



UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANTONIA GEISSIELE DE FREITAS ALMEIDA

**VARIAÇÃO DA MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM UMA
ÁREA DE MATA SECA DE CAATINGA NO CEARÁ**

REDENÇÃO - CE

2024

ANTONIA GEISSIELE DE FREITAS ALMEIDA

**VARIAÇÃO DA MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM UMA
ÁREA DE MATA SECA DE CAATINGA NO CEARÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da UNILAB, como requisito parcial para obtenção de título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Roberth Fagundes de Souza

REDENÇÃO - CE

2024

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Almeida, Antonia Geissiele de Freitas.

A447v

Variação da mirmecofauna Hymenoptera: Formicidae em uma área de mata seca de Caatinga no Ceará / Antonia Geissiele de Freitas Almeida. - Redenção, 2024.
34f: il.

Monografia - Curso de Ciências Biológicas, Instituto De Ciências Exatas E Da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Roberth Fagundes de Souza.

1. Biodiversidade. 2. Maciço de Baturité. 3. Caatinga. 4. Formigas. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 333.9516

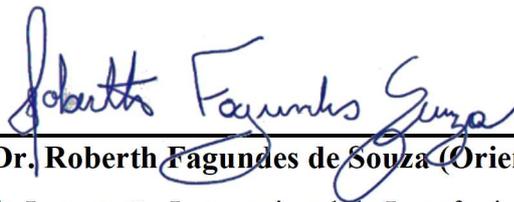
ANTONIA GEISSIELE DE FREITAS ALMEIDA

**VARIAÇÃO DA MIRMECOFAUNA (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM UMA
ÁREA DE MATA SECA DE CAATINGA NO CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas.

Data de aprovação: 11 / 07 / 2024

Banca Examinadora



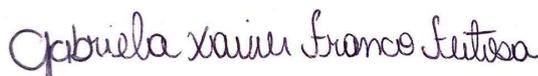
Prof. Dr. Roberth Fagundes de Souza (Orientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Ciências Biológicas – ICEN/UNILAB



Prof. Dr. Victor Emanuel Pessoa Martins

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Ciências Biológicas – ICEN/UNILAB



Me. Gabriela Xavier Franco Feitosa

Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA/UFC

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria Irami de Freitas Santos e João Galdino de Almeida, por todo apoio de sempre. Se cheguei até aqui foi graças ao amparo de vocês.

Ao professor Dr Roberth Fagundes de Souza, pela orientação e acolhimento em seu grupo e projeto de pesquisa. Sou grata por ter sido uma Interzoária e por ter me apresentado o mundo das formigas.

Aos amigos que fiz durante a graduação. Vocês tornaram a caminhada mais leve e suportável.

A todos aqueles que direta ou indiretamente tiveram participação neste trabalho.

Ao Grupo de Processamento e Gerenciamento de Energias Renováveis e Controle (PGERC) da Unilab pela disponibilização dos dados utilizados.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo financiamento da bolsa de iniciação científica da qual provém este trabalho.

RESUMO

Comunidades biológicas são conjuntos de espécies que coexistem em um determinado local e período, e que interagem entre si. A dinâmica dessas comunidades é influenciada pelas interações entre fatores bióticos e abióticos, como as variações espaciais e temporais. O estudo sobre a dinâmica da biodiversidade geralmente é realizado usando bioindicadores e um dos principais bioindicadores de mudanças ambientais são as espécies de formigas. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) são insetos que possuem ampla distribuição geográfica e considerável abundância nos ambientes que ocupam. A atividade que as formigas empregam na busca por alimento é denominada de forrageio e é regulada por diferentes mecanismos, como umidade, temperatura, precipitação e disponibilidade de recursos. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi analisar a variação temporal na diversidade de formigas em uma área de Mata Seca de Caatinga na cidade de Redenção, no Estado do Ceará, e sua possível correlação com as flutuações das condições ambientais geradas pela sazonalidade anual. Para isso, foram realizadas coletas ao longo de duas estações, estação seca e chuvosa, em habitats de solo, vegetação e serapilheira, com a utilização de armadilhas de queda do tipo *pitfall* e extrator de Winkler. No total, foram coletadas 4623 formigas de 13 gêneros. Os gêneros *Pheidole*, *Solenopsis*, *Wasmannia* e *Camponotus* foram os mais representados, sendo destaque em praticamente todas as estações, em relação ao número de indivíduos. Houve uma variação na fauna de formigas entre as estações analisadas, a qual foi influenciada pela sazonalidade climática e pelo tipo de habitat de coleta. A abundância e a riqueza de formigas no solo reduziram da estação seca para a chuvosa enquanto na serapilheira aumentou, não havendo alterações na vegetação entre as estações. De modo geral, a mirmecofauna amostrada foi composta pelos principais gêneros encontrados em estudos anteriores em áreas de Caatinga e em outros biomas brasileiros. Somente a estação não foi fator determinante para modificar a fauna de formigas, mas outros fatores estão correlacionados, como o tipo de habitat.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiversidade; Maciço de Baturité; Caatinga; Formigas.

ABSTRACT

Biological communities are sets of species that coexist in a given place and period, and that interact with each other. The dynamics of these communities are influenced by interactions between biotic and abiotic factors, such as spatial and temporal variations. The study of biodiversity dynamics is generally carried out using bioindicators and one of the main bioindicators of environmental changes are ant species. Ants (Hymenoptera: Formicidae) are insects that have a wide geographic distribution and considerable abundance in the environments they occupy. The activity that ants employ in the search for food is called foraging and is regulated by different mechanisms, such as humidity, temperature, precipitation and resource availability. In this sense, the objective of the present work was to analyze the temporal variation in ant diversity in an area of Mata Seca de Caatinga in the city of Redenção, in the State of Ceará, and its possible correlation with fluctuations in environmental conditions generated by annual seasonality. For this, collections were carried out over two seasons, dry and rainy season, in soil, vegetation and litter habitats, using pitfall traps and Winkler extractor. In total, 4623 ants from 13 genera were collected. The genera *Pheidole*, *Solenopsis*, *Wasmannia* and *Camponotus* were the most represented, being highlighted in practically all seasons, in relation to the number of individuals. There was a variation in the ant fauna between the seasons analyzed, which was influenced by climatic seasonality and the type of collection habitat. The abundance and richness of ants in the soil reduced from the dry to the rainy season while in the litter it increased, with no changes in vegetation between the seasons. In general, the myrmecofauna sampled was composed of the main genera found in previous studies in areas of Caatinga and other Brazilian biomes. Only the season was not a determining factor in modifying the ant fauna, but other factors are correlated, such as the type of habitat.

