corpórea: rainhas, operárias, soldados, reprodutores e cuidadores de suas formas jovens (Silva; Loeck, 2006). Esta família possui distribuição cosmopolita, com ampla distribuição nos ecossistemas, ocupando diversos substratos, como dossel de florestas e camadas do solo, como as formigas da subfamília Ponerinae (Basset *et al.*, 2012).

Ponerinae caracteriza-se como um grupo primitivo de formicídeos, com estimadores de surgimento no período do Cretáceo (Hölldobler; Wilson, 1990). Devido ao seu histórico evolutivo, Ponerinae é uma das mais diversas subfamílias do grupo. Essa subfamília abriga cerca de 1.200 espécies e 47 gêneros já catalogados (Bolton, 2022). Por ser um grupo diverso, estas formigas colonizam distintas regiões, com distribuição cosmopolita, porém com maior concentração em áreas tropicais (Baccaro *et al.*, 2015; Lattke, 2015). Esses organismos ocorrem em florestas úmidas, mas algumas espécies passaram a ocupar ambientes mais secos (Bastos, 2009; Silva *et al.*, 2017). Essas formigas são classificadas em arborícolas e terrícolas, dependendo dos locais de nidificação. Entre organismos de hábitos terrícolas destaca-se os do gênero *Dinoponera*, que nidificam as camadas mais internas do solo (Caetano; Jaffé; Zara, 2002).

O gênero *Dinoponera* ocorre em regiões neotropicais, com incidência apenas na América do Sul (Bolton, 2022). As formigas deste gênero são terrícolas e facilmente reconhecidas por seu tamanho corpóreo e comportamentos de nidificação, seus ninhos são estruturas profundas com numerosas câmaras e galerias (Lenhart; Dash; Mackay, 2013; Silva *et al.*, 2021). São formigas predadoras e de forrageamento solitário, e podem fazer uso de diferentes tipos de recursos tróficos, como invertebrados e sementes (Brandão; Silva; Delabie, 2009), a exemplo da espécie *Dinoponera gigantea*, considerada onívora (Medeiros *et al.*, 2014).

A espécie *Dinoponera gigantea* ocorre apenas na América do Sul (Kempf, 1971), desde a Amazônia peruana à Amazônia brasileira (Lenhart; Dash; Mackay, 2013). Essas formigas são conhecidas pelo seu tamanho corpóreo e por seus hábitos de nidificação, sendo predominantemente colonizadoras do solo de florestas e regiões de savana (Lenhart; Dash; Mackay, 2013). Seus ninhos apresentam um expressivo número de câmaras e galerias, com profundidades que podem chegar a 2 m nas camadas do solo (Silva *et al.*, 2021). No sistema de

cadeia tróficas, esta espécie é predadora solitária de outros invertebrados (Brandão; Silva; Delabie, 2009). Contudo, algumas espécies possuem adaptações quanto à sua dieta, podendo consumir outros recursos, como frutas e líquidos florais (Schmidt; Shattuck, 2014).

O sucesso evolutivo das formigas é oriundo, principalmente, da amplitude alimentar do grupo, empregando uma gama de recursos vegetais e animais em sua dieta, mas, semelhante a outros organismos, possuem uma demanda nutricional específica (Jesus; Bueno, 2007). A escolha da fonte de recurso é condicionada por fatores como sazonalidade, que delimita a ocorrência ou não de determinadas fontes proteicas. Segundo Malheiros (2016), as plantas do Cerrado têm seu ciclo vegetativo atrelado à influência de fenômenos climáticos. Assim, o mesmo autor descreve que os componentes da flora e fauna, ao longo de sua evolução, foram se adaptando a variabilidade sazonal da região, a fim de garantir sua sobrevivência e diversidade, podendo estas adaptações expressarem-se, sobretudo, a níveis comportamentais, com adaptações quanto à sua dieta nutricional.

Estudos voltados à descrição da dieta desta espécie ainda são incipientes em ambiente de Cerrado. Esses trabalhos são desenvolvidos predominantemente em regiões amazônicas e voltados à descrição taxonômica dos grupos utilizados pela formiga em sua dieta. Contudo, é importante destacar que os constituintes proteicos que integram a dieta das espécies influenciam diretamente no seu modo de vida. Para estas formigas, essa influência se dá na potencialização de sua toxina e, entender esse processo, é de suma importância, uma vez que os poucos trabalhos deste cunho já apontam à potencialidade desta peçonha para a indústria dos fármacos (Silva *et al.*, 2020).

Assim, este trabalho assume relevância, uma vez que visa não só estimar a diversidade e abundância de recursos tróficos, mas também estimar a qualidade e teor proteico que esses recursos fornecem a espécie estudada em ambientes de Cerrado do Nordeste do Estado do Maranhão, o qual apresenta características únicas que podem afetar significativamente o modo de vida da espécie estudada, por meio das influências diretas sobre seu modo de uso de seus recursos tróficos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TAXONOMIA, DIVERSIDADE E IMPORTÂNCIA DE FORMICÍDEOS

Atualmente, as pesquisas voltadas à descrição do filo Arthropoda estimam que este compreende mais de 7 milhões de espécies já descritas e representa mais de 80% de toda a biomassa pertencente ao reino animal do planeta. Em biomas com grande biodiversidade, como

a floresta Amazônica, são encontradas cerca de 2,5 milhões de espécies de artrópodes (Zanirato, 2010; Stork, 2018). O filo dos artrópodes abriga 5 subfilos: Crustacea; Chilopoda; Diplopoda; Arachnida e Hexapoda (Contente *et al.*, 2017).

Organismos do subfilo Hexapoda, especialmente da classe Insecta, desempenham importantes papéis ecológicos na natureza, como a polinização, decomposição e incorporação de matéria orgânica, dispersão de sementes e controle biológico (Gullan; Craston, 2012). Membros desta classe, os formicídeos desempenham tarefas de suma importância (Venustre *et al.*, 2018), como controle biológico de outras espécies e dispersão de sementes (Ferreira; Bruna; Vasconcelos, 2011). Esses organismos são amplamente distribuídos nos ecossistemas, ocorrendo desde áreas conservadas até regiões com altas atividades antrópicas e, devido a essa característica são amplamente utilizadas como bioindicadores da qualidade ambiental, em áreas com sinais de perturbações antrópicas (Ribas *et al.*, 2012; Apolinário *et al.*, 2019).

Os formicídeos são comuns em uma ampla gama de ambientes e ocorrem regularmente em todos os substratos e em todos os habitats, desde o solo até o dossel da floresta (Vasconcelos; Delabie, 2000; Basset; Birnbaum; Serrano, 2003; Longino; Araújo; Lucas, 2002; Delabier; Fernandes; Murad, 2007; Basset *et al.*, 2012). As formigas são importantes para a estabilidade ecológica dos ambientes que habitam, ao serem envolvidas na polinização, metabolismo, entre outras funções ecológicas. As formigas são bioindicadoras de qualidade ambiental, por serem organismos sensíveis às alterações do meio. Entre os biomas com maiores índices de perturbações antrópicas, encontra-se o Cerrado, que tem sido constantemente afetado pela agricultura. Esse bioma representa 22% da área total do país e considerado o segundo maior bioma do Brasil, em termos de extensão territorial (Santos; Oliveira; Silva, 2008). Além de sua grande área de superfície, esse bioma também abriga uma grande biodiversidade, conhecido como um grande hotpost de biodiversidade especialmente de plantas e indivíduos pertencentes a família Formicidae (Ulysséa; Brandão, 2013).

Formicidae possui alta biodiversidade e uma ampla distribuição geográfica, possibilitando a colonização de diversos substratos, como o dossel de florestas e camadas do solo (Basset *et al.*, 2012). Formigas são organismos sociais, vivendo em colônias onde realizam a divisão de tarefas rotineiras do ninho (Hölldoble; Wilson, 1990; Baccaro *et al.*, 2015). Semelhante a outros organismos eusociais, formicídeos são também agentes ecológicos e atuam em importantes processos do ambiente, como descompactação do solo, ciclo de matéria orgânica, dispersão de sementes e no controle biológico de outros invertebrados (Nakano *et al.*, 2013). São organismos amplamente utilizados como bioindicadores de qualidade de ambientes antropizados como o bioma Cerrado (Ribas *et al.*, 2012).

Entre os biomas, o Cerrado destaca-se por ser um dos com maiores índices de atividades antrópicas, com uma significativa perda da sua cobertura vegetal original (em torno de 152, 7 mil km²) (IBGE, 2021). Pesquisas a despeito da conservação deste bioma indicam que o Cerrado apresenta apenas 20% de sua cobertura vegetal original (Costa, 2018). Entre os principais fatores de antropização do Cerrado, encontra-se a expansão de atividades como monoculturas e pecuária na região (Klink; Moreira, 2002). O Cerrado é o segundo maior bioma e sua extensão abrange 12 estados e o Distrito Federal, cobrindo cerca de dois milhões de km² e 23% do território nacional (Klink; Machado, 2005; Queiroz, 2009; MMA, 2021). O Cerrado e outros biomas, como Floresta Atlântica e Madagascar, formam os maiores hotspots do mundo (Books *et al.*, 2006), abrigando uma rica biodiversidade de espécies de plantas e insetos, como ocorrência de organismos pertencentes a subfamília de formicídeos, Ponerinae.

2.2 SUBFAMÍLIA PONERINAE: HISTÓRICO EVOLUTIVO, DIVERSIDADE E HÁBITOS COMPORTAMENTAIS

Ponerinae é considerada a quarta maior subfamília de formicídeos, em termos de números de espécies, composta por 47 gêneros e 1266 espécies já descritas (Boudinot, 2015; Antiwiki, 2022). Os gêneros mais importantes e maiores, em termos de número de indivíduos são: *Anochetus*, *Hypoponera*, *Leptogenys* e *Odontonmachus*, que juntos representam cerca de 70% do total de indivíduos dessa subfamília (Lattke, 2015). A maioria dos formicídeos, pertencentes a esta subfamília, ocorrem em áreas de clima pantropical (Schmidt; Shattuck, 2014), com maior abundância em áreas florestais (Schmidt; Shattuck, 2014). Em território Nacional brasileiro, ocorrem 15 gêneros e 150 espécies já descritas (Fernandes; Oliveira; Cavalcante, 2020). Por ser um grupo bastante diverso, nidificam uma grande variedade de substratos, incluindo árvores em decomposição, solo, cupinzeiros e ambientes arbóreos (Schmidt; Shattuck, 2014).

A maioria dos ninhos de poneromorfos tem uma arquitetura simples. Entretanto, algumas espécies dessa subfamília têm arquitetura mais elaborada, com muitas câmaras e passagens, como nos ninhos das formigas do gênero *Dinoponera*. Com relação ao seu comportamento alimentar, essas formigas são predadoras, sendo alguns indivíduos generalistas e outros especializados (Suzzoni; Schatz; Dejean, 2000; Dejean *et al.*, 2002; Frank *et al.*, 2017). De modo geral, seu forrageamento é desenvolvido de forma solitária nas proximidades da colônia (Schmidt; Shattuck, 2014; Lattke, 2015), como ocorre nas formigas do gênero *Dinoponera*.

2.3 GÊNERO *DINOPONERA*

O gênero *Dinoponera*, descrito por Roger (1861), ocorre apenas em regiões neotropicais com ocorrência restrita à América do Sul (Kempf, 1971). Esse gênero é formado por oito espécies, sendo estas *Dinoponera australis*, *Dinoponera gigantea*, *Dinoponera hispida*, *Dinoponera longipes*, *Dinoponera lucida*, *Dinoponera mutica*, *Dinoponera quadriceps* e *Dinoponera snellingi*. Essas espécies apresentam diferenças morfológicas, ecológicas e comportamentais, que permitem sua identificação e diferenciação em estudos taxonômicos e ecológicos (Lenhart; Dash; Mackay, 2013; Vasconcellos *et al.*, 2016). No Brasil, as formigas deste gênero ocorrem em todos os biomas (Baccaro *et al.*, 2015), inclusive em território de Cerrado maranhense (Silva, 2014; Lima *et al.*, 2020). Essas formigas são organismos terrícolas, nidificam as camadas mais internas do solo, no qual constroem estruturas bastante elaboradas, podendo apresentar muitas câmaras, galerias e grandes profundidades (Lenhart; Dash; Mackay, 2013).

Essas formigas são facilmente reconhecidas pelo seu tamanho corpóreo e pelos hábitos de nidificação. A maioria de seus ninhos são bastante profundos, podendo atingir até 2m de profundidade nas camadas do solo (Lenhart; Dash; Mackay, 2013). Além de serem profundos, são detentores de muitas câmaras e galerias, com arquitetura variando de acordo com a espécie. Segundo Antonialli-Júnior e Giannotti (2001), a maioria desses formicídeos têm ninhos construídos nas camadas mais profundas do solo, com arquitetura diversificada conforme a espécie edificante. Um exemplo disso é a espécie *D. quadriceps*, com ninhos rasos com cerca de apenas 1,2 m de profundidade (Fourcassié; Oliveira, 2002; Vasconcellos; Pereira; Dejean, 2004), enquanto os ninhos da espécie *D. gigantea*, possuem até 2m de profundidade (Caetano; Jaffé; Zara, 2002).