KEYWORDS: Biodiversity; Baturité Massif; Caatinga; Ants.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - (A) Vista geral da área de realização do estudo, Campus das Auroras UNILAB, Redenção-CE; (B) Vista inicial do local de amostragem durante a estação chuvosa, Trilha dos Polinizadores; (C) Vista inicial do local de amostragem durante a estação seca. 16
- Figura 2** - Armadilhas utilizadas para a captura das formigas. (A) Pitfall disposto no solo; (B) Pitfall disposto nas árvores; (C) Extrator de Winkler..... 18
- Figura 3** - Índice mensal de precipitação da cidade de Redenção, CE, considerando os meses da estação seca, período de transição e estação chuvosa em que foram realizadas as coletas. 20
- Figura 4** - Médias de temperatura e umidade relativa do ar da cidade de Redenção, CE, dos dias em que foram realizadas as coletas em cada estação. 21
- Figura 5** - Imagens das espécies/morfoespécies de formigas coletadas. (A) *Camponotus atriceps*; (B) *Camponotus balzani*; (C) *Camponotus arboreus*; (D) *Camponotus blandus*; (E) *Camponotus crassus*; (F) *Pheidole sp. 1*; (G) *Pheidole sp. 3*; (H) *Pheidole sp. 5*; (I) *Pheidole sp. 6*; (J) *Pheidole sp. 7*; (K) *Pheidole sp. 8*; (L) *Pheidole sp. 10*; (M) *Wasmannia rochai*; (N) *Cephalotes pusillus*; (O) *Pseudomyrmex elongatus*; (P) *Pseudomyrmex acanthobius*; (Q) *Crematogaster sp.*; (R) *Solenopsis sp. 1*; (S) *Solenopsis sp. 2*; (T) *Nylanderia sp.*; (U) *Odontomachus chelifer*; (V) *Leptogenys sp.*; (W) *Strumigenys elongata*; (X) *Prionopelta punctulata*; (Y) *Gnamptogenys moelleri*. 24
- Figura 6** - Comparação entre a estação seca, período de transição da estação seca para a estação chuvosa e estação chuvosa, quanto à quantidade de formigas coletadas em habitat de solo, vegetação e serapilheira. 25
- Figura 7** - Relação dos gêneros de formigas coletadas em habitat de solo, vegetação e serapilheira na estação seca, período de transição da estação seca para a estação chuvosa e estação chuvosa. 26
- Figura 8** - Relação dos gêneros de formigas coletadas em habitat de solo, vegetação e serapilheira na estação seca, período de transição da estação seca para a estação chuvosa e estação chuvosa. Os símbolos triângulo, quadrado e círculo representam a estação seca, período de transição e estação chuvosa, respectivamente. As cores azul, verde e vermelho representam habitat de solo, serapilheira e vegetação, respectivamente. Cada símbolo é uma amostra, e a distância entre os símbolos, indicado pelos valores dos eixos, representam a similaridade (Bray-Curtis) de gêneros de formigas entre as amostras, ou seja, quanto mais agrupados os símbolos maiores as semelhanças entre as amostras quanto a composição de gêneros de formigas. 26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de formigas coletadas na estação seca, período de transição da estação seca para a chuvosa e estação chuvosa.....21

Tabela 2 - Lista de espécies/morfoespécies de formigas coletadas. As siglas SO, V e SE representam o habitat de solo, vegetação e serapilheira, respectivamente.....22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Caatinga	12
2.2 Formigas	13
2.3 Mecanismos de regulação do forrageio de formigas	14
3. METODOLOGIA	15
3.1 Área de estudo	15
3.2 Delineamento experimental.....	17
3.3 Análise dos dados	18
4. RESULTADOS	19
4.1 Índices de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar.....	19
4.2 Quantidade, diversidade e composição de formigas	21
5. DISCUSSÃO	27
6. CONCLUSÃO	29
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

Comunidades biológicas podem ser compreendidas como agrupamentos de espécies que ocorrem em um mesmo lugar, ao mesmo tempo, e que interagem entre si (Cain, Bowman e Hacker, 2011). A dinâmica dessas comunidades é influenciada pelas interações estabelecidas entre fatores bióticos, como as relações de parasitismo, predação e competição, e fatores abióticos, como as variações espaciais e temporais (Ricklefs, 1987; Begon, Townsend e Harper, 2007). A variação desse conjunto de fatores pode alterar a composição das comunidades, pois quando determinadas condições favoráveis à permanência no ambiente variam, as espécies associadas a elas também tendem a mudar (Townsend, Begon e Harper, 2010).

Em regiões de clima semiárido, há constante irregularidade de chuvas, contribuindo para períodos prolongados de secas, em que a água se torna escassa, e períodos curtos de chuvas, quase sempre, torrenciais, o que torna essa região extremamente sensível às mudanças climáticas (Brasil, 2019?). A maior parte da região Nordeste do Brasil que apresenta clima semiárido possui como vegetação predominante a Caatinga (Giulietti, 2003), um bioma exclusivamente brasileiro que ocupa um pouco mais que 10 % do território nacional e abriga fauna e flora rica em biodiversidade (Brasil, 2022). Nesse sentido, entender os efeitos da sazonalidade climática sobre um ambiente com clima quente e chuvas esporádicas sobre a biodiversidade é importante para prever os futuros efeitos das mudanças climáticas nos biomas semiáridos, inclusive a Caatinga.

O estudo sobre a dinâmica da biodiversidade é geralmente feito usando bioindicadores, espécies sensíveis a variações ambientais que representam a biodiversidade, pois é difícil avaliá-la como um todo. Um dos principais bioindicadores de mudanças ambientais são as espécies de formigas. Formigas são insetos eussociais pertencentes à família Formicidae (Ordem Hymenoptera), que possuem ampla distribuição geográfica, estando presentes em praticamente todos os ambientes terrestres, com exceção das regiões polares (Ward, 2006) e áreas de altitude acima de 3 mil metros (Levings, 1983). Além de sua ampla distribuição, são consideravelmente abundantes nos ambientes que ocupam (Holldobler e Wilson, 1990), sendo as regiões dos trópicos as maiores representantes de sua abundância, frequência e diversidade (Baccaro et al., 2015). Das 13 mil espécies de formigas descritas em todo o mundo, a Região Neotropical abriga 13 subfamílias, 142 gêneros e aproximadamente 3.000 espécies (Baccaro et al., 2015), tornando-se uma das regiões do mundo com maior riqueza de espécies, sendo o

Brasil um dos países a ocupar uma posição de destaque em relação à essa riqueza (Fernández e Sendoya, 2004).

A atividade que as formigas empregam na busca por alimento é denominada de forrageio. Essa atividade é regulada por diferentes mecanismos, como umidade, temperatura, precipitação e disponibilidade de recursos (Levings, 1983). A variação desses mecanismos pode influenciar os padrões de forrageamento das formigas, pois estão intimamente relacionados ao custo energético empregado nessa atividade, e, conseqüentemente, na seleção dos recursos utilizados (Traniello, 1989). Avaliar os efeitos das mudanças ambientais nos padrões de atividade de forrageio das formigas é essencial para a compreensão da diversidade da mirmecofauna que se apresenta nesse ambiente, além de verificar os impactos que as mudanças climáticas podem ocasionar na fauna local, visto que esses insetos podem ser considerados um dos melhores grupos de invertebrados para monitoramento ambiental devido à sua sensibilidade às variações no ambiente (Andersen et al, 2004).

Diante do exposto, é possível que cada estação apresente uma mirmecofauna forrageadora específica e a variação sazonal na abundância e riqueza de formigas deva-se a mudanças nos fatores climáticos que caracterizam cada estação. Assim, o presente trabalho objetivou analisar a variação temporal na diversidade de formigas em uma área de Mata Seca de Caatinga na cidade de Redenção, no Estado do Ceará, e sua possível correlação com as flutuações das condições ambientais geradas pela sazonalidade anual, com o intuito de I) analisar a abundância de formigas; II) analisar a riqueza de formigas; III) verificar se essa variação está correlacionada às flutuações das condições ambientais, como precipitação, temperatura e umidade relativa do ar; e IV) contribuir para o conhecimento das espécies de formigas da Caatinga.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caatinga

Com denominação originada no Tupi-Guarani, o termo “caatinga” significa “mata branca” e faz referência ao aspecto que a vegetação adquire durante o período de seca, quando as plantas perdem suas folhas, como uma forma de resistirem à escassez de água, e ficam na paisagem apenas os troncos brancos das árvores e arbustos (Prado, 2003; Giulletti, 2003). A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, que abrange dez estados e ocupa um pouco mais que 10% do território nacional, sendo o bioma predominante da região nordestina que

apresenta clima semiárido quente e seco (Giulietti, 2003; Ab'Sáber, 2003; Brasil, 2022). Esse bioma é caracterizado por condições climáticas extremas, com períodos prolongados de secas e intervalo de chuvas concentrados em poucos meses, com precipitações médias anuais inferiores a 800 mm e temperaturas entre 25 e 29° C (Prado, 2003; Ab'Sáber, 2003; Brasil, 2019?).

A Caatinga apresenta variadas fitofisionomias, as quais vão desde vegetação arbustiva até florestas densas (Andrade-Lima, 1981; Giulietti, 2003), compreendendo plantas que apresentam adaptações às condições ambientais as quais estão inseridas, como a presença de espinhos, microfilia e algumas características xerofíticas (Prado, 2003). É um bioma com considerável riqueza biológica, apresentando alto grau de endemismo e adaptações aos habitats semiáridos (Giulietti, 2003). Estudos relacionados ao conhecimento da diversidade e abundância em relação à fauna de formigas têm sido realizados em vários biomas brasileiros, no entanto, ainda faltam informações para as áreas de Caatinga.

2.2 Formigas

O Brasil é um dos países a apresentar as maiores diversidades de formigas da Região Neotropical (Fernández e Sendoya, 2004; Baccaro et al., 2015). Das 3.000 mil espécies descritas para a região, cerca de 1.458 espécies, distribuídas em 111 gêneros, são registradas no país (Baccaro et al., 2015). Formigas desempenham papéis ecológicos chaves nos ecossistemas, ocasionando impactos significativos através de suas interações, seja como herbívoras, predadoras ou mutualistas (Holldobler e Wilson, 1990; Leal, 2003). A atividade desses insetos pode influenciar a produção primária e disponibilidade de luz na floresta através da herbivoria (Wirth et al, 2003), modificar a comunidade de outros invertebrados através da predação (Carroll e Janzen, 1973) e influir no sucesso reprodutivo e distribuição espacial de populações de plantas através das relações de mutualismo (Del-Claro et al, 2016) e dispersão de sementes (Pizo, Guimarães Jr e Oliveira, 2005).

Os hábitos alimentares das formigas são diversificados. Basicamente, as formigas forrageiam por quatro tipos de recursos: presas, detritos, particulados e exsudados de plantas e animais (Carroll e Janzen, 1973). Uma parcela significativa das formigas é onívora, utilizando diversos tipos de recursos, enquanto outras são especialistas, possuindo hábitos alimentares mais restritos (Baccaro et al., 2015). Formigas do gênero *Odontomachus*, por exemplo, apesar de serem exímias predadoras, também podem incluir sementes (Almeida, Mayhé-Nunes e Queiroz, 2013) e secreções de nectários extraflorais e frutas (Lattke, 2015) em sua dieta

alimentar. Já as formigas do gênero *Atta* e *Acromyrmex* se alimentam quase que exclusivamente das substâncias processadas pelos fungos cultivados em seus ninhos (Weber, 1996).

Essa atividade de forrageio é executada em prol do benefício e sucesso da colônia (Holldobler e Wilson, 1990), sendo a busca por recursos realizada de forma individual ou através de recrutamento em massa (Carroll e Janzen, 1973; Holldobler e Wilson, 1990). O forrageio requer diferentes estratégias no espaço e no tempo sazonal (Carroll e Janzen, 1973) e relaciona-se ao custo-benefício em sua realização (Traniello, 1989). Ou seja, as decisões tomadas durante o forrageamento devem acarretar baixos custos energéticos em relação a altos benefícios.

2.3 Mecanismos de regulação do forrageio de formigas

O estabelecimento e a persistência de uma comunidade de formigas no ambiente dependem das condições necessárias para alimentação e nidificação (Levings, 1983; Holldobler e Wilson, 1990). Diferentes mecanismos regulam a atividade de forrageio das formigas. Umidade, temperatura, precipitação e disponibilidade de recursos são importantes agentes nessa regulação (Levings, 1983). Tais fatores, somados às relações de predação e competição, podem alterar a composição das comunidades de formigas (Carroll e Janzen, 1973; Begon, Townsend e Harper, 2007; Townsend, Begon e Harper, 2010). Por exemplo, a variação da umidade pode ser um fator limitante nessa atividade. Em ambientes e estações com maior disponibilidade de umidade há uma maior abundância na atividade de formigas em busca de recursos (Levings, 1983). Isso pode estar relacionado ao menor esforço energético empregado nessas condições.

A variação da atividade da mirmecofauna também pode ser observada em relação a temperatura e precipitação. As formigas são pecilotérmicas e, portanto, são sensíveis às variações de temperatura no ambiente (Traniello, 1989). Em diferentes habitats, existe um intervalo de temperatura favorável à atividade das formigas, sendo limitada por temperaturas muito baixas ou muito altas, as quais exigem maiores custos energéticos (Nielsen, 1986). De forma semelhante, o índice de precipitação também interfere nessa atividade, uma vez que está relacionado à disponibilidade de água e recursos alimentares (Lachaud et al, 1996). Além disso, fortes chuvas também inibem o forrageamento da maioria das espécies em florestas tropicais (Levings, 1983). Dessa forma, a sazonalidade desse conjunto de condições ambientais pode compor uma mirmecofauna específica em cada estação sazonal.

Outro fator importante na regulação do forrageamento é a disponibilidade de alimento. A distância em relação ao ninho, a quantidade e o tipo de recurso, além da necessidade específica da colônia, interferem nessa atividade de forrageio das formigas (Carroll e Janzen,

1973). A depender desses fatores, e do esforço energético exigido, a busca pelos recursos pode ser mais econômica, envolvendo pequenos grupos de operárias ou recrutamentos em massa da colônia (Carroll e Janzen, 1973; Holldobler e Wilson, 1990). Em ambientes onde o recurso é escasso, as relações de competição e territorialidade entre as espécies por uma fonte de alimento podem modificar a composição da mirmecofauna local (Carroll e Janzen, 1973). Na Caatinga, por exemplo, a sazonalidade das condições ambientais pode ocasionar a escassez temporária de determinados recursos, modificando a dinâmica das interações entre a comunidade de formigas.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Trilha dos Polinizadores, localizada na região serrana da cidade de Redenção, no Estado do Ceará, na área compreendida pelo Campus das Auroras na UNILAB (4° 13' 2.428" S e 38° 42' 51.653" W) (Figura 1). A vegetação é predominante do bioma Caatinga, do tipo Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial (Mata Seca) (Funceme, 2018b), com presença de arbustos e árvores de pequeno e médio porte as quais perdem suas folhas durante o período de seca, adaptações características das plantas que ocorrem nesse bioma (Prado, 2003; Giuliatti, 2003). O clima é tropical quente semiárido, com precipitação anual variando entre 800-1400 mm (Funceme, 2018a). Assim como as demais áreas do semiárido brasileiro, apresenta temperaturas médias anuais elevadas e precipitações irregulares ao longo do ano, destacando-se uma estação seca e outra chuvosa (Freitas Filho, 2011). A duração da estação chuvosa varia entre os meses de novembro a abril, dependendo da movimentação das massas de ar (Prado, 2003). Em nosso estudo, consideramos como estação chuvosa os meses de fevereiro a maio e como estação seca os meses de julho a outubro. Consideramos como período de transição da estação chuvosa para a estação seca o mês de junho, e como período de transição da estação seca para a estação chuvosa os meses de novembro a janeiro.