A espécie *D. gigantea*, semelhante às demais do gênero, tem ocorrência apenas em territórios da América do Sul, ocorrendo em regiões que vão desde a região amazônica peruana até à brasileira (Lenhart; Dash; Mackay, 2013). Embora esta espécie seja um organismo predominantemente de regiões amazônicas, há registros de sua ocorrência em áreas de Cerrado, sobretudo em coberturas vegetais caracterizadas como Cerradão e Matas de Cocais (Silva *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2020). São formigas de hábitos terrícolas e seus ninhos são construções bem elaboradas, detentoras de muitas câmaras, com até 2 m de profundidade nas camadas do solo (Caetano; Jaffé; Zara, 2002; Silva *et al.*, 2021).

A espécie *D. gigantea* é caracterizada quanto à sua dieta como um organismo onívoro, possuindo uma grande plasticidade alimentar (Araújo; Rodrigues, 2006; Medeiros *et al.*, 2014;

Tillberg *et al.*, 2014). Semelhante a outras poneromorfas, essas formigas são predadoras e forrageiam nas proximidades dos ninhos de forma solitária, com maior ritmo de atividade nos intervalos mais frios do dia (Fourcassié; Oliveira, 2002; Silva *et al.*, 2017). Durante o forrageamento, buscam desde invertebrados vivos (Araújo; Rodrigues, 2006; Medeiros *et al.*, 2014; Tillberg *et al.*, 2014), sementes, até substâncias açucaradas (Brandão; Silva; Delabie, 2009), evidenciando a plasticidade alimentar do grupo.

2.4 EVOLUÇÃO DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR E ANÁLISE BROMATOLÓGICA

O sucesso evolutivo do grupo das formigas está fortemente atrelado à sua capacidade de adaptação ao ambiente, bem como à sua organização eusocial (Wilson, 2013). A evolução deste grupo teve início entre 139 e 158 milhões de anos, intensificando-se há cerca de 60 milhões de anos (Baccaro, 2015). São muitos os fatores que influenciaram neste processo, como a eusociabilidade, tamanho corpóreo e capacidade de competição por nichos ecológicos (Wilson, 2013). A adaptação nutricional do grupo se destaca como fator primordial para seu sucesso evolutivo (Jesus; Bueno, 2006). Para a evolução, a flexibilidade do comportamento de forrageamento pode ser um fator para a elevação das chances de colônia sobreviver às muitas mudanças do ambiente (Fewell *et al.*, 1992).

As formigas possuem adaptações às mudanças do ambiente, a exemplo, a plasticidade alimentar. Nas cadeias tróficas, os formicídeos são predadores e podem ser classificados em: generalistas e especialistas (Brandão; Silva; Delabie, 2009). Espécies generalistas se alimentam de uma ampla gama de recursos tróficos, podendo variar sua dieta de acordo com as janelas de oferta do ambiente. Os especialistas têm preferência alimentar por uma única fonte de alimento e a depender do seu nível de especialidade, possui áreas de forrageamento reduzidas nos ambientes que se encontram (Chase; Leibold, 2003). As poneromorfas possuem hábitos nutricionais diferenciados, a depender das espécies. Existem formigas que são generalistas e consomem desde restos de matéria em decomposição até presas vivas (Schmidt; Shattuck, 2014), como a espécie *D. gigantea*, que tem sua dieta composta primordialmente por invertebrados (Medeiros *et al.*, 2014; Tillberg *et al.*, 2014; Delabie *et al.*, 2015).

Do ponto de vista nutricional, as espécies generalistas são menos exigentes, pois durante seu forrageio, optam por alimentos de baixa qualidade nutricional como uma estratégia de otimização de energia (Begon; Townsend; Harper, 2006). Embora os hábitos de forrageamento das formigas sejam influenciados por estratégias de economia de energia, assim como outros

organismos, elas possuem uma demanda nutricional específica para manutenção de suas atividades metabólicas. Fowler (1991), Bueno e Jesus (2007) destacam que, entre os principais componentes da dieta das formigas, estão: lipídios, carboidratos e proteínas. Mas é importante destacar que embora estes constituintes sejam descritos na literatura do grupo como primordiais a sua nutrição, aspectos bioquímicos devem ser tratados mais amplamente, tendo em vista a holometabolia presente no grupo (Blüthgen; Feldhaus, 2009), o que permite que esses organismos apresentem variações em sua dieta, de acordo com seu estágio de vida.

O Comportamento de forrageamento é bem documentado para o gênero *Dinoponera* e, entre os trabalhos pioneiros acerca da dieta deste grupo, destacam-se os de Morgan (1993); Paiva e Brandão (1995); Fourcassié e Oliveira (2002); Azevedo, (2009) e Tillberg *et al.* (2014), os quais possibilitaram a descrição dos principais táxons consumidos por esses indivíduos. Já para a espécie *D. gigantea*, os trabalhos voltados a seu forrageamento, dieta e natureza de seus recursos, ainda são bastante limitados devido à existência de poucos estudos relacionados a este aspecto biológico da formiga.

A maioria dos trabalhos sobre dieta desta formiga são apenas quantitativos, apontando somente os grupos taxonômicos dos recursos e são mais frequentemente realizados em domínios amazônicos. Entre esses trabalhos, sobre forrageamento do grupo em ambiente amazônico, destacam-se Fourcassié e Oliveira (2002), e no Cerrado, Cardoso (2017), Garreto (2017), Gomes (2022) e Oliveira (2022), sendo penas de natureza quantitativa. Assim, é importante salientar a relevância da investigação sobre a preferência alimentar e natureza nutricional dos recursos utilizados por *D. gigantea*. Nesse sentido, as análises que permitem conhecer a composição e o valor nutricional dos recursos tróficos utilizados por *D. gigantea* submetidos à análises bromatológicas.

A bromatologia é um importante meio de inferência do valor nutricional dos alimentos empregados na dieta de muitos organismos (Rech, 2018). Contudo, este método é comumente empregado no manejo de animais de grande porte e de interesse comercial, mas pode produzir resultados relevantes da dieta de organismos silvestres como as formigas. Embora a literatura existente já descreva como as formigas da espécie *D. gigantea* acessam recursos como restos de invertebrados em decomposição, sementes, substâncias açucaradas e pólen de plantas (Brandão; Silva; Delabie, 2009), a natureza orgânica e inorgânica destes recursos ainda precisa ser estudada.

3 HIPÓTESES

H0: A sazonalidade e diferentes fitofisionomias de Cerrado não afetam a diversidade e qualidade dos recursos tróficos utilizados por *D. gigantea* em diferentes fitofisionomias de Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão.

H1: A sazonalidade e diferentes fitofisionomias de Cerrado afetam a diversidade e qualidade dos recursos tróficos utilizados por *D. gigantea* em diferentes fitofisionomias de Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão.

4 OBJETIVOS

4.1 Geral

- Avaliar os efeitos da sazonalidade e diferentes fitofisionomias de Cerrado sobre a diversidade e qualidade dos recursos tróficos utilizados pela espécie *Dinoponera gigantea*, em diferentes fitofisionomias de Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão.

4.2 Específicos

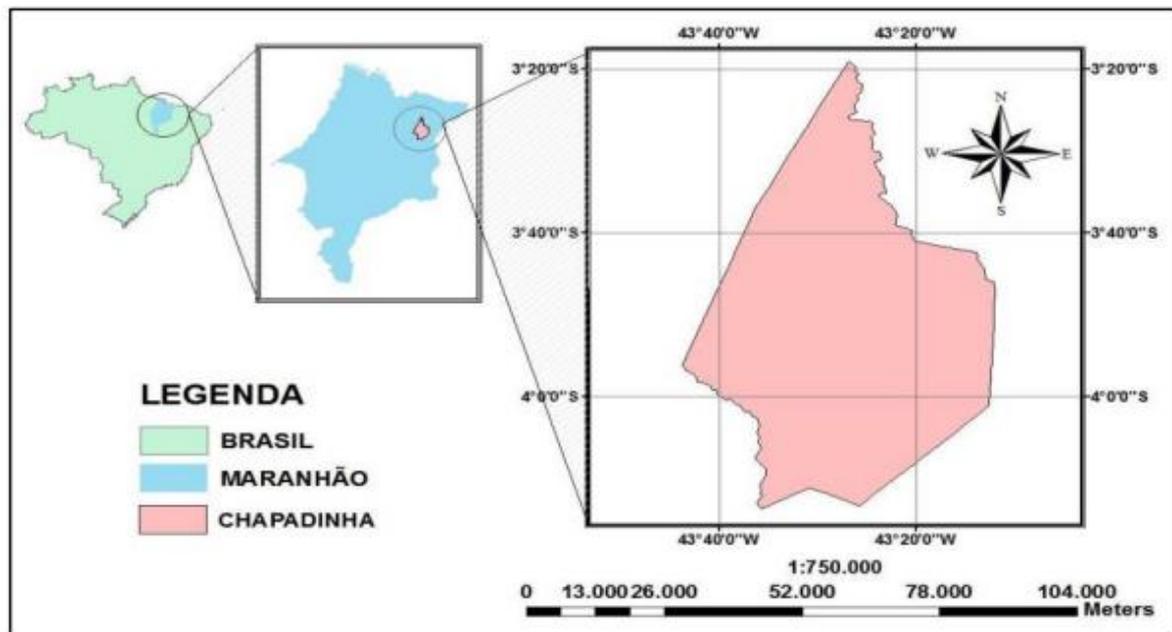
- Identificar e quantificar as principais fontes de recursos tróficos de origem animal e vegetal utilizados por *Dinoponera gigantea* em diferentes fitofisionomias e períodos sazonais do Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão;
- Estimar a diversidade dos recursos tróficos de origem animal e vegetal utilizados por *Dinoponera gigantea* em diferentes fitofisionomias e períodos sazonais de Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão;
- Avaliar os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) dos recursos tróficos de (origem animal e/ou vegetal) utilizada por *Dinoponera gigantea* em diferentes fitofisionomias e períodos sazonais de Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão;
- Avaliar a variação espacial e temporal de utilização dos recursos tróficos de origem animal e vegetal por *Dinoponera gigantea* no Cerrado do Nordeste do Estado do Maranhão em função de áreas e períodos sazonais do Cerrado.

5 METODOLOGIA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em cinco diferentes fitofisionomias presentes no Cerrado no município de Chapadinha (Latitude, 43° 21' 33" Sul, Longitude: 43° 21' 33" Oeste), Estado do Maranhão, Brasil (Figura 01). A vegetação desta região é típica de Cerrado, com a ocorrência de árvores de pequeno porte, com galhos inclinados, retorcidos e com diversas ramificações. Além dessas árvores, há a ocorrência de pequenos arbustos, com distribuição irregular no ambiente, sendo esta característica marcante de Cerrado do tipo *Stricto Sensu* (Reis, 2016).

Figura 01: Mapa do Estado do Maranhão com destaque da localização geográfica do município de Chapadinha-MA, Estado do Maranhão



Fonte: Nogueira (2015)

O clima da região onde o estudo foi conduzido é, predominantemente, tropical sazonal, com maiores níveis de chuva durante o início do ano, ocorrendo o período chuvoso nos meses de janeiro a junho e o de seca nos meses de julho a dezembro (Nogueira; Correia; Nogueira, 2012).

O estudo foi realizado em cinco fitofisionomias de Cerrado: mata mesófila, mata mesófila com cocais, mata mesófila com cocais e afluyente e cerrado denso. As coletas foram realizadas em duas estações (seca e chuvosa). Foram selecionadas cinco áreas/parcelas de 10.000 metros quadrados, uma para cada fitofisionomia amostrada. Foram selecionados e

amostrados 10 ninhos em cada fitofisionomia, cinco durante o período de estiagem e cinco durante o período chuvoso da região.

As áreas amostradas apresentam características fitofisionômicas distintas. A mata mesófila, ou floresta estacional semidecidual, destaca-se como um ecossistema biodiverso, composto por plantas de médio e grande porte que perdem suas folhas no verão, como o jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*) e o ipê (*Tabebuia spp.*) (Ribeiro; Walter, 2008; Santos *et al.*, 2017). As áreas de mata mesófila com cocais possuem formações vegetais marcadas pela predominância de palmeiras de babaçu da espécie *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng (1826) (Lima *et al.*, 2020). Quando essas matas estão associadas a cocais e afluentes, apresentam, além da presença de palmeiras de babaçu, um maior índice de umidade (Ferraz, 2014). Já o Cerrado denso constitui um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo, com cobertura variando entre 50% e 70%, composto por árvores com altura média de cinco a oito metros, sendo a forma mais densa e alta do Cerrado sentido restrito (Ribeiro; Walter, 1998).

5.2 SELEÇÃO E MARCAÇÃO DOS NINHOS AMOSTRADOS

Em cada uma das fitofisionomias, foram usadas iscas atrativas (sardinhas) para localização dos ninhos. As iscas foram distribuídas em um transecto de 300 m e as formigas que as coletaram foram monitoradas até os respectivos ninhos. Foram selecionados cinco ninhos dispostos a pelo menos 100 m de distância de um para o outro, a fim de evitar a amostragem de ninhos polissêmicos. Esses ninhos foram visualmente marcados e numerados com as seguintes denominações: (n1, n2, n3, n4, n5), repetindo-se esse processo para a segunda coleta.