Foram registradas as variáveis microclimáticas referentes à precipitação, temperatura e umidade relativa do ar da cidade de Redenção, CE, dos meses em que foram realizadas as coletas. Os índices de precipitação foram acessados através da plataforma online de livre acesso da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2024), na qual foi registrada a média mensal de precipitação. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram disponibilizados pelo Grupo de Processamento e Gerenciamento de Energias Renováveis

e Controle (PGERC) da UNILAB. As médias de temperatura e umidade foram obtidas a partir dos valores registrados em cada dia de coleta, em cada estação sazonal analisada.

Figura 1 - (A) Vista geral da área de realização do estudo, Campus das Auroras UNILAB, Redenção-CE; (B) Vista inicial do local de amostragem durante a estação chuvosa, Trilha dos Polinizadores; (C) Vista inicial do local de amostragem durante a estação seca.



Fonte: Própria autora (2023).

3.2 Delineamento experimental

O experimento aplicado consistiu em uma série de coletas de espécies de formigas ao longo de duas estações climáticas, estação seca e chuvosa, a fim de verificar os efeitos das mudanças climáticas sazonais da Caatinga na fauna de formigas, tendo como indicador a variação sazonal da quantidade e variedade de espécies de formigas. Ao todo, foram realizadas três coletas, uma na estação seca, durante o mês de outubro de 2022, uma no período de transição da estação seca para a estação chuvosa, realizada no mês de janeiro de 2023, e uma na estação chuvosa, durante o mês de abril de 2023. Na área de estudo, foi traçada uma linha de 100m de comprimento, em direção aleatória, na qual foram demarcados pontos de coleta a cada 5m, totalizando 20 pontos. Em cada ponto de coleta, foram instaladas duas armadilhas do tipo alçapão ou *pitfall* para coleta das formigas, uma no nível do solo e outra na vegetação a 1m de altura, totalizando 40 armadilhas de alçapão por coleta, ativas durante 48h. Adicionalmente, a cada 20m ao longo da linha, foi coletado 1m² de serapilheira para aplicação no extrator ou funil de Winkler ao longo de 48h, totalizando 5 amostras em extrator por coleta. Aplicamos as armadilhas uma vez em cada uma das 3 coletas, totalizando 45 amostras por coleta, ou 135 amostras em 48h de amostragem por coleta, ou 144h ao todo.

Nesse trabalho, o *pitfall* utilizado consistiu em um pote plástico de 70mL preenchido com solução aquosa de açúcar e sal (5%) e detergente (1%) com abertura de 5cm de diâmetro. O *pitfall* funciona como uma armadilha de queda na qual a formiga cai e afunda na água com detergente (para quebrar a tensão superficial da água) ao buscar pela isca (açúcar e sal). O extrator de Winkler usado nesse trabalho é do tipo mini extrator, composto por um funil de pano com filtro, no qual a serapilheira coletada é posta para secar (Figura 2). Devido ao calor, as formigas presentes na amostra de serapilheira descem para o fundo do extrator, sendo coletadas em um pote contendo solução de álcool (70%). Tanto o alçapão como o extrator utilizado são armadilhas comuns para a captura de formigas (Camargo et al, 2015; Agosti et al, 2000).

Figura 2 - Armadilhas utilizadas para a captura das formigas. (A) Pitfall disposto no solo; (B) Pitfall disposto nas árvores; (C) Extrator de Winkler.



Fonte: Própria autora (2023).

Os espécimes coletados pelas armadilhas foram armazenados em potes contendo álcool 70%. O processamento desse material foi realizado no Laboratório de Zoologia da UNILAB, consistindo na separação das formigas, contagem dos indivíduos e identificação das espécies. Para a identificação das formigas foi realizada consulta ao Guia para os gêneros de formigas do Brasil (Baccaro et al., 2015), plataformas especializadas ANTWEB e ANTWIKI, e Coleção Zoológica do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza da UNILAB. As formigas foram identificadas ao menor nível taxonômico possível sendo aplicado a classificação em morfoespécie (espécies diferenciadas pela morfologia, mas sem identificação taxonômica) quando necessário. As formigas foram armazenadas em álcool 70%, mas até 3 espécimes de cada grupo taxonômico identificado foi taxidermizado para criação da coleção de referência desse trabalho. Todos os espécimes foram tombados na Coleção Zoológica do Laboratório de Zoologia da UNILAB.

3.3 Análise dos dados

A fauna de formigas foi descrita através da quantidade de indivíduos de formigas ou abundância (variável quantitativa discreta), quantidade de espécies de formigas ou riqueza (variável quantitativa discreta), e a ocorrência das espécies de formigas (variável qualitativa nominal). A sazonalidade climática com três estações, seca, transição e chuvosa (variável

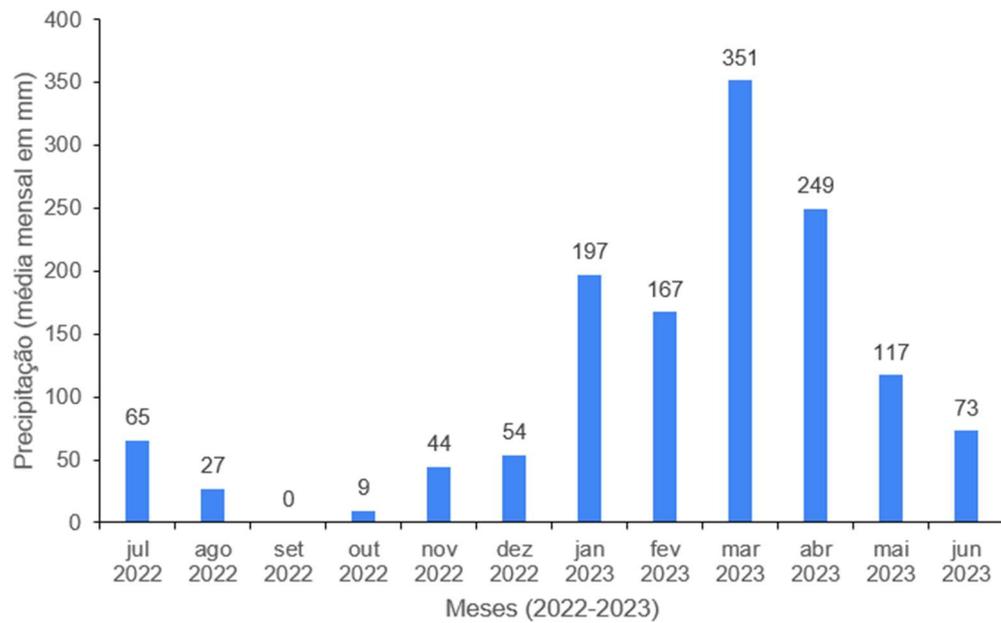
qualitativa ordinal), foi considerada como fator explicativo da variação na fauna de formigas. O habitat no qual a formiga foi coletada (variável qualitativa nominal), solo, vegetação e serapilheira, foi considerado como fator aleatório. O efeito da sazonalidade climática (fator independente), e do tipo de armadilha (fator aleatório), nas variáveis da fauna de formigas (resposta dependente) foi analisado por análise de variância bifatorial (ANOVA) para as variáveis abundância e riqueza de formigas, considerando o somatório da abundância e da riqueza por amostra, ou por análise multivariada de variância (MANOVA), considerando a presença ou a ausência de cada espécie por amostra, em ambos os casos considerando cada armadilha de cada coleta como uma amostra, N=75. Todas as análises foram realizadas no programa estatístico gratuito PAST v3.0.

4. RESULTADOS

4.1 Índices de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar

Considerando o período de chuvas, os índices de precipitação para os meses em que foram realizadas as coletas foram maiores que os demais meses registrados (Figura 3). No intervalo estipulado como período de transição da estação seca para a chuvosa, o mês de janeiro registrou o maior índice de precipitação, com 197 mm. Durante a estação chuvosa, o segundo mês com maior volume de chuvas registrado foi abril, com 249 mm. Em ambos os meses foram realizadas as coletas referentes a cada estação analisada.

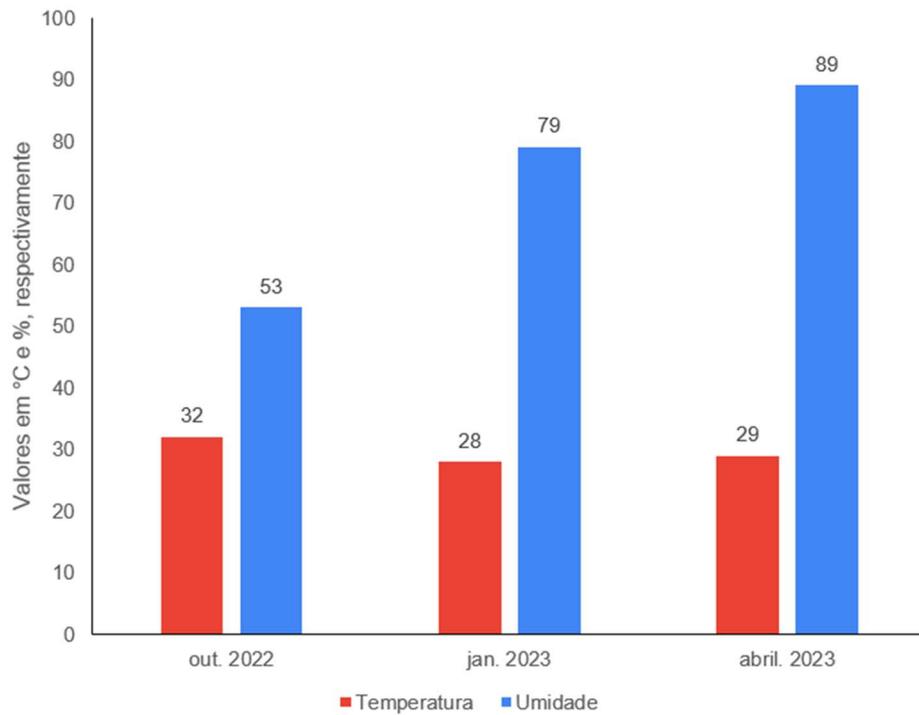
Figura 3 - Índice mensal de precipitação da cidade de Redenção, CE, considerando os meses da estação seca, período de transição e estação chuvosa em que foram realizadas as coletas.



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados fornecidos pela FUNCEME (2024).

Em relação às médias de temperatura e umidade relativa do ar, nota-se que quanto maior a temperatura menor são os índices de umidade. O mês de outubro, representando a estação seca, apresentou a maior média de temperatura (32°C) e, conseqüentemente, o menor índice de umidade (53%) do período analisado (Figura 4).

Figura 4 - Médias de temperatura e umidade relativa do ar da cidade de Redenção, CE, dos dias em que foram realizadas as coletas em cada estação.



Fonte: Própria autora (2024).

4.2 Quantidade, diversidade e composição de formigas

No total, coletamos 4623 formigas de 13 gêneros. Os gêneros de formiga *Pheidole* (40%), *Solenopsis* (23%), *Wasmannia* (17%) e *Camponotus* (10%) foram os mais comuns, enquanto *Crematogaster* (0,10%), *Pseudomyrmex* (0,06%), *Leptogenys* (0,04%) e *Prionopelta* (0,02%) foram mais raros (Tabela 1). Na estação seca, os principais gêneros foram *Pheidole* (55%), *Wasmannia* (25%) e *Camponotus* (11%), enquanto na estação chuvosa os principais foram *Solenopsis* (41%), *Camponotus* (15%) e *Pheidole* (11%) (Tabela 1). As principais 10 morfoespécies foram *Pheidole sp. 3* (23%), *Wasmannia rochai* (17%), *Solenopsis sp. 2* (15%), *Pheidole sp. 1* (10%), *Solenopsis sp. 1* (7%), *Pheidole sp. 8* (4%), *Camponotus atriceps* (4%), *Nylanderia sp.* (2%), *Cephalotes pusillus* (2%) e *Camponotus arboreus* (2%) (Tabela 2; Figura 5).

Tabela 1 - Quantidade de formigas coletadas na estação seca, período de transição da estação seca para a chuvosa e estação chuvosa.

Quantidade de formigas

Gêneros	Estação seca	Período de transição	Estação chuvosa	TOTAL
<i>Pheidole</i>	1482	277	101	1860
<i>Solenopsis</i>	30	680	378	1088
<i>Wasmannia</i>	680	24	81	785
<i>Camponotus</i>	313	33	145	491
<i>Nylanderia</i>	53	6	61	120
<i>Cephalotes</i>	110	2	2	114
<i>Gnamptogenys</i>	0	1	77	78
<i>Strumigenys</i>	0	0	66	66
<i>Odontomachus</i>	7	3	0	10
<i>Crematogaster</i>	3	0	2	5
<i>Pseudomyrmex</i>	2	0	1	3
<i>Leptogenys</i>	0	1	1	2
<i>Prionopelta</i>	0	0	1	1
TOTAL	2680	1027	916	4623

Fonte: Própria autora (2024).

Tabela 2 - Lista de espécies/morfoespécies de formigas coletadas. As siglas SO, V e SE representam o habitat de solo, vegetação e serapilheira, respectivamente.

Espécie/morfoespécie	Código	Quantidade de formigas									TOTAL
		Estação seca			Período de transição			Estação chuvosa			
		SO	V	SE	SO	V	SE	SO	V	SE	
<i>Camponotus atriceps</i>	CAM1	65	32	0	1	3	0	63	51	0	215
<i>Camponotus balzani</i>	CAM2	22	7	0	1	1	0	0	0	1	32
<i>Camponotus arboreus</i>	CAX	76	3	0	5	2	0	6	2	0	94