Figura 02: Reconhecimento dos ninhos



Fonte: Própria da autora (2024)

Figura 03: Demarcação dos ninhos de *Dinoponera gigantea*



Fonte: Própria da autora (2024)

5.3 COLETA DO MATERIAL AMOSTRADO

A coleta dos recursos tróficos, presentes nos formigueiros estudados, foi realizada durante o período seco e chuvoso da região. A primeira amostragem ocorreu no início da estação seca, e a segunda na estação chuvosa da região, nos meses de outubro e abril respectivamente. A coleta do material foi realizada por meio da técnica de escavação, com desestruturação dos ninhos, conforme proposto por Bestelmeyer *et al.* (2000). Para a coleta das amostras (recursos tróficos de origem animal e vegetal e formigas estudadas presentes no interior das câmaras e galerias dos ninhos), foi necessário realizar a limpeza de uma área com raio de 1 metro no entorno de cada ninho amostrado. Em seguida, foi feita uma trincheira, a cerca de 30cm da entrada principal do formigueiro, a fim de reduzir o impacto da escavação dos ninhos.

Figura 04: Abertura dos ninhos



Fonte: Própria da autora (2024)

Os ninhos foram abertos lateralmente e os recursos tróficos foram retirados dos ninhos amostrados com o auxílio de uma pinça e foram previamente triados em recursos de origem animal e vegetal ainda em campo. Em seguida, as amostras foram preparadas para o transporte do campo ao laboratório, os recursos de origem animal foram colocados em potes sem adição de álcool, conservados no gelo, e etiquetados com dados da origem do recurso, número do ninho coletado e fitofisionomia que foram coletados. Os recursos de origem vegetal foram preparados sob protocolo semelhante ao utilizado para recursos de origem animal. As formigas foram inseridas em potes com álcool 70%, já previamente etiquetados, em seguida, ambos os materiais foram levados ao Laboratório Artrópodes do Solo, da Universidade Federal do Maranhão, Campus Chapadinha, repetindo-se todo esse processo para as demais áreas amostradas.

5.4 TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA DAS AMOSTRAS

Em laboratório, as amostras de origem animal foram realocadas em câmaras de incubação do tipo BOD, a temperatura de 15° C. Após o término da primeira coleta, as amostras foram quantificadas separadamente de acordo com ninho, área coletada e período sazonal, seguindo esse padrão para a segunda coleta. Logo após a contagem dos indivíduos, estes passaram por identificação ao nível de ordem. Para a identificação dos recursos de origem animal, foram utilizadas chaves dicotômicas para os grandes grupos de invertebrados propostos pelos seguintes autores: Fujihara *et al.* (2011); Brescovit; Rheims; Bonaldo (2007); Triplehorn; Johnson (2011). A identificação dos recursos vegetais (frutos e sementes) foi realizada com base em chaves dicotômicas propostas por Vidal e Vidal (2003) e Gonçalves e Lorenzi (2007) e plataformas de guias de identificação especializadas em plantas do Cerrado, como Flora Brasil (2020).

Ao término da identificação, as amostras de recursos tróficos foram postas em cooler com gelo e levadas ao Laboratório de Produtos de Origem Animal, da Universidade Federal do Maranhão, Campus Chapadinha para a realização da análise bromatológica, seguindo esse mesmo protocolo para a segunda coleta.

5.5 ANÁLISES BROMATOLÓGICAS

No laboratório de Produtos de Origem Animal, as amostras biológicas (recursos tróficos de origem animal e vegetal) foram analisadas bromatologicamente para a determinação do teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e teor mineral (MT) dos recursos tróficos de origem

animal e vegetal. A matéria seca foi obtida por meio de secagem em estufa sem ventilação forçada do ar (Método G-003/1). Para esta análise, foi utilizada uma balança de precisão devidamente certificada, com precisão de 0,0001g disposta em bancada especial de laboratório, em ambiente controlado de 20°C- 25°C graus. Para início do processo, a balança foi ligada e, em seguida, calibrada por cerca de 30 minutos.

Posteriormente, os pesa-filtros foram colocados em temperatura de 105°C por duas horas e com a tampa aberta. As amostras foram pesadas para verificação do peso úmido e, em seguida, postas nos pesa-filtros já devidamente preparados e levadas à estufa à temperatura de 105 °C por 16 horas, com a tampa dos pesa-filtros aberta de acordo com a metodologia proposta por Detmann; Souza; Valadares (2012).

Após a permanência na estufa, as amostras mais os pesa-filtros fechados foram postos novamente no dessecador, aguardado um período de estabilização com a temperatura do ambiente e, em seguida, foram pesadas. Os dados do peso úmido e seco, foi empregado a seguinte equação, a fim de estimar o teor de matéria seca: $MS (\%) = [(C-A) \times 100] / (B-A)$, na qual C representa peso da amostra seca; B peso da amostra fresca; e A peso do recipiente utilizado.

5.6 PROTEÍNA BRUTA

A proteína bruta foi determinada por meio do método de Association Official Analytical Chemist (2012) e adaptação do método Kjeldahl-micro item 4.2.11 da AOAC (2001.11), pela obtenção da quantidade total de nitrogênio. Para a realização desta análise, foram utilizadas soluções como: solução-padrão de ácido clorídrico a 0,005N, solução-padrão de ácido clorídrico a 0,02N, solução-padrão de ácido clorídrico a 0,05N, solução alcoólica de vermelho de metila (1 g/L), solução alcoólica de verde de bromocresol (1 g/L) , solução de hidróxido de sódio (400 g/L), solução de ácido bórico (20 g/L), mistura digestora (catalítica), ácido clorídrico 0,02N, ácido clorídrico 0,005N, ácido clorídrico 0,05N, estes previamente preparados seguindo as recomendações de Detmann; Souza; Valadares (2012) para análise de alimentos.

Neste processo, os tubos de digestão utilizados foram lavados e secos em estufa não ventilada. Em seguida, foram pesadas 0,2g de amostras secas ao ar e acondicionadas em tubos de digestão. Posteriormente, foram adicionadas 2 gramas da mistura digestora e 5ml de ácido sulfúrico P.A concentrado. Os tubos já preparados foram colocados no bloco digestor e aquecidos até a temperatura de 400°C, mantendo-os nesta temperatura até que as amostras ficassem translúcidas, com coloração variando entre verde e azul. O bloco digestor permaneceu

em capela com o exaustor ligado durante todo o processo. Os tubos foram retirados e deixados na capela para esfriar e, em seguida, quando a temperatura dos tubos baixou a menos de 100°C, foi adicionado aproximadamente 10ml de água destilada e homogeneizada para evitar ou minimizar a cristalização da solução.

Em seguida, foi adicionado em vidro do tipo erlenmeyer de 250ml, 10ml de solução de ácido bórico (20 g/L). O erlenmeyer foi acoplado ao conjunto de destilação, para receber toda a amônia destilada, de modo que a saída do destilador estivesse imersa na solução de ácido bórico. Em seguida, o tubo digestor foi transferido com a amostra digerida para o conjunto de destilação e adicionado 25ml de solução de hidróxido de sódio (400 g/L). Posteriormente, as amostras foram destiladas por arraste, mantendo o terminal do condensador mergulhado na solução receptora até que toda a amônia fosse liberada. O volume total do destilado foi de cerca de 100ml. O volume final de destilação foi constante entre as alíquotas. O erlenmeyer foi retirado e titulado com a solução de ácido clorídrico até quando ocorreu a mudança de cor do indicador: verde para rosa-claro. A solução de ácido clorídrico utilizada consistiu em: (0,005; 0,02 ou 0,05N), escolhida ponderando-se os aspectos de sensibilidade analítica e de praticidade dos procedimentos. Soluções mais diluídas de ácido clorídrico podem ser usadas em materiais com baixo teor de N. Os valores obtidos, após esse processo, foram quantificados de acordo com a tabela de alíquota desta análise e utilizados na fórmula para estimar a proteína bruta. Para o cálculo de proteína, foi utilizada a seguinte fórmula $\%NASA = (V-B) \times N_e \times f \times 14 \times 100$ $\%NASA = \frac{ASA}{(V-B) \times N \times 14 \times 100} \times ASA$, onde %NASA = percentual de nitrogênio com base na amostra seca ao ar; V = volume da solução de ácido clorídrico utilizado na titulação (ml); B = volume de ácido clorídrico utilizado na titulação do "branco" (ml); Ne = normalidade esperada da solução de ácido clorídrico; f = fator de correção da normalidade do ácido clorídrico; Nv = normalidade verdadeira do ácido clorídrico; ASA = massa de amostra seca ao ar (mg).

5.7 MATÉRIA MINERAL

Para aferição da matéria mineral dos recursos tróficos, as amostras foram submetidas ao método de queima em mufla (Método M-001/2). Para a aplicação deste método, os cadinhos de porcelana foram lavados e secos em estufa a 105°C por 16 horas. Em seguida, os cadinhos foram colocados no dessecador, devidamente preparado (máximo de 20 unidades por procedimento) para a realização do resfriamento. Após estabilização com a temperatura ambiente, os cadinhos foram pesados. Logo em seguida, foram adicionados 2 gramas de

amostra seca ao ar, moída em peneira de porosidade de 1mm. Posteriormente, os cadinhos foram acondicionados na mufla. A mufla foi ligada e após 1 hora atingiu a temperatura de 550°C, considerada a temperatura de ignição, após atingir essa temperatura, as amostras permaneceram na mufla.

Em seguida, deu-se continuidade ao processo de queima por 3 horas à temperatura de 550°C. Após esse período, a mufla foi desligada para resfriamento, até atingir a temperatura de 150°C a 200°C. Os cadinhos foram retirados e colocados no estabilizador e, posteriormente, pesados. O teor de matéria mineral foi obtido pela fórmula $MM = (CAD+MM) - CAAD$, onde: MM representa a massa de matéria mineral (g); CAD = peso do cadinho MM (g); M MASSA = percentual de matéria mineral com base na amostra; ASA = massa de amostra seca ao ar (g); 6MM = percentual de matéria mineral com base na matéria seca; ASE = percentual de amostra seca em estufa.

5.8 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos, pelo teste de Shapiro-Wilk, e homogeneidade de variâncias, pelo teste de Levene. Em seguida, a análise de variância (anova) foi realizada nas variáveis que passaram nesses testes de verificação de pressupostos normalidade. Para comparar as médias das variáveis dependentes influenciadas significativamente pela fitofisionomia foi aplicado o teste LSD, e para o contraste entre os períodos (chuvoso vs seco) foi usado o teste de F. As variáveis que não passaram na verificação da normalidade (abundância total, índice de Shannon e riqueza de recursos tróficos de origem vegetal) foram submetidas ao teste de Kruskal-Wallis seguido do teste de Conover-Inman; e o teste de Wilcoxon (Mann-Whitney) para verificar o efeito da fitofisionomia o efeito do período (chuvoso vs seco) respectivamente. Todas as análises e gráficos de representação dos resultados foram feitas com auxílio do software livre R versão 4.2.3.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

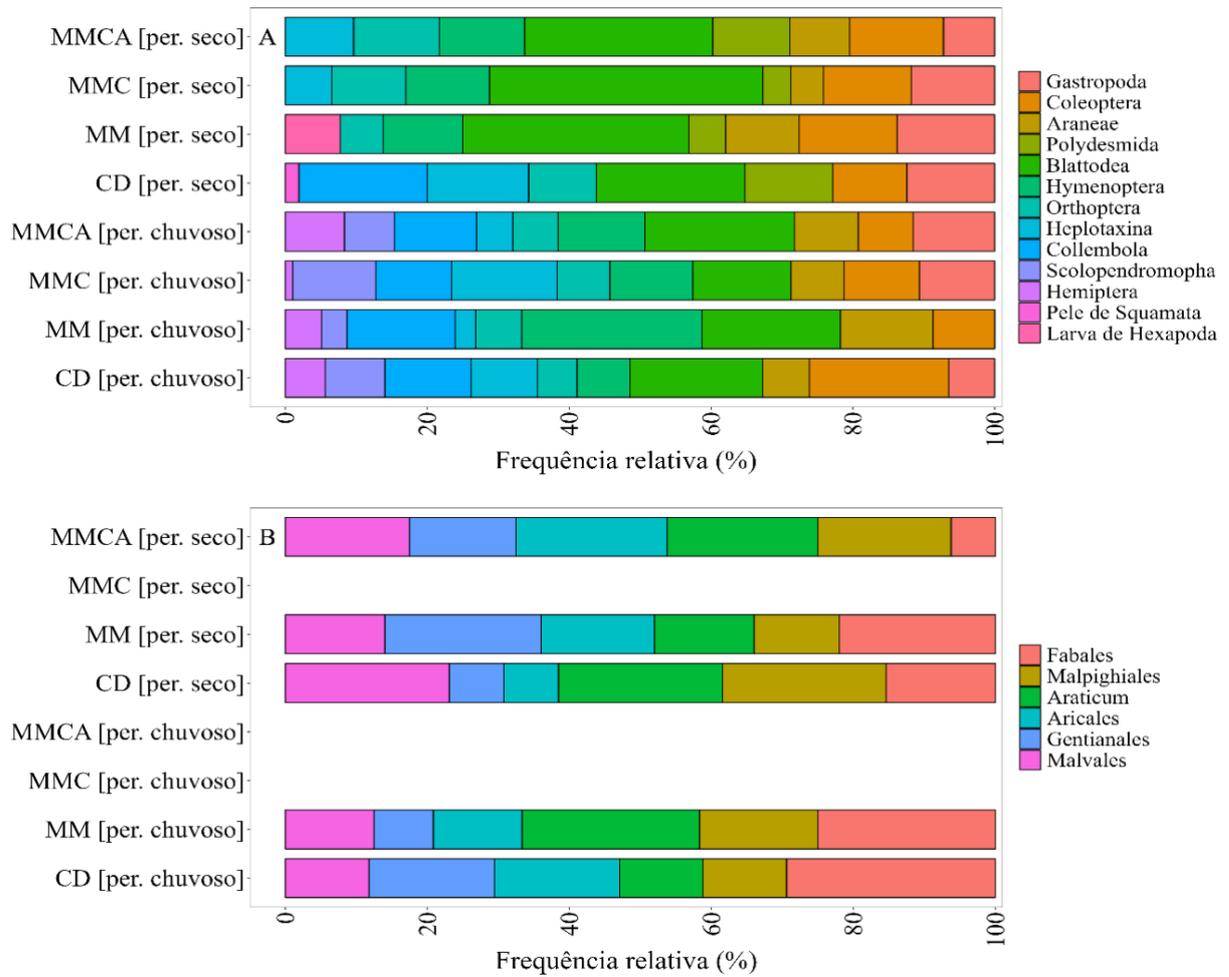
6.1 EFEITOS DA SAZONALIDADE E DAS DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS SOBRE A DINÂMICA DE USO DE RECURSOS TRÓFICOS.