<i>Camponotus blandus</i>	CAB	26	5	0	4	1	2	7	7	6	58
<i>Camponotus crassus</i>	CAC	66	11	0	7	3	2	1	1	0	91
<i>Pheidole sp. 1</i>	PHE1	394	11	0	53	0	3	9	4	1	475
<i>Pheidole sp. 2</i>	PHE2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Pheidole sp. 3</i>	PHE3	899	0	0	108	26	0	52	10	0	1095
<i>Pheidole sp. 4</i>	PHE4	0	7	0	46	0	3	1	0	0	57
<i>Pheidole sp. 5</i>	PH 5	0	1	0	0	0	0	5	0	0	6
<i>Pheidole sp. 6</i>	PHE6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Pheidole sp. 7</i>	PHE7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Pheidole sp. 8</i>	PHE8	170	0	0	35	0	0	0	2	10	217
<i>Pheidole sp. 9</i>	PHE9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Pheidole sp. 10</i>	PHE10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Wasmannia rochai</i>	WAS1	631	47	1	21	1	3	10	6	65	785
<i>Cephalotes pusillus</i>	CEP1	14	96	0	0	0	2	2	0	0	114
<i>Pseudomyrmex elongatus</i>	PSM1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
<i>Pseudomyrmex acanthobius</i>	PMX3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Crematogaster sp.</i>	CRE1	0	3	0	0	0	0	0	2	0	5
<i>Solenopsis sp. 1</i>	SOL1	0	0	0	9	6	10	315	19	0	359
<i>Solenopsis sp. 2</i>	SOL2	27	0	2	653	0	8	0	7	37	734
<i>Nylanderia sp.</i>	NYL1	53	0	0	6	0	0	60	0	1	120
<i>Odontomachus chelifer</i>	ODO1	7	0	0	0	0	3	0	0	0	10
<i>Leptogenys sp.</i>	LEPTO1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
<i>Strumigenys elongata</i>	STRU1	0	0	0	0	0	0	0	0	66	66
<i>Prionopelta punctulata</i>	PRIO1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Gnamptogenys moelleri</i>	GNAM1	0	0	0	1	0	0	2	0	75	78

TOTAL
4623

Fonte: Própria autora (2024).

Figura 5 - Imagens das espécies/morfoespécies de formigas coletadas. (A) *Camponotus atriceps*; (B) *Camponotus balzani*; (C) *Camponotus arboreus*; (D) *Camponotus blandus*; (E) *Camponotus crassus*; (F) *Pheidole sp. 1*; (G) *Pheidole sp. 3*; (H) *Pheidole sp. 5*; (I) *Pheidole sp. 6*; (J) *Pheidole sp. 7*; (K) *Pheidole sp. 8*; (L) *Pheidole sp. 10*; (M) *Wasmannia rochai*; (N) *Cephalotes pusillus*; (O) *Pseudomyrmex elongatus*; (P) *Pseudomyrmex acanthobius*; (Q) *Crematogaster sp.*; (R) *Solenopsis sp. 1*; (S) *Solenopsis sp. 2*; (T) *Nylanderia sp.*; (U) *Odontomachus chelifer*; (V) *Leptogenys sp.*; (W) *Strumigenys elongata*; (X) *Prionopelta punctulata*; (Y) *Gnamptogenys moelleri*.

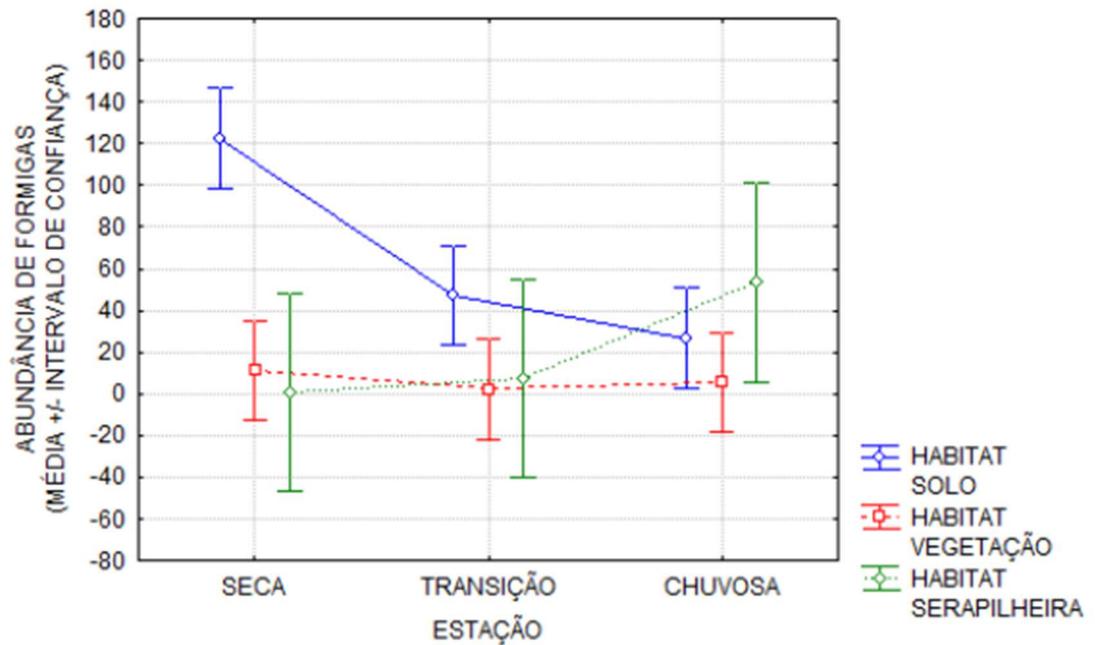


Fonte: Própria autora (2024).

A sazonalidade climática explicou a variação observada na fauna de formigas, mas houve dependência do habitat no qual a formiga foi coletada (Figura 6 e 7). A abundância (ANOVA: $F_{4, 126}=5.8$, $P= 0.0002$) e a riqueza (ANOVA: $F_{4, 126}=9.9$, $P= 0.000001$) de formigas no solo reduziu da estação seca para a chuvosa enquanto na serapilheira aumentou,

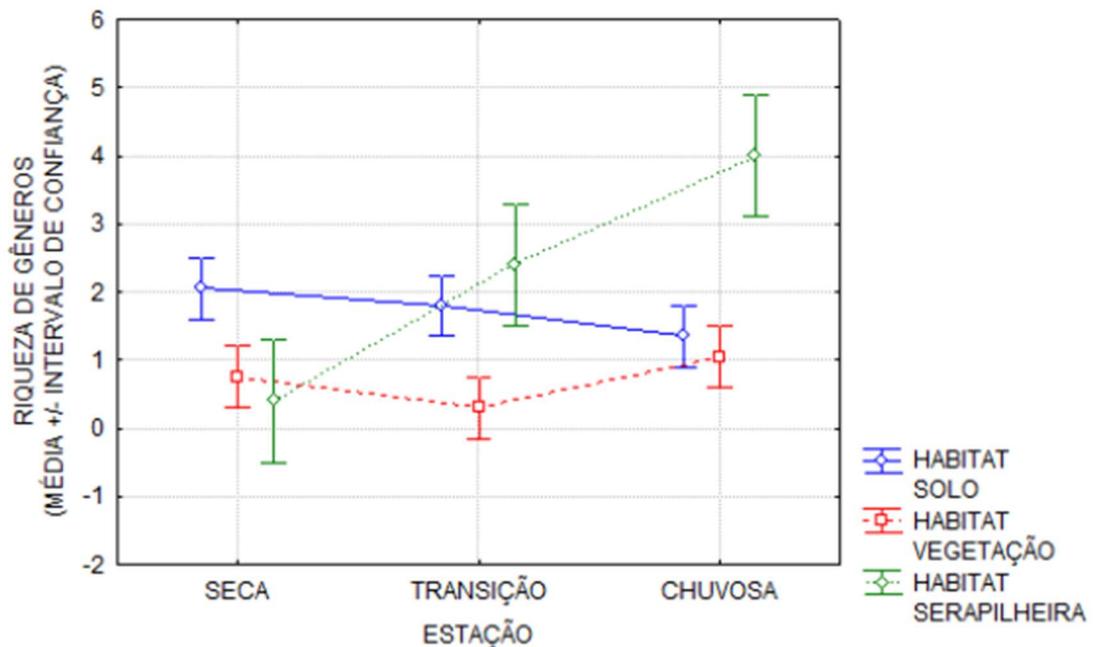
não havendo mudança na vegetação entre estações. Portanto, houve mais formigas no solo durante a estação seca, e na serapilheira durante a chuvosa, com valores intermediários na vegetação em ambas as estações (Tabela 2).