Os dados obtidos indicam que a sazonalidade e as diferentes fitofisionomias do Cerrado afetam a diversidade, abundância e qualidade proteica dos recursos tróficos disponíveis e utilizados pela formiga das espécies *D. gigantea*, no Cerrado. Esse estudo evidenciou a abundância de alimentos coletados e utilizados por *D. gigantea* como recursos tróficos nas diferentes fitofisionomias e períodos sazonais do Cerrado. No período seco, foram contabilizados 978 itens alimentares de origem animal e 143 itens de origem vegetal. Já no período chuvoso, foram contabilizados 955 itens de origem animal e 84 itens de origem vegetal (Figura 5).

As variações sazonais, e a ocorrências de diferentes fitofisionomias no Cerrado, alteram significativamente o modo de vida das espécies, influenciando na composição e distribuição dos recursos naturais utilizados por elas como fonte de nutrição. Esse conjunto de fatores favorece abundância de espécies, sobretudo do grupo de insetos, os quais têm seus hábitos comportamentais e seu ciclo de vida fortemente atrelado às condições ambientais. A associação desses fatores (sazonalidade e cobertura vegetal) proporcionam a heterogeneidade ambiental, possibilitando com que os ecossistemas mantenham condições propícias para a manutenção da biodiversidade de muitos grupos (Ribeiro; Walter, 2008).

A sazonalidade e a cobertura vegetal influenciam aspectos da dieta de muitos grupos, inclusive das formigas, afetando tanto a disponibilidade quanto à qualidade em ecossistemas naturais. Durante a estação chuvosa, há tendências de aumento da diversidade de recursos tróficos, com maior disponibilidade de itens alimentares, como nectários florais, sementes, frutos e outros invertebrados, o que pode levar as formigas, de modo geral, a diversificarem sua dieta nutricional (Hölldobler; Wilson, 1990). Em contrapartida, durante o período de estiagem, a redução da oferta de recursos alimentares pode condicionar uma dieta mais restrita ao grupo e a necessidade da adoção de estratégias de forrageamento mais intensas para maximizar a coleta de recursos tróficos (Majer, 1983).

Figura 05: Frequência relativa da diversidade de recursos tróficos de origem animal (A) e vegetal (B) utilizados pela espécie *Dinoponera gigantea* em diferentes fitofisionomias de Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão.



Diversidade relativa de recursos tróficos de origem animal (A) e vegetal (B) utilizados pela espécie *Dinoponera gigantea* em áreas de Cerrado do Nordeste do Estado do Maranhão. MM=mata mesófila; MMC= mata mesófila com cocais; MMCA= mata mesófila com cocais e afluentes e CD = Cerrado denso.

6. 2 DIVERSIDADE DE RECURSOS TRÓFICOS DE ORIGEM ANIMAL E VEGETAL

Dentre os 978 itens caracterizados como recursos tróficos de origem animal, coletados pela *D. gigantea* nas diferentes fitofisionomias, os grupos Coleoptera, Gastropoda e Orthoptera foram os mais frequentes no período chuvoso (Figura 5). Em relação aos itens de origem vegetal, foram registrados 143, com predominância das ordens Fabales e Gentianales, mais abundantes nas fitofisionomias de mata mesófila, cerrado denso e mata mesófila com cocais, respectivamente. No período seco, foram contabilizados 955 itens alimentares de origem animal, com destaque para os grupos Coleoptera, Blattaria e Hemíptera. Foram também registrados 84 itens vegetais, predominante das ordens Fabales, Aricales e Malpighiales, com maior abundância nas fitofisionomias de mata mesófila, mata mesófila com cocais e afluentes, e cerrado denso, respectivamente (Figura 5).

6.3 EFEITOS DA SAZONALIDADE E DAS DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS SOBRE A PREFERÊNCIA ALIMENTAR DA ESPÉCIE *DINOPONERA GIGANTEA*

Os dados evidenciaram a preferência de *D. gigantea* por recursos tróficos de origem animal, independentemente da sazonalidade. Foram registrados 978 e 955 itens de origem animal utilizados como recursos tróficos no período seco e chuvoso respectivamente, indicando que *D. gigantea* adota a estratégia de priorizar de alimentos de origem animal, utilizando-os como base alimentar em diferentes fitofisionomias e períodos sazonais do Cerrado (Figura 5). O presente estudo mostrou a adesão de adaptação comportamental quanto ao modo de alimentação de *Dinoponera gigantea*, em decorrência da sazonalidade e das fitofisionomias do Cerrado. Em áreas com maior densidade de cobertura vegetal, como mata mesófila com cocais e cerrado denso, houve uma maior exploração de recursos tróficos de origem animal durante o período chuvoso da região por parte da formiga. Os formicídeos da espécie *Dinoponera gigantea* possuem dieta nutricional condicionada tanto pelos diferentes períodos sazonais como pelas diferentes fitofisionomias.

Durante o período chuvoso, a disponibilidade de recursos tróficos de origens vegetal e animal tende a aumentar, o que pode resultar em uma maior disponibilidade de itens alimentares, contribuindo, assim, para uma diversificação quanto à dieta nutricional do grupo. Já no período seco, a redução de recursos tróficos, tanto de origem animal quanto vegetal, pode levar a uma dieta mais restrita (Santos; Alves; Pereira, 2020). Além disso, a composição da vegetação também afeta a abundância e a diversidade de presas, refletindo na dieta do grupo. Assim, as variações sazonais e a fitofisionomia do bioma Cerrado desempenham papéis cruciais na ecologia alimentar dessa espécie.

Os fitofisionomias cerrado densos, mata mesófila, mata mesófila com cocais e afluentes apresentaram maior diversidade de recursos tróficos de origem animal, enquanto a área de mata mesófila com cocais apresentou menor diversidade durante o período chuvoso da região. Já para o período seco, destacaram-se as fitofisionomias cerrado denso, mata mesófila e mata mesófila com cocais, com maior diversidade de recursos tróficos de origem animal, já a fitofisionomia de mata mesófila com cocais e afluentes apresentou menor diversidade entre os diferentes períodos sazonais (Figura 5).

Durante o período chuvoso, a fitofisionomia do tipo cerrado denso apresentou a média de abundância de recursos tróficos de 21,4, com um desvio padrão de 15,66, indicando uma grande dispersão dos dados. O erro padrão da média foi de 6,98, sugerindo uma precisão moderada na estimativa da média. Na fitofisionomia do tipo mata mesófila com cocais, a média

foi mais elevada, 31,2, com um desvio padrão menor (8,71) e um erro padrão de 3,9, revelando uma variação mais concentrada e uma estimativa mais precisa. Esses dados sugerem que a fitofisionomia do tipo mata mesófila com cocais possui uma diversidade de recursos tróficos de origem animal constante e, potencialmente, menos afetada pelas variações do período chuvoso (Tabela 01).

No período seco, observou-se um aumento na média de diversidade na fitofisionomia do tipo cerrado denso, que foi de 23,2. Já para a mata mesófila com cocais, a média foi menor (30), em comparação ao período chuvoso. Os dados mostraram maior abundância de recursos tróficos de origem vegetal nas diferentes fitofisionomias e períodos sazonais do Cerrado. As fitofisionomias do tipo cerrado denso e mata mesófila, apresentaram maior abundância de recursos tróficos de origem vegetal encontrados no interior dos ninhos da formiga estudada. Já as fitofisionomias de mata mesófila (MM), mata mesófila com cocais (MMC) e cocais com afluentes (MMCA), apresentaram menor abundância de recursos tróficos de origem vegetal durante o período chuvoso (Figura 5).

Durante o período chuvoso, na fitofisionomia do tipo cerrado denso, a média de diversidade de recursos tróficos de origem vegetal foi de 6,8. Em fitofisionomia do tipo mata mesófila, a média foi de 4,8 e na fitofisionomia do tipo mata mesófila com cocais, a média foi de 8,1. No período seco, observou-se uma redução significativa na abundância de recursos tróficos de origem vegetal e suspensão da utilização destes pela espécie *D. gigantea* em fitofisionomias, como mata mesófila com cocais (Tabela 01). Para o período seco, a fitofisionomia do tipo cerrado denso apresentou média de 20,1, a do tipo mata mesófila, média de 10, e a do tipo mata mesófila com cocais, média de 14,3 (Tabela 01).

Tabela 01: Média±erro padrão da média da diversidade de recursos tróficos de origem animal (indivíduos/ninho) utilizados pela espécie *Dinoponera gigantea* em diferentes fitofisionomias e períodos sazonais do Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão.

| Fitofisionomia | Período chuvoso | Período seco |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|
| Cerrado denso | 21,4±7,0 a | 9 a21,0± |
| Mata mesófila | 27,6±3,0 | ,4 23,2±3 |
| Mata mesófilo com cocais | 18,8±3,9 | ,4 30,6±6 |
| Mata mesófila com cocais e afluentes | 31,2±2,7 a | 10,4 b16,6± |

Foram verificadas variações na frequência relativa dos recursos tróficos de origem animal nos diferentes períodos e fitofisionomias de Cerrado. Na estação chuvosa, houve maior diversidade de recursos tróficos nas áreas de mata mesófila e mata mesófila com cocais e afluentes, tendo as fitofisionomias de cerrado denso e mata mesófila com cocais com menor diversidade durante o período chuvoso da região. No período seco, as fitofisionomias de mata mesófila e mata mesófila com cocais apresentam maior diversidade e as fitofisionomias de cerrado denso e mata mesófila com cocais e afluentes são menos diversas em comparação ao período chuvoso da região. (Figura 5).

Na figura 5, verificou-se também a frequência relativa de recursos tróficos de origem animal e vegetal. Nas fitofisionomias mata mesófila com cocais e afluentes e mata mesófila, ocorreu diferença entre os períodos sazonais. Embora não haja flutuações na frequência relativa nas fitofisionomias de cerrado denso, mata mesófila e mata mesófila com cocais entre os períodos chuvoso e seco, a fitofisionomia mata mesófila com cocais diferiu dos demais tratamentos (Figura 5).

Os dados deste estudo evidenciaram que, fitofisionomias como mata mesófila com cocais e cerrado denso apresentaram maior abundância de grupos que compõem a dieta da formiga estudada, dado a diversidade de recursos tróficos, tanto de origem animal quanto vegetal serem mais elevados, se comparado ao período seco. A utilização em maior escala de recursos tróficos de origem animal, como Coleoptera, Gastropoda e Orthoptera, pelo grupo estudado em áreas de Cerrado, está alinhada com outros estudos sobre a ecologia alimentar dos formicídeos. Por exemplo, Souza e Pereira (2023), ao investigarem a dieta do grupo no bioma Cerrado, também observaram a utilização desses organismos como fonte de recursos tróficos mais utilizados por essas formigas.

O maior consumo de recursos tróficos de origem animal por esse grupo de formicídeos em fitofisionomias como a mata mesófila com cocais e o cerrado denso pode ser atribuído à abundância desses recursos nessas áreas. Esses ambientes proporcionam condições abióticas favoráveis ao desenvolvimento e à permanência da fauna de muitos grupos de invertebrados do solo, os quais compõe a dieta da espécie *D. gigantea*. Entre os fatores bióticos que mais se mostraram favoráveis à abundância de recursos tróficos, sobretudo os de origem animal utilizados pela espécie *D. gigantea*, pode-se citar a cobertura vegetal e os níveis de precipitação do bioma estudado, possibilitando que as fitofisionomias do bioma sejam mais diversas durante o período chuvoso (Costa; Pereira, 2023).

A diversificação dessas fitofisionomias possibilita a proliferação de muitos grupos de invertebrados do solo. A maior abundância desses grupos estar relacionada a fatores como a

maior concentração de recursos, como fontes de alimento e água, além de condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do ciclo de vida de muitos artrópodes do solo. Entre essas condições ambientais, destaca-se o conforto térmico proporcionado pelo elevado índice de sombreamento, característico das fitofisionomias com vegetação mais densa, típicas do bioma Cerrado (Souza; Pereira, 2023). Além disso, alguns trabalhos corroboram a hipótese de que o período chuvoso ocasiona um aumento exponencial de muitos grupos de insetos, atuando diretamente na diversidade do grupo (Santos; Alves; Pereira, 2020). Outros trabalhos, como de Miranda, Ribeiro e Silva (2017); Santos; Alves; Pereira (2020); e Souza; Barros; Lima (2021) apontam que, fitofisionomias mais conservadas, com maior cobertura vegetal, desempenham um papel de refúgio ecológico no Cerrado, as quais são cruciais para a manutenção da biodiversidade e diversificação de muitos grupos de insetos, como Coleoptera, Gastropoda e Orthoptera.

A figura 3 C mostra que a diversidade de recursos tróficos de origem vegetal foi maior na fitofisionomia do tipo mata mesófila com cocais e afluentes, seguida pela mata mesófila. As fitofisionomias do tipo cerrado denso e mata mesófila com cocais apresentaram uma diversidade significativamente menor, comparadas às anteriores (Figura 03).

Além de recursos tróficos de origem animal, observou-se que essas formigas também usam recursos tróficos de origem vegetal, porém em menor quantidade. Entre os recursos de origem vegetal, houve a predominância de sementes e frutos pertencentes, em maior frequência, a grupos como Fabales, Malpighiales e Araticum. O consumo de recursos tróficos vegetais, pertencentes a esses grupos, encontra-se em concordância a outros trabalhos sobre a ecologia alimentar do grupo, no bioma Cerrado, como os de Silva e Oliveira (2023) e Souza e Pereira (2023), que também identificaram o consumo desse tipo de recurso pelo grupo estudado. Contudo, os recursos de origem vegetal foram utilizados com menor frequência pela formiga, sobretudo durante o período de chuva da região.

A diminuição da utilização desses recursos pode estar atrelada a diversos fatores, como a maior disponibilidade de recursos de origem animal, sobretudo de insetos, o que pode estimular essas formigas a priorizarem a captura de presas em vez de coletar material vegetal (Silva; Oliveira, 2023), uma vez que os dados deste estudo também mostram que os recursos de origem animal apresentam uma maior qualidade nutricional se comparados a recursos de origem vegetal, sobretudo no período chuvoso. Além disso, condições ambientais, como o solo saturado e a presença de vegetação mais espessa, características do bioma Cerrado, durante o período chuvoso, podem reduzir a eficiência do forrageamento do grupo, reduzindo sua capacidade de encontrar e coletar sementes ou outros materiais vegetais.

Durante o período chuvoso, há a intensificação da ocorrência de outros grupos, o que pode aumentar os índices de competição com outras espécies por recursos alimentares durante a estação chuvosa, o que pode levar a espécie *Dinoponera gigantea* a concentrar esforços na exploração dos recursos mais abundantes e acessíveis nesse bioma (Silva; Oliveira, 2023). As variações, quanto aos índices de diversidade dos recursos tróficos, observadas nas diferentes fitofisionomias estudadas, podem estar relacionadas à composição estrutural dessas fitofisionomias, que influencia diretamente os microclimas e a distribuição dos recursos.

Algumas fitofisionomias do bioma Cerrado, como o cerrado denso, tendem a manter condições favoráveis de umidade durante a estação seca, o que pode favorecer a presença de determinados grupos de animais bem como a frutificação de alguns tipos de plantas, sobretudo as mais sensíveis a variações ambientais extremas, como as drásticas reduções de umidade que ocorrem no Cerrado. Em comparação, a fitofisionomia de mata mesófila é mais influenciada pelas condições sazonais, apresentando, mesmo durante o período seco, algumas áreas relativamente mais úmidas (Silva; Oliveira, 2023). Essa diferenciação estrutural, decorrente das diferentes fitofisionomias estudadas pode estar atrelada a esse padrão irregular quanto a distribuição dos recursos, explicando as variações na abundância de recursos tróficos de origem animal e vegetal, nos períodos chuvoso e seco do bioma Cerrado (Oliveira et al. 2019). Os dados desse estudo, a despeito da abundância total de recursos tróficos de origem vegetal, sugerem que a fitofisionomia mata mesófila com cocais apresenta maior diversidade desses recursos. A diversificação desses recursos, nesse ambiente, tanto durante a estação de estiagem quanto chuvosa, dá-se, possivelmente, à ocorrência de plantas mais adaptadas a diferentes regimes hídricos (Silva; Oliveira, 2023).

De acordo com Costa e Lima (2020), a presença de espécies típicas de áreas alagadas e secas, em fitofisionomias do tipo mata mesófila com cocais, torna essa fitofisionomia resistente às variações climáticas, permitindo uma maior produtividade vegetal ao longo de todo o ano. Dessa forma, o estudo evidencia como a heterogeneidade ecológica do bioma Cerrado contribui para a variabilidade nos padrões de abundância de recursos tróficos de origem vegetal e animal. A abundância de recursos tróficos nas diferentes fitofisionomias durante o período seco pode estar relacionada à maior heterogeneidade estrutural dessas fitofisionomias. Como afirmam Durigan e Ratter (2006), a diversidade estrutural do ambiente proporciona uma variedade maior de recursos tróficos, além de criar micro-habitat mais desenvolvidos para as plantas que produzem sementes e frutos utilizados por esse grupo de formigas como fonte de alimento. Além disso, a presença de afluentes nas fitofisionomias de MMCA, também pode contribuir para uma maior umidade no solo, promovendo o desenvolvimento de uma vegetação mais densa

e diversa (Ribeiro; Walter, 1998). Esse resultado contraria a expectativa deste estudo, o qual levantou a hipótese de que o período chuvoso oferecesse mais recursos vegetais, contudo seus achados podem ser explicados pela dinâmica das plantas do bioma Cerrado.

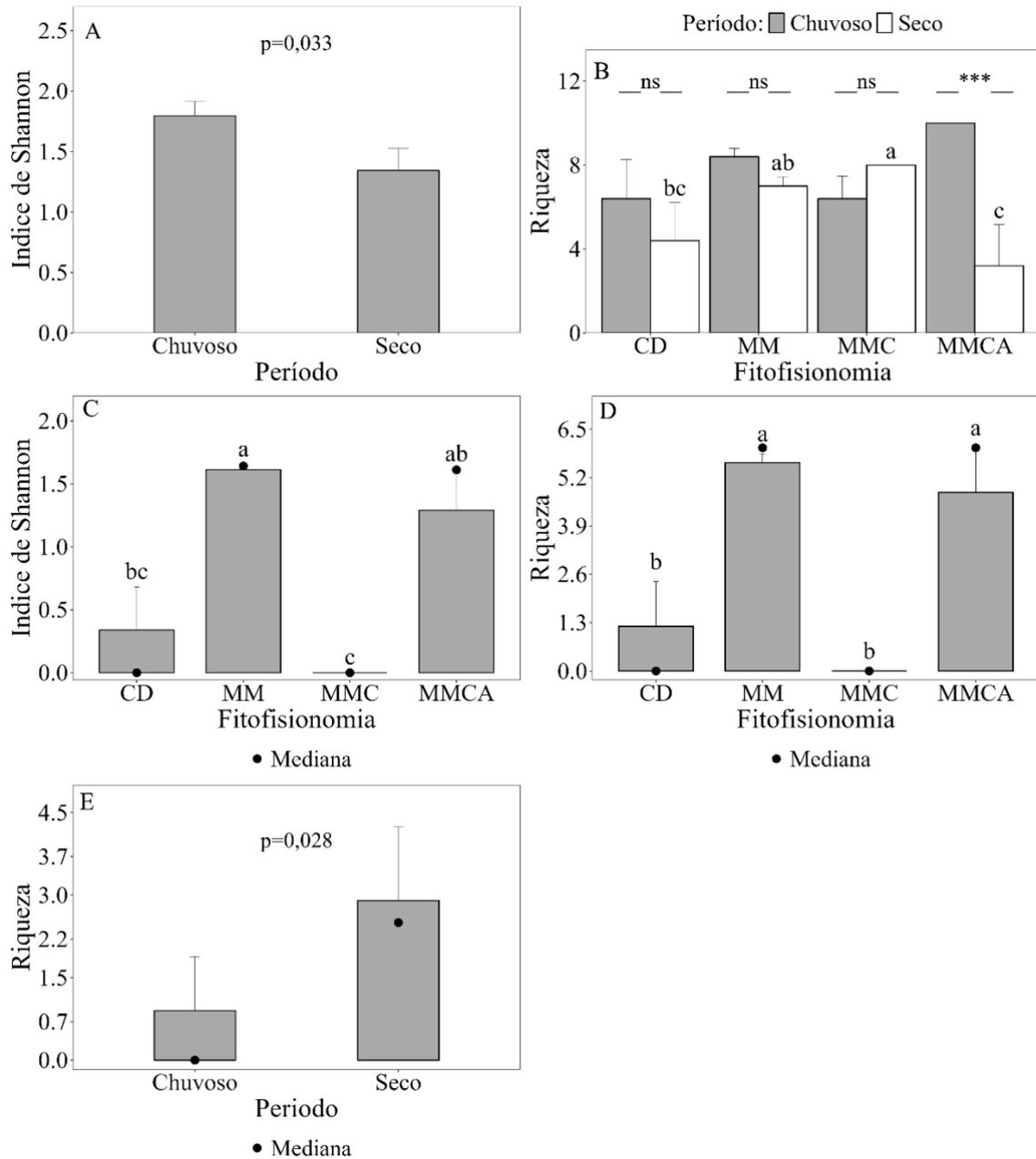
Morellato et al. (2007) discutem que, muitas espécies de plantas, desse bioma, resultam da produção de folhas e frutos durante o período chuvoso, concentrando sua atividade reprodutiva e de crescimento no período seco, quando a competição por luz e água é menor. Assim, a variação na disponibilidade de recursos tróficos pode estar diretamente relacionada ao comportamento fenológico das plantas que compõem essas fitofisionomias. As variações quanto à coleta e armazenamento de itens alimentares, de origem vegetal, por parte da formiga estudada, entre os períodos secos e chuvosos, reforçam a plasticidade ecológica de *D. gigantea*, que consegue explorar eficientemente os recursos disponíveis em diferentes épocas do ano. Hölldobler e Wilson (1990) já destacaram a capacidade adaptativa de formigas do gênero *Dinoponera*, a qual permite que essas espécies ocorram em uma ampla variedade de habitats.

A maior riqueza de recursos vegetais, observada durante o período seco, contrasta com a maior abundância durante o período chuvoso. Essa aparente contradição pode ser explicada pela maior disponibilidade de luz solar e menor umidade relativa do ar durante a estação seca, o que pode favorecer o crescimento de determinadas espécies vegetais. Esses dados corroboram com outros estudos a despeito da riqueza de plantas do bioma Cerrado, como o de Oliveira et al., (2019), que descreveram uma maior riqueza de espécies vegetais em áreas mais secas, presentes nesse bioma.

Costa e Rodrigues (2016) salientam que, a heterogeneidade das fitofisionomias do Cerrado e a alternância entre os períodos chuvoso e seco desempenham papel crucial na sustentabilidade desse bioma, favorecendo tanto a diversidade quanto a resiliência das espécies. Nesse contexto, a variação sazonal pode ter impactos significativos sobre a ecologia alimentar do grupo das Poneromorfos, como evidenciam os dados deste estudo, os quais são corroborados por outras pesquisas, como as de Fagundes, Alves e Garcia (2009). Estes autores sugerem que as formigas analisadas são indiretamente influenciadas pelo clima, especialmente pela redução na disponibilidade de suas presas, o que as leva a explorar outros nichos alimentares, como os recursos de origem vegetal. Embora esses recursos sejam menos energéticos, podem servir como uma alternativa na ausência de recursos mais energéticos, como os de origem animal. A adaptabilidade observada no grupo das formigas estudadas, em fitofisionomias de Cerrado, é um exemplo de como as espécies podem evoluir para maximizar suas chances de sobrevivência em ambientes com variações climáticas. Almeida, Ferreira e Oliveira (2022), confirmam que a adaptação ao ambiente, adquirida pelas formigas, é uma resposta crucial às mudanças sazonais,

permitindo que estas mantenham uma alta diversidade e funcionalidade em ecossistemas naturais, mesmo quando estes apresentam variações sazonais marcantes. As adaptações quanto ao modo de nutrição do grupo permitem às formigas lidarem com as variações ambientais, mas também possibilitam que estas adotem a seleção de alimentos com melhor qualidade nutricional, quando estes estão disponíveis nos ambientes.

Figura 06: Diversidade dos recursos tróficos de origem animal em diferentes fitofisionomias de Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão, durante os períodos chuvoso e seco (A; B), e de recursos tróficos de origem vegetal em diferentes fitofisionomias de Cerrado do Nordeste do Estado do Maranhão, durante o período seco (C; D) e em função do período independentemente da fitofisionomia.