Figura 6 - Comparação entre a estação seca, período de transição da estação seca para a estação chuvosa e estação chuvosa, quanto à quantidade de formigas coletadas em habitat de solo, vegetação e serapilheira.



Fonte: Própria autora (2024).

Figura 7 - Relação dos gêneros de formigas coletadas em habitat de solo, vegetação e serapilheira na estação seca, período de transição da estação seca para a estação chuvosa e estação chuvosa.



Fonte: Própria autora (2024).

Concernente à composição de gêneros de formigas, a estação seca diferiu do período de transição e da estação chuvosa em relação aos gêneros coletados no solo e na vegetação (MANOVA: $F=-3.8$, $P= 0.0001$) (Figura 8). Os gêneros que obtiveram maior destaque na estação seca no habitat de solo foram *Pheidole*, *Camponotus* e *Wasmannia*, com médias de 73.2%, 12.8% e 31.6%, respectivamente, e no habitat de vegetação foram *Camponotus* e *Cephalotes*, com médias de 2.9% e 4.8%, respectivamente. Nos períodos de transição e estação chuvosa, houve uma redução da presença desses gêneros enquanto outros ganharam destaque. No período de transição, *Pheidole* e *Solenopsis* ficam em evidência, com média de 12.2% e 32.8%, respectivamente, enquanto na estação chuvosa *Solenopsis*, *Gnamptogenys*, *Strumigenys* e *Wasmannia* são destaque, com médias respectivas de 15%, 15%, 13.2% e 13%, sendo *Strumigenys* exclusiva dessa estação.

Figura 8 - Relação dos gêneros de formigas coletadas em habitat de solo, vegetação e serapilheira na estação seca, período de transição da estação seca para a estação chuvosa e estação chuvosa. Os símbolos triângulo, quadrado e círculo representam a estação seca, período de transição e estação chuvosa, respectivamente. As cores azul, verde e vermelho representam habitat de solo, serapilheira e vegetação, respectivamente. Cada símbolo é uma amostra, e a distância entre os símbolos, indicado pelos valores dos eixos, representam a

relação a Formicidae, seus resultados mostraram uma maior quantidade de formigas coletadas na estação seca em relação ao período de chuvas e os autores relacionaram esse resultado ao tipo de armadilha empregada, uma vez que utilizaram água em sua composição e essa, como é um recurso escasso na Caatinga durante a estação seca, atuaria como atrativo.

Esse padrão de alto recrutamento de alguns gêneros de formigas para fontes de recursos recém-descobertas ou temporárias também explicaria o porquê da menor quantidade de formigas coletadas na estação chuvosa, uma vez que os recursos alimentares e água estariam mais disponíveis no ambiente e as armadilhas não seriam tão atrativas, não sendo necessário um recrutamento em massa da colônia para essas fontes de recurso. Além disso, fortes chuvas, como as que geralmente ocorrem em ambientes de Caatinga, também inibem o forrageio da maioria das espécies em florestas tropicais (Levings, 1983). Sendo assim, apesar dos índices de precipitação estarem abaixo da estimativa para o quadro de chuvas, é possível que o volume das chuvas dos meses em que as coletas foram realizadas tenham afetado a coleta de formigas nas armadilhas utilizadas.

Referente à riqueza de gêneros de formigas, nosso estudo mostrou que a estação chuvosa apresentou maior riqueza de gêneros em relação ao período de transição e à estação seca nos gêneros coletados na serapilheira em comparação aos de solo e vegetação. Os gêneros com maior quantitativo de formigas que compuseram a serapilheira, *Gnamptogenys*, *Strumigenys*, *Wasmannia* e *Solenopsis* (Tabela 2), apresentam espécies com hábitos diversificados que forrageiam e nidificam no solo e sob a serapilheira, algumas são generalistas, enquanto outras são predadoras especialistas de outros artrópodes (Baccaro et al., 2015). De acordo com a classificação de grupos funcionais adaptada para a região neotropical (Andersen, 2000; Leal et al, 2017), esses gêneros são classificados, respectivamente, como oportunistas, predadoras especializadas, espécies crípticas e formigas de fogo.

A maior diversidade de gêneros na serapilheira na estação chuvosa pode estar relacionada à maior disponibilidade de folhiços, sítios para nidificação e presas nesse período, além de condições de temperatura e umidade mais amenas, conforme demonstrado nos meses em que foram realizadas as coletas (Figura 4). Uma das espécies de formigas presente na serrapilheira e que foi coletada apenas na estação chuvosa foi *Strumigenys elongata* Roger, 1863, que é classificada como predadora especialista de colêmbolos (Brown Jr, 1962). Seu registro apenas nessa estação, assim como apresentado em estudos anteriores (Nunes, 2010), pode estar relacionado à uma maior presença e atividade de suas presas na serapilheira na estação chuvosa. Dessa forma, a variação sazonal de serapilheira, incluindo sítios para nidificação e recursos alimentares para grupos especializados de formigas, podem estar

relacionadas à variação na diversidade de gêneros de formigas coletadas nesse habitat nas diferentes estações (Nunes, 2010; Leal, 2003).

Em relação à composição de gêneros de formigas, observamos que a estação seca diferiu nos gêneros coletados nos habitats de solo e vegetação, sendo que, conforme a aproximação da estação chuvosa há uma redução na presença dos gêneros que obtiveram destaque na seca, enquanto outros gêneros ganham destaque. A mirmecofauna amostrada variou entre as estações analisadas, no entanto, nota-se que somente a estação não é fator determinante para modificar a fauna de formigas, mas outros fatores estão correlacionados, como o tipo de habitat. De modo geral, a mirmecofauna amostrada é composta pelos principais gêneros encontrados em estudos anteriores em áreas de Caatinga (Leal, 2002; Leal, 2003; Quinet e Tavares, 2005; Nunes, 2010) e em outros biomas brasileiros, como cerrado (Silvestre, 2000; Ramos et al, 2003; Silva, Brandão e Silvestre, 2004; Bernardes Júnior, 2018), mata atlântica (Lopes e Leal, 1991; Leal, Ferreira e Freitas, 1993; Silva e Lopes, 1997; Santos et al, 2006), floresta amazônica (Aguiar e Monteza, 1996; Carvalho, 1998; Santos et al, 2012; Oliveira, 2013) e pantanal (Corrêa, Fernandes e Leal, 2006; Sant’Ana et al, 2008; Demétrio, Silvestre e Aoki, 2013). Entre os gêneros amostrados, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Wasmannia* e *Camponotus* foram os mais representados nesse estudo, sendo destaque em praticamente todas as estações, em relação ao número de indivíduos. Os gêneros *Pheidole* e *Camponotus* foram os mais diversificados, apresentando o maior quantitativo de espécies/morfoespécies (dez e cinco espécies/morfoespécies, respectivamente). De acordo com Wilson (1976), os gêneros *Pheidole*, *Camponotus* e *Crematogaster*, juntamente com *Solenopsis*, são os mais prevalentes em nível mundial e isso se deve a sua capacidade de adaptações, diversidade de espécies, extensão da distribuição geográfica e abundância local.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que há uma variação na composição na fauna de formigas ao decorrer das estações sazonais e essa variação também está correlacionada a fatores além daqueles que caracterizam as estações, como o tipo habitat. Sendo assim, considerando o avanço nas mudanças climáticas e a modificação acelerada de diversos habitats, como os ambientes de Caatinga, o estudo dos padrões de forrageio das formigas é relevante para a compreensão dos impactos ocasionados por essas modificações, visto que esses insetos podem ser considerados um dos melhores grupos de invertebrados para o monitoramento ambiental devido a sua sensibilidade às variações no ambiente, ampla distribuição e fácil amostragem. É