Diversidade de recursos tróficos de origem animal (A; B) e de recursos tróficos de origem vegetal no período seco (C;D;E). Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste LSD (gráfico B) ou pelo teste de Conover-Inman (gráficos C; D) ao nível de 5% de probabilidade. ns= indica efeito não significativo, e os códigos '***' ($p < 0,001$) e '**' ($P < 0,01$), indicam diferença significativa no contraste entre os períodos (chuvoso vs seco) pelo teste de F (gráfico B) ($P < 0,05$). As barras de erro representam o erro padrão da média. CD=cerrado denso; MM=mata mesófila; MMC= MM com cocais; MMCA= MM com cocais e afluentes.

Os dados não apresentaram variações quanto aos recursos tróficos de origem animal no que tange a riqueza de recursos deste tipo ($p = 0,033$), em função do período. Para os recursos tróficos de origem vegetal, houve uma variação significativa na abundância total entre os períodos analisados ($W = 138$, $p = 0,046$), com maior riqueza observada no período seco ($W = 133$, $p = 0,028$). A fitofisionomia também influenciou significativamente tanto a abundância

total de recursos tróficos vegetais ($\chi^2 = 7,18$, $p = 0,009$), quanto à diversidade desses recursos ($\chi^2 = 7,31$, $p = 0,023$), essas variações foram observadas tanto no período chuvoso quanto no período seco (Tabela 01).

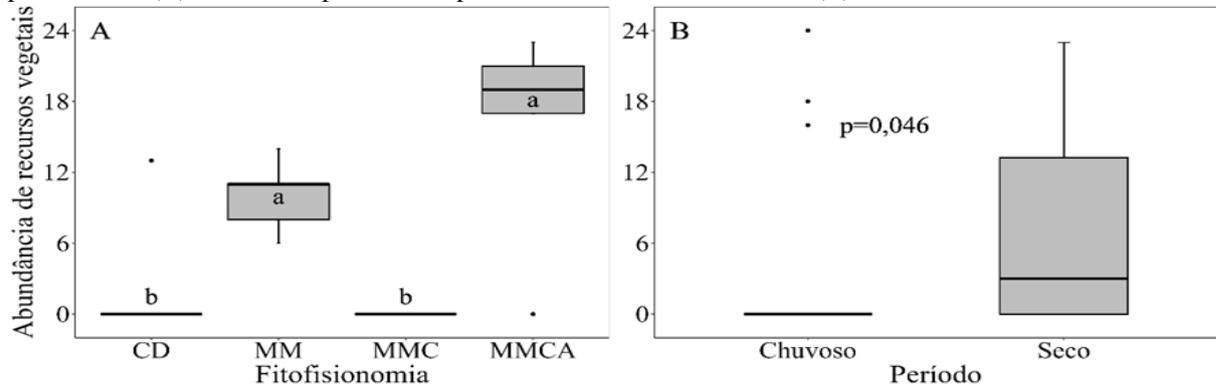
Tabela 02: Análise de variância (ANOVA) e estatística dos testes de testes de Wilcoxon (Mann-Whitney) e Kruskal-Wallis aplicados na análise de dados da avaliação de recursos tróficos utilizados pela espécie *Dinoponera gigantea*, em fitofisionomias e períodos sazonais do Cerrado do Nordeste do Estado do Maranhão.

| ANOVA | Fatores | | | | | | CV (%) | |
|--|----------------------|-------|------------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| | Período | | Fitofisionomias | | Período x Fitofis. | | | |
| Variáveis | F | P | F | P | F | P | | |
| Abundância total de recursos animais | 0,181 | 0,673 | 0,17 | 0,916 | 0,50 | 0,234 | 59.3 | |
| População de formigas | 1,280 | 0,266 | 1,49 | 0,236 | 6,71 | 0,001 | 12 | |
| Índice de Shannon de recursos animais | 4,981 | 0,033 | 1,492 | 0,235 | 2,511 | 0,076 | 41 | |
| Riqueza de recursos animais | 6,072 | 0,019 | 1,290 | 0,294 | 3,970 | 0,016 | 41 | |
| Testes de Wilcoxon ¹ e Kruskal-Wallis ² | Fatores | | | | | | | |
| | Período ¹ | | Fitofisionomias ² | | *Fito.: p. chuv. ² | | **Fito.: p. seco ² | |
| Variáveis | W | P | χ^2 | P | χ^2 | P | χ^2 | P |
| Abundância total de recursos vegetais | 138,00 | 0,046 | 7,18 | 0,663 | 3,80 | 0,284 | 11,60 | 0,009 |
| Índice de Shannon de recursos vegetais | 143,00 | 0,066 | 7,31 | 0,062 | 4,07 | 0,254 | 9,52 | 0,023 |
| Riqueza de recursos de vegetais | 133,00 | 0,028 | 7,51 | 0,06 | 4,10 | 0,251 | 11,13 | 0,011 |

F () = valor de F calculado e graus de liberdade; W () = Estatística do teste de Wilcoxon (Mann-Whitney) e graus de liberdade; χ^2 () = valor de qui-quadrado do teste de Kruskal-Wallis e graus de liberdade; * = Efeito das fitofisionomias nas variáveis dependentes no período chuvoso; ** = Efeito das fitofisionomias nas variáveis dependentes no período seco.

A figura 7 A mostra que a fitofisionomia de mata mesófila com cocais e afluentes apresentou a maior abundância de recursos vegetais, seguida pela mata mesófila. Nas fitofisionomias de cerrado denso e mata mesófila com cocais, a abundância foi significativamente menor, e foram mais abundantes em fitofisionomias do tipo mata mesófila com cocais e afluentes e mata mesófila. A Figura 7 B, evidencia que a abundância de recursos vegetais foi significativamente maior no período seco, com valor de $p = 0,046$ no teste de Wilcoxon. Durante o período chuvoso, a abundância de recursos tróficos de origem vegetal foi bastante reduzida, com valores próximos de zero (Figura 07).

Figura 07: Efeito da fitofisionomia na diversidade total de recursos tróficos de origem vegetal utilizados pela espécie *Dinoponera gigantea* em diferentes fitofisionomias de cerrado do nordeste do Estado do Maranhão no período seco (A); e efeito do período independentemente da fitofisionomia (B).



Médias seguidas por letras iguais, não diferem significativamente pelo teste de Conover-Inman ($P < 0,05$). No contraste entre os períodos (gráfico B), foi usado o teste de Wilcoxon (Mann-Whitney) ($P < 0,05$). As barras de erro representam o erro padrão da média. CD=cerrado denso; MM = mata mesófila; MMC= MM com cocais; MMCA = MM com cocais e afluentes.

6.4 QUALIDADE NUTRICIONAL DOS RECURSOS TRÓFICOS EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE E DAS DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

Os dados da análise bromatológica dos recursos tróficos, utilizados pela espécie *D. gigantea*, mostraram diferenças significativas entre os teores de matéria mineral nos recursos tróficos de origem animal e vegetal, em função dos diferentes períodos sazonais e fitofisionomias. A média de matéria mineral foi maior durante o período seco, destacando-se a fitofisionomia do tipo (mata mesófila, a qual apresentou um valor de 40,58%, seguida pela fitofisionomia mata mesófila com cocais, com 38,48%. No período chuvoso, os teores de matéria mineral foram inferiores, com valores variando de 0,35% no cerrado denso até 31,37% em fitofisionomia do tipo mata mesófila com cocais (Tabela 03). O teste estatístico revelou que 33 o p-valor para MM foi de 0,90, indicando uma diferença significativa em termos absolutos entre os períodos e as fitofisionomias analisadas.

Os recursos de origem vegetal apresentaram variações quanto aos teores de matéria mineral entre os períodos sazonais e fitofisionomias. Durante o período chuvoso, os recursos tróficos de origem vegetal, coletados em fitofisionomia do tipo mata mesófila, apresentaram 33,52% de percentual de Matéria mineral. No período seco, o teor de matéria mineral dos recursos tróficos de origem vegetal coletados nessa fitofisionomia foi menor, 8,84% (Tabela 03). Esses resultados indicam uma maior concentração de matéria mineral nos recursos tróficos

de origem animal, no período seco e em fitofisionomias de mata mesófila, enquanto os recursos vegetais apresentam menor concentração de matéria mineral, especialmente no período seco.

A análise dos teores de proteína bruta, nos recursos tróficos de origem animal e vegetal, mostrou uma diferença entre esses distintos tipos de recursos tróficos, utilizados por esse grupo de formicídeo. Os teores de Proteína bruta, nos recursos de origem animal, foram maiores em comparação aos recursos vegetais, no período chuvoso. O maior valor registrado foi na fitofisionomia do tipo cerrado denso, durante o período chuvoso, com 46,70%, seguido por mata mesófila com 37,70%, no período seco. Durante o período seco, a variação entre as fitofisionomias foi menor, contudo, os recursos de origem animal mantiveram teores elevados de proteína bruta em comparação com os recursos vegetais (Tabela 03).

Os recursos vegetais apresentaram teores de proteína bruta reduzidos em ambos os períodos sazonais. No período chuvoso, apenas a fitofisionomia do tipo cerrado denso teve concentração de proteína bruta, com 2,33%, enquanto no período seco, a fitofisionomia do tipo mata mesófila apresentou 0,07% (Tabela 03). O maior potencial proteico foi observado nos recursos de origem animal, durante o período chuvoso, na fitofisionomia do tipo cerrado denso. O teste estatístico para proteína bruta revelou um p-valor de 0,104, indicando que não houve significância estatística entre as diferentes fitofisionomias e os períodos sazonais. Os resultados indicam que os recursos tróficos de origem animal possuem maior concentração de proteína bruta, sendo mais abundantes no período chuvoso. Por outro lado, os recursos vegetais apresentam teores menores de proteína bruta em ambos os períodos, destacando-se a fitofisionomia de mata mesófila no período seco, que apresentou o menor valor de concentração de proteína bruta.

Tabela 03: Médias dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) dos recursos tróficos utilizados pela espécie *Dinoponera gigantea*, em diferentes fitofisionomias de Cerrado no Nordeste do Estado do Maranhão.

| Qualidade de recursos tróficos de origem animal | | | | | | |
|---|---------|-------|---------|------|---------|-------|
| Fitofisionomias/período | MS (%) | | PB (%) | | MM (%) | |
| | Chuvoso | Seco | Chuvoso | Seco | Chuvoso | Seco |
| CD | 80,30 | 7,22 | 46,70 | 0,35 | 31,11 | - |
| MM | 81,20 | 9,74 | 37,70 | 0,11 | 30,52 | 40,58 |
| MMC | 81,20 | 15,72 | 50,30 | 0,36 | 32,38 | 38,48 |

| | | | | | | |
|---|---------|-------|---------|------|---------|------|
| MMCA | 77,10 | - | 29,40 | - | 31,46 | - |
| Média | 79,95 | 10,89 | 41,03 | 0,27 | 31,37 | - |
| p-valor | 0,707 | | 0,104 | | 0,90 | |
| CV (%) | 32,9 | | 8 | | 12,40 | |
| Qualidade de recursos tróficos de origem vegetal | | | | | | |
| Fitofisionomias/período | MS (%) | | PB (%) | | MM (%) | |
| | Chuvoso | Seco | Chuvoso | Seco | Chuvoso | Seco |
| CD | 75,43 | - | 2,33 | - | 33,52 | - |
| MM | - | 79,47 | - | 0,07 | - | 8,84 |
| MMC | - | 92,37 | - | - | - | - |
| MMCA | - | - | - | - | - | - |
| Média | - | 85,92 | - | - | - | - |

Os dados bromatológicos dos recursos tróficos, coletados pela espécie *D. gigantea*, em diferentes períodos sazonais e fitofisionomias do Cerrado, revelaram informações importantes sobre a ecologia e fisiologia nutricional do grupo, permitindo com que este trabalho não só identifique esses recursos, mas os classifiquem de acordo com a qualidade nutricional. Os dados acerca dos teores de matéria mineral (MM), presentes nos recursos tróficos de origem animal e vegetal, revelaram uma variação dos seus percentuais em função dos períodos chuvoso e seco, das diferentes fitofisionomias no Cerrado.

Observou-se que, entre os recursos tróficos de origem animal, o percentual de MM foi mais elevado durante o período seco, com destaque para os recursos tróficos coletados pelas formigas em fitofisionomia de mata mesófila, a qual apresentou um percentual de 40,58%, seguida pela fitofisionomia do tipo mata mesófila com cocais, com 38,48%. Já no período 40 chuvoso, os teores de matéria mineral foram consideravelmente menores, variando de 0,35% no cerrado denso a 31,37% em mata mesófila com cocais. A redução do percentual de matéria mineral pode ser atribuída a fatores como umidade elevada do solo e da vegetação durante a estação chuvosa, o que pode reduzir a concentração de matéria seca nos recursos alimentares, resultando em níveis inferiores em comparação ao período seco (Santos; Ferreira; Costa, 2021).

Embora os dados demonstrem uma tendência de variação em função da sazonalidade, os testes estatísticos indicaram que não houve diferença significativa entre os períodos sazonais e as fitofisionomias analisadas. Contudo, os dados desse estudo são concordantes com os de Santos, Ferreira e Costa (2021), que ao estudarem os recursos tróficos e a qualidade nutricional para o grupo, encontraram valores próximos desse trabalho. Esses resultados evidenciam a importância da realização de estudos que busquem analisar e utilizar os dados dos índices de matéria seca de recursos tróficos, na compreensão das estratégias de forrageamento da formiga estudada e como ela se adapta às mudanças sazonais em seu ecossistema.

Os dados mostraram que o teor de MS, presente nos recursos tróficos de origem animal durante o período seco foi menor. A redução da concentração de MS nas amostras de origem animal durante o período de estiagem, possivelmente, pode estar relacionada à disponibilidade limitada de água nos ambientes estudados, uma vez que a qualidade dos alimentos pode ser impactada por esse fator, resultando em um menor teor de MS (Pereira; Santos; Reis, 2020). Em contrapartida, os recursos tróficos de origem vegetal apresentaram maior concentração de matéria seca durante o período de estiagem. A maior concentração de MS em recursos tróficos vegetais, durante a estação seca, pode estar relacionada ao fato de que, em condições de baixos índices de umidade, organismos como as plantas passam a concentrar seus nutrientes, resultando em uma elevação nos teores de MS (Santos; Ferreira; Costa, 2021).

Durante o período chuvoso, o percentual de matéria mineral dos recursos tróficos de origem vegetal foi de 33,52% em fitofisionomia de mata mesófila. Em contrapartida, no período seco houve uma drástica redução desse percentual, chegando à concentração 8,84% nesse mesmo tipo de recurso e mesma fitofisionomia. A maior concentração de matéria mineral, em recursos tróficos de determinadas áreas, pode ser explicada pela diversidade das amostras, tanto com relação à quantidade como com relação aos grupos que a formaram. Essas amostras eram compostas não só por formigas, mas outros artrópodes de maior tamanho corpóreo, variando em tamanho e em quantidade, o que possivelmente pode estar correlacionado a esse aumento expressivo dos teores de MM nas amostras analisadas.

Autores como Dubeux, Santos e Carvalho (2010) defendem a hipótese de que, embora os recursos tróficos de origem animal apresentem melhor qualidade em relação a aspectos como teor de proteína, digestibilidade e valor energético no período chuvoso, sua qualidade é mais influenciada por condições ambientais, como a sazonalidade, quando comparados aos recursos de origem vegetal. No quesito matéria seca e matéria mineral, os recursos de origem vegetal apresentaram variações em seus percentuais em função dos diferentes períodos sazonais e fitofisionomias. Porém, essas variações ocorrem de forma mais acentuada, fazendo-se necessário considerar não só a variação/homogeneidade das amostras, mas as variáveis regionais e sazonais ao estudar a dieta de espécies como a *Dinoponera gigantea*.

As variações, quanto à composição nutricional dos recursos tróficos analisados neste estudo, podem ser correlacionadas a inúmeros fatores, como tamanho da amostra e diversidade dos grupos que compuseram a amostra. Os insetos e outros invertebrados comumente, apresentam, em sua composição química, aminoácidos essenciais e outros nutrientes em concentrações mais elevadas, o que possibilita aos recursos de origem animal serem fontes alimentares valiosas (Rumpold; Schluter, 2013). Além disso, processos fisiológicos como a

digestibilidade de proteínas de origem animal são geralmente superiores, facilitando sua absorção e proporcionando melhor aproveitamento por parte de seus consumidores (Makkar et al., 2014).

O melhor aproveitamento de recursos tróficos é uma característica de suma importância, sobretudo em biomas onde a competição por recursos é intensa. Uma dieta nutricional rica em proteínas pode, possivelmente, proporcionar uma vantagem competitiva em termos de crescimento e reprodução para muitos organismos, conforme discutido por Simpson e Raubenheimer (2012). Dessa forma, a preferência por recursos tróficos de origem animal pode influenciar as dinâmicas populacionais e as interações entre espécies, destacando a importância de considerar a qualidade nutricional ao estudar a ecologia trófica (Pérez; García; López, 2015) de espécies como *Dinoponera gigantea*, que se beneficiam da alta qualidade dos recursos alimentares disponíveis, refletindo seu comportamento adaptativo, com relação a sua nutrição que lhes permitem explorar um grande nicho de habitats.

7 CONCLUSÃO

A sazonalidade e as diferentes fitofisionomias presentes no Cerrado influenciam diretamente os recursos alimentares disponíveis e utilizados pela espécie *Dinoponera gigantea*, variando entre o período chuvoso, com maior diversidade de alimentos de origem animal (ricos em proteína), e o período seco, quando há maior consumo de recursos vegetais (ricos em matéria seca). Além disso, os dados mostraram que *D. gigantea* ajusta seu comportamento de forrageamento conforme a disponibilidade de alimentos, evidenciando a sua flexibilidade adaptativa, a qual é crucial para sua sobrevivência no Cerrado. Desta forma, fitofisionomias mais complexas, como a mata mesófila com cocais, oferecem maior variedade de recursos tróficos as espécies mesmo durante períodos de escassez, sendo essa complexibilidade ambiental crucial para manutenção da plasticidade ecológica de *D. gigantea* e para sua estabilidade populacional em um ambiente desafiador como o Cerrado.

REFERÊNCIA

ALMEIDA, F. A.; FERREIRA, R. C.; OLIVEIRA, T. J. Efeitos das variações sazonais na dinâmica das populações de formigas. **Ecologia Aplicada**, v. 18, n. 3, p. 245-259, 2022.

ANTONIALI-JUNIOR, W. F.; GIANNOTTI, E. Nest architecture and population dynamics of the Ponerinae ant *Ectatomma edentatum* (Hymenoptera, Formicidae). **Sociobiology**, v. 38, n. 3, p. 475-486, 2001.

ANT WIKI. Lista de subfamílias existentes. **ANT WIKI**. 25 out. 2019. Disponível em: https://www.antwiki.org/wiki/Category:Extant_subfamily. Acesso em: 10 fev. 2022

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. 1-11, 2019.

ARAÚJO, A.; RODRIGUES Z. Foraging behavior of the queenless ant *Dinoponera quadriceps* Santschi (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, New York, v. 35, p. 159–164, 2006.

AZEVEDO, D.L.O. **O Papel das Rotas e da Obtenção de Informações Sobre a Eficiência no Forrageio de *Dinoponera quadriceps* em Ambiente Natural**. 2009. 84f. Dissertação (mestrado em Psicobiologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, L. P.; SOLAR, R. **Guia para gêneros de formigas no Brasil**. 1 ed. Manaus: INPA, p 388, 2015.

BASSET, Y. et al. Arthropod diversity in a tropical forest. **Science**, v. 338, n. 1481, p. 1481-1484, 2012.

BASSET; BIRNBAUM; SERRANO, J. Invertebrados do Cerrado: diversidade e importância. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 20-35, 2003.

BASTOS, S.H. A. **Diversidade e Composição de formigas ponerines (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae) de serrapilheira na estação científica Fççerreira Penna**, Cuxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Pará Museu paraense Emilio Goeldi, 2009.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R; HARPER, J. L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 4 ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.

BESTELMEYER, B. T.; AGOSTI, D.; LEEANNE, F.; ALONSO, T.; BRANDÃO C. R. F.; BROWN W. L.; DELABIE J. H. C.; SILVESTRE R. Técnicas de campo para o estudo de formigas que vivem no solo: uma visão geral, descrição e avaliação. In: D. AGOSTI, J. D; BOLTON, B. **Ant Cat. An online catalog of the ants of the world**, 2000. Disponível em: <http://antcat.org>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BLÜTHGEN, N.; FELDHAUS, J. The role of holometabolous insects in ecosystems: a review. **Ecological Entomology**, v. 34, n. 4, p. 475-482, 2009.

BOLTON, B. **Ant Cat. An online catalog of the ants of the world**. Disponível em: <http://antcat.org>. Acesso em: 10 set. 2022.

BOUDINOT, B. E. Contributions to the knowledge of Formicidae (Hymenoptera, Aculeata): a new diagnosis of the family, the first global male-based key to subfamilies, and a treatment of early branching lineages. **European Journal of Taxonomy** v. 120, p. 1-62, 2015.

BRANDÃO, C. R. F; SILVA, R. R; DELABIE, J. C. H. Formigas. In: PANIZZZI, A. R; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos**. Base para o manejo integrado de pragas. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 323-370.

BRESCOVIT, A. D. C. A; RHEIMS; A. B. BONALDO. **Araneomorpha: chave de identificação para famílias de aranhas brasileiras**. Instituto Butantan, São Paulo, 2007.

CAETANO, F. H; JAFFÉ, K; ZARA, F. J. **Formigas: Biologia e Anatomia**. Araras S. P., Gráfica e Editora Topázio, 2002. p. 131.

CARDOSO, I. **Influência da cobertura vegetal sobre o padrão de atividade de *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) Hymenoptera, Formicidae**: Na estação seca em uma área de cerrado leste do maranhão. 2017. Dissertação (Graduação no Curso de Ciências Biológicas), Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha-MA, 2017.

CHASE, J. M; LEIBOLD, M. A. **Ecological niches: classical and contemporary approaches**. Illinois: University of Chicago Press, 2003.

CONTENTE, Márcia Pantoja et al. O ensino de Artrópodes mediado por uma sequência de ensino investigativa. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências–XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC–3 a**, v. 6, 2017.

COSTA, C. **Em 30 anos, Cerrado brasileiro pode ter maior extinção de plantas da história, diz estudo**. Ecoa Org, 2018.

COSTA, R.; LIMA, P. A. Distribuição de espécies vegetais em diferentes regimes hídricos do Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 43, n. 1, p. 45-59, 2020.

COSTA, R. A.; PEREIRA, T. F. Adaptações das plantas de mata mesófila com cocais em diferentes períodos sazonais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 45, n. 3, 175-185, 2023.

COSTA, R. F.; RODRIGUES, M. A. Heterogeneidade e sustentabilidade no Cerrado: A influência das fitofisionomias na biodiversidade. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 24, n. 1, p. 95-110, 2016.

DELABIE, J.H.C.; FEITOSA, R.; SERRÃO, J.E.; MARIANO, C.; MAIER, J. As formigas Paneromorfas do Brasil – Introdução In: DELABIE, J. H. C et al. **As formigas paneromorfas do Brasil**. Ilhéus: Editus, p. 9-12. 2015.

DELABIE, J. H. C.; FERNANDES, G. W.; MURAD, A. Formigas: bioindicadores no Cerrado. **Ecologia Brasileira**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 45-56, 2007.

DEJEAN, A. *et al.* Territorial aggressiveness and predation: two possible origins of snapping in the ant *Plectroctena minor*. **Comptes Rendus Biologies**, v. 325, p. 819– 825, 2002.

DETMANN E; SOUZA, M.A.; VALADARES F, S, C. **Métodos para Análise De Alimentos**. Visconde do Rio Branco: Universidade Federal de Viçosa, 2012.

DUBEUX, J. C. B., SANTOS, D. J.; CARVALHO, P. C. The effects of drought on pasture quality and animal performance. **Tropical Grasslands**, v. 44, n. 1, p. 52-63, 2010.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. Successional changes in cerradão and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. **Edinburgh Journal of Botany**, v.63, n.1, p.119-130, 2006.

FAGUNDES, D. M.; ALVES, A. C.; GARCIA, M. R. Impactos do clima na estrutura das comunidades de formigas predadoras. **Congresso Brasileiro de Entomologia**, p. 112–120, 2009.

FERNANDES, A. A.; OLIVEIRA, R. F.; CAVALCANTE, R. S. Diversidade e ecologia da subfamília Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae) no Cerrado. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 64, n. 4, p. 341-350, 2020.

FERREIRA, A.V.; BRUNA, E.M; VASCONCELOS, H.L Seed predators limit plant recruitment in Neotropical savanas. **Oikos**, v. 120, p. 1013- 1022, 2011.

FEWELL, J. H; HARRISON, J.F.; STILLER, T. M.; BREED, M. D. Distance effects on resource profitability and recruitment in the giant tropical ant, *Paraponera clavata*. **Oecologia**, v. 92, n. 4, p. 542- 547, 1992.

FLORA BRASIL. **Flora Brasil: Guia de identificação de plantas do Cerrado**. Brasília: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020.

FOURCASSIÉ, V.; OLIVEIRA, P. S. Foraging ecology of the giant Amazonian ant *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae): activity schedule, diet and spatial foraging patterns. **Journal of Natural History**, New York, v. 36, p. 2211-2227, 2002.

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.P. (Eds). **Ecologia Nutricional de Insetos e suas Implicações no Manejo de Pragas**. Editora Manole e CNPq: São Paulo, 1991. p.131-223.

FUJIHARA, R. T., L. C. FORTI, M. C. ALMEIDA; E. L. L. BALDIN. **Insetos de importância econômica: guia ilustrativo para identificação de famílias**. FEPAF, Botucatu, 2011.

FRANK, E. T. *et al.* Saving the injured: Rescue behavior in the termite-hunting ant *Megaponera analis*. **Science Advances**, v. 3, n. 4, p. 1–9, 2017.

GARRETO, J.S. **Horário de forrageamento de *Dinoponera gigantea* Perty, 1833 (Hymenoptera: Formicidae)** em uma área de cerrado, nordeste do Brasil, durante o período chuvoso. 2017. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2017.

GOMES, S, R. **Inquilinismo em ninhos de *Dinoponera gigantea* (Perty) 1833 (Hymenoptera: Formicidae)** em uma área de Cerrado a Nordeste do Brasil. 2022. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Ambientais, Chapadinha-MA, 2022.

GONÇALVES, E. G; LORENZI, H. **Morfologia Vegetal: Organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. 1. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os Insetos: um resumo de entomologia**. 4 ed. São Paulo: Roca, 2012.

HÖLLDOBLER, Bert; WILSON, Edward. **O. The ants**. Harvard University Press, p. 732 p., 1990.

IBGE. **Cerrado: áreas de vegetação nativa e sua perda**. Brasília, 2021.

JESUS, C.M.; BUENO, O. C. **Utilização de alimentos em diferentes espécies de formigas. Biológico**, São Paulo, suplemento 2. v. 69, p. 107-110, 2007.

KEMPF, W. W. Uma revisão preliminar do gênero de formigas ponerinas *Dinoponera* Roger (Hymenoptera: Formicidae). **Viga. Entomol**, v. 14, p. 369-394, 1971.

KLINK, C.A; MOREIRA, A. G. Past and current human occupation and land-use. In: OLIVEIRA, P. S; MARQUIS, R. J. (Eds.). **The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press, New York, 2002. pp. 69-88.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. **Revista Megadiversidade**, v. 1, p. 147-155, 2005.

LATTKE, J. E. **Estado da arte sobre a taxonomia e filogenia de Ponerinae do Brasil**. In: DELABIE, J.H. C.; FEITOSA, R. M.; SERRÃO, J. E, MARIANO, C. S. F.; MAJER, J. D. **As formigas poneromorfas do Brasil**. Ilhéus: Editus. p. 55-73, 2015.

LENHART, P. A; DASH, S.T; MACKAY, W. P. Uma visão das formigas gigantes da Amazônia do gênero *Dinoponera* (Hymenoptera, Formicidae). **Journal of Hymenoptera Research**, Sófia, v. 31, p. 119-164, 2013.

LIMA, S. C, VIANA, P. G., SILVA, F. E., PÉRICO, E. Sazonalidade e cobertura do solo afetam a distribuição de *Dinoponera gigantea* Perty, 1833 no bioma cerrado? **Revista Querubim**, ano 16, n. 42, v. 6, Ciências, 2020. ISSN 1809-3264.

LONGINO, J. T.; ARAÚJO, A. D.; LUCAS, J. Formigas do Cerrado: diversidade e ecologia. **Insectes Sociaux**, Paris, v. 49, n. 1, p. 1-12, 2002.

MAJER, J. D. **Ants: Bioindicators of the Effects of Disturbance**. In: The Role of Invertebrates in Ecosystem Functioning. Springer, 1983.

MAKKAR, H. P. S.; FRANCIS, G.; HEDDEN, P. H.; PRADEEP, B. A. Nutritional value of insects. In: FAO. **Edible insects: future prospects for food and feed security**. Rome: FAO, 2014. p. 67-98.

MALHEIROS, R. A influência da sazonalidade na dinâmica da vida do bioma Cerrado. **Revista brasileira de climatologia**, v. 19, 2016.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado**. 2021.

MEDEIROS, J., AZEVEDO, D. L. O., SANTANA, M. A. D., LOPES, T. R. P.; ARAÚJO, A. Foraging activity rhythm of the queenless ant, *Dinoponera quadriceps*, in its natural environment. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 220, 2014.

MIRANDA, R. Q.; RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. R. Influência da sazonalidade na abundância de fauna no Cerrado: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 15, n. 3, p. 45-56, 2017.

MORGAN, R.C. **Natural history notes and husb and ry of the Perú viangiant ant *Dinoponera longipes* (Hymenoptera: Formicidae)**. Invertebrates in captivity conference SASI-ITAG, 1993. p. 95.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. B. Phenology of Atlantic rain forest trees: A comparative study. **Annals of Botany**, v. 90, n. 4, p. 451-467, 2007.

NAKANO, M. A.; MIRANDA, V. F. O.; SOUZA, D. R.; FEITOSA, R. M.; MORINI, M. S. C. Occurrence and natural history of *Myrmelachista Roger* (Formicidae: Formicinae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Revista Chilena de História Natural**, v. 86, p.169-179, 2013.

NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M.F.; NOGUEIRA, V. S. Impactos do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha- MA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2012.

NOGUEIRA, V. F. B. **Expansão da soja no Cerrado Maranhense: uma análise da influência antrópica no clima regional**. 2015. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

OLIVEIRA, S. M. **Comportamento alimentar de *Dinoponera gigantea* (PERTY, 1833) (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)** em uma área de Cerrado no Norte/ Nordeste do Brasil. 2022. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Maranhão Centro de Ciências Ambientais, Chapadinha- MA, 2022.

OLIVEIRA, F. S. et al. Variação sazonal e suas influências nos recursos tróficos em ecossistemas tropicais. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 35, n. 2, p. 157-173, 2019.

- PAIVA, R.V.S.; BRANDÃO, C.R.F. Nests, worker population, and reproductive status of workers, in the giant queenless ponerine ant *Dinoponera* Roger (Hymenoptera Formicidae). *Ethology*, **Ecology and Evolution**, Florença, v. 7, p. 297-312, 1995.
- PEREIRA, L. M.; SANTOS, E. C.; REIS, T. F. Respostas adaptativas das formigas às mudanças ambientais no Cerrado. **Ecologia e Conservação**, v. 14, n. 3, p. 220-233, 2020.
- PÉREZ, J. M.; GARCÍA, M. C.; LÓPEZ, M. F. Nutritional quality of animal-derived food sources. **Ecological Indicators**, v. 57, p. 101-108, 2015.
- QUEIROZ, F. A. Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do cerrado. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n.2 p. 193-209, 2009.
- RECH, F. A. Amostragem de alimentos para análise bromatológica. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.31, n.1, p.33-36, 2018.
- REIS, H. J. D; HORA, R. C. Propostas para implementação de uma trilha educacional ecológica no município de Chapadinha, Maranhão. In. Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciência, 2016, Campina Grande, Paraíba. **Anais...I CONAPESC**. Campina Grande, Paraíba: Realiza, 2016. V. I.
- RIBAS, C. R, CAMPOS, R. B. F.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. **Ants as indicators in Brazil: A review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs**. Psyche, 2012.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofitofisionomia do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: Embrapa, 1998. p.89-166.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As Matrizes da Vegetação do Brasil**. São Paulo: Editora Universitária, 2008.
- ROGER, J. Monographie des fourmis du genre *Dinoponera*. **Annales de la Société Entomologique de France**, Paris, v. 1, p. 1-25, 1861.
- RUMPOLD, B. A.; SCHLUTER, O. Insects as food and feed: a review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2013.
- SANTOS, J. C.; OLIVEIRA, R. F.; SILVA, T. A. Aspectos da biodiversidade e conservação do bioma Cerrado. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 3, p. 215-230, 2008.
- SANTOS, C. F.; ALVES, R. M.; PEREIRA, E. D. Dinâmicas ecológicas em matas mesófilas do Cerrado: refúgios de biodiversidade em ambientes fragmentados. **Ciências Ambientais**, v. 28, n. 4, p. 112-130, 2020.
- SANTOS, M.; FERREIRA, L.; COSTA, T. Composição nutricional de plantas em diferentes estações: um estudo sobre a estiagem. **Journal of Ecology and Environment**, v. 45, n. 2, p. 145-156, 2021.
- SCHMIDT, C. A; SHATTUCK, S. O. A classificação mais alta da subfamília de formigas Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae), com uma revisão da ecologia e comportamento dos ponerinos. **Zootaxa**, v. 3817, n. 1, p. 1-242, 2014.

- SILVA, E. F. **Associação da ocorrência de formigas (Hymenoptera: Formicidae) com atributos do solo e da vegetação de um domínio do Cerrado á Nordeste do Estado do Maranhão, Brasil**. Tese (doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2014.
- SILVA, E. F.; ROMÃO, T. B.; GOMES, R. S.; SOUSA, G. C.; LIMA, C. S.; HARADA, A. Y. Nests architecture of *Dinoponera gigantea* Perty, 1833, (Hymenoptera: Formicidae) in Cerrado North Northeast of Brazil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.8, p. 25-37, 2020.
- SILVA, E. F.; CORÁ, J. E.; HARADA, A. Y.; SAMPAIO, I. B. M. Association of the Occurrence of Ant Species (Hymenoptera: Formicidae) with Soil Attributes, Vegetation, and Climate in the Brazilian Savanna Northeastern Region. **Sociobiology**, v. 64, n. 4, p. 442–450, 2017.
- SILVA, E.J.E.; LOECK, A.E. **Guia de reconhecimento das formigas domiciliares do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2006.
- SILVA, J. A.; OLIVEIRA, M. R. Comparação da umidade em fitofisionomias do Cerrado. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 12, n. 4, p. 210-220, 2023.
- SIMPSON, S. J.; RAUBENHEIMER, D. **The nature of nutrition: a unifying framework from animal adaptation to human obesity**. Princeton University Press, 2012.
- SOUZA, L. M.; PEREIRA, T. F. Fatores que influenciam a diversificação de artrópodes em fitofisionomias do Cerrado. **Ecologia e Conservação**, v. 12, n. 1, p. 45-60, 2023.
- SOUZA, T. G.; BARROS, R. C.; LIMA, J. P. Influência da sazonalidade na distribuição de fauna em fragmentos de Mata Mesófila no Cerrado. **Revista Brasileira de Biologia Tropical**, v. 34, n. 1, p. 25-38, 2021.
- SOUZA, L. M.; PEREIRA, T. F. Fatores que influenciam a diversificação de artrópodes em fitofisionomias do Cerrado. **Ecologia e Conservação**, v. 12, n. 1, p. 45-60, 2023.
- STORK, N.E. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? **Annu. Rev. Entomol, Queensland**, v. 63, n.1, p.31-45, jan, 2018. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev-ento-020117-043348>. Acesso em: 17 abr. 2024.
- SUZZONI, J. P.; SCHATZ, B.; DEJEAN, A. Essential and alternative prey in a ponerine ant: Variations according to the colony life cycle. **Comptes Rendus de l'Academie des Sciences - Serie III – Sciences de La vie**, v. 323, n. 11, p. 1003–1008, 2000.
- TILLBERG, C.V.; EDMONDS, B.; FREAUFF, A.; HANISCH, P.E.; PARIS, C.; SMITH, C.R.; TSUTSUI, N.D.; WILLS, B.D.; WITTMAN, S.E.; SUAREZ, A.V. Foraging Ecology of the Tropical Giant Hunting Ant *Dinoponera australis* (Hymenoptera: Formicidae) - Evaluating Mechanisms for High Abundance. **Biotropica**, v. 46, n. 2, p. 229–237, 2014.
- TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON, N. F. **Estudos dos insetos**. [Tradução da 7. ed. de Borror e Delong: introdução ao estudo dos insetos]. Cengage Learning, São Paulo, 2011.

ULYSSEÁ, C. A.; BRANDÃO, C. R. F. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em diferentes habitats do Cerrado. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 57, n. 2, p. 140-150, 2013.

VASCONCELLOS, A. et al. Padrões de nidificação e diversidade de formigas no semiárido brasileiro. **Sociobiologia**, v. 63, n. 1, pág. 88-97, 2016.

VASCONCELOS, H. L.; DELABIE, J. H. C. A fauna de formigas do Cerrado: um estudo preliminar. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 44, n. 3, p. 369-376, 2000.

VASCONCELLOS, F. F.; PEREIRA, A. F.; DEJEAN, A. Ninhos de formigas da subfamília Ponerinae: aspectos ecológicos e funcionais. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, n. 2, p. 123-130, 2004.

VENUSTE, N. *et al.* Use of soil and litter ants (Hymenoptera: Formicidae) as biological indicators of soil quality under different land uses in southern Rwanda. **Environmental Entomology**, College Park, v. 47, n. 6, p. 1394–1401, 2018.

VALDES, E.V.; SOTO, A.B. Feeding and Nutrition of Anteaters. In: MILLER, R. E.; FOWLER, M. E. **Fowler's Zoo and wild animal medicine**. 8.ed. St. Louis: Elsevier Saunders, p.378-383, 2015.

VIDAL, N; VIDAL, M. R. R. **Botânica Organografia**: quadros sinóticos ilustrados de fanerógamas. 4. ed. Viçosa: UFV, 2003.

WILSON, E. O. **A conquista social da Terra**. Trad. Ivo Korytovski - 1ª ed. - São Paulo: Companhia das Letras. 392p. 2013.

ZANIRATO, S.H. **O patrimônio natural do BRASIL**. **Revista PUC Patrimônio e Cultura Material**. São Paulo, n. 40, p. 1-19, jun. 2010. Disponível em:
file:///C:/Users/55949/Documents/9%C2%BA%20SEMESTRE/TCC/NOVO%20TCC/
PARTE%20ESCRITA!/TCCOFICIAL/6127-14948-1-SM.pdf. Acesso em: 29 mar. 2020.