provável que diferenças mais significativas sejam encontradas em análises com tempo maior de amostragem durante as estações, assim como em diferentes estratos de vegetação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB’SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AGOSTI, Donati. et al. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, DC: Smithsonian Institution Press. 2000.

AGUIAR, Cândida M. Lima; MONTEZA, Javier Icochea. Comparação da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) associada a árvores em áreas de clareira e floresta intacta na Amazônia Central. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 15, p. 167-174, 1996.

ALMEIDA, F. S.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M. The importance of Poneromorph ants for seed dispersal in altered environments. **Sociobiology**, 60: 229-235, 2013.

ANDERSEN, Alan N. Global ecology of rainforest ants: functional groups in relation to stress and disturbance. In: AGOSTI, Donat. et al (eds). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, p. 25–34, 2000.

ANDERSEN, Alan N. et al. Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands, with particular reference to ants. **Austral Ecology**, v. 29, p. 87–92, 2004.

ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, vol. 4, p. 149-163. 1981.

BACCARO, Fabricio. B. et al. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015.

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. Porto Alegre: Artmed, 4. ed., 2007.

BERNARDES JÚNIOR, Enilton José. **Dinâmica de comunidades de formigas forrageadoras epigéicas em fragmentos de mata seca do cerrado**. 2018. Dissertação de mestrado (Pós-graduação em Produção vegetal), Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, GO, 2018.

BRASIL. Instituto Nacional do Semiárido Brasileira - INSA. **O semiárido brasileiro**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, [2019?]. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiariado-brasileiro>. Acesso em: 16 fev. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/caatinga> . Acesso em: 16 fev. 2024.

BROWN JR., William L. The neotropical species of the ant genus *Strumigenys* Fr. Smith: synopsis and keys to the species. **Psyche**. p. 238-267, 1962.

CAIN, Michael L.; BOWMAN, William D.; HACKER, Sally. D. **Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

CAMARGO, Amábilio José Aires de. et al. **Coleções entomológicas**: legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomia para as principais ordens. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

CORRÊA, Michele M.; FERNANDES, Wedson D.; LEAL, Inara Roberta. Diversidade de Formigas Epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em Capões do Pantanal Sul Matogrossense: Relações entre Riqueza de Espécies e Complexidade Estrutural da Área. **Neotropical Entomology**, p. 724-730, 2006.

CARROLL, C R.; JANZEN, D H. Ecology of foraging by ants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 231-257. 1973.

CARVALHO, Karine Santana. **Efeitos de borda sobre a comunidade de formigas da serrapilheira florestal na Amazônia Central**. 1998. Dissertação de mestrado (Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, AM, 1998.

COSTA, Caio Cesar de Azevedo. et al. Entomofauna presente no conteúdo da serapilheira em área de caatinga na floresta nacional do Açu-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n.4, p.50 -56, out-dez, 2013.

DEL-CLARO, Kleber. et al. Loss and gains in ant–plant interactions mediated by extrafloral nectar: fidelity, cheats, and lies. **Insectes Sociaux**. 2016.

DEMÉTRIO, Manoel Fernando; SILVESTRE, Rogério; AOKI, Camila. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Reserva Particular do Patrimônio Natural Engenheiro Eliezer Batista. **Super valendo**, p. 182-203, 2013.

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

FREITAS FILHO, M. R. **Dinâmica espaço-temporal da paisagem de um enclave úmido no semiárido cearense como subsídio ao zoneamento ambiental**: as marcas do passado na APA da Serra de Baturité-CE - Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, SC. 2011.

FUNCEME. Calendário de Chuvas. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)**. Fortaleza - Ce, 2024.

FUNCEME. Mapa da climatologia do Estado do Ceará período 1981 a 2010. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)**. Fortaleza - Ce, 2018a.

FUNCEME. Mapa Fitoecológico do Estado do Ceará - 1994 - Escala 1:600.000. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)**. Fortaleza - Ce, 2018b.

GIULIETTI, Ana Maria et. al. **Diagnóstico da Vegetação Nativa do Bioma Caatinga**. 2003, p. 48-78.

HOLLOBLER, Bert; WILSON, Edward O. **The ants**. Belknap Press, 1990.

LATTKE, John E. Estado da arte sobre a taxonomia e filogenia de Ponerinae do Brasil. In: DELABIE, Jacques H. C. et al. **As formigas poneromorfas do Brasil**. Ilhéus: Editus, 2015. p. 55-73.

LACHAUD, J. P. et al. Comparaison de l'impacto de prédation de deux ponérines du genre *Ectatomma* dans un agroécosystème néotropical. **Insectes Sociaux**, vol. 10, p. 67-109, 1996.

LEAL, Inara Roberta. Diversidade de formigas em diferentes unidades de paisagem da Caatinga. In: LEAL, Inara Roberta.; TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE. p. 435-462. 2003.

LEAL, Inara Roberta. et al. Ants of the Caatinga: diversity, biogeography, and functional responses to anthropogenic disturbance and climate change. In: SILVA, José Maria Cardoso da; LEAL, Inara Roberta; TABARELLI, Marcelo (eds). **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. Springer International Publishing, p. 65-95, 2017.

LEAL, Inara Roberta; FERREIRA, Sirayama de O.; FREITAS, André V. L. Diversidade de formigas de solo em um gradiente sucessional de Mata Atlântica, ES, Brasil. **Biotemas**, v. 6, n. 2. 1993.

LEVINGS, Sally C. Seasonal, annual, and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: some causes of patchy species distributions. **Ecological Monographs**, p. 435-455, 1983.

LOPES, Benedito Cortês; LEAL, Inara Roberta. Levantamento preliminar de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de solo e vegetação em um trecho de mata atlântica, Morro da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC. **Biotemas**, v. 4, n. 2. 1991.

NIELSEN, Mogens Gissel. Respiratory rates of ants from different climatic areas. **Journal of Insect Physiology**. vol. 32, n. 2, p. 125-131. 1986.

NUNES, Francyrégis Araújo. **Efeitos da sazonalidade pluviométrica sobre a diversidade e a composição de uma assembleia de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em uma área de Caatinga**. 2010. Dissertação de mestrado (Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais), Centro de Ciências - Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2010.

OLIVEIRA, Adriano Henrique Cruz de. **Padrões temporais de diversidade: dinâmica de assembleias de formigas de liteira (Hymenoptera: Formicidae) em 25 km² de floresta Amazônica**. 2013. Dissertação de mestrado (Pós-graduação em Entomologia), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, AM, 2013.

PIZO, Marco A.; GUIMARÃES JR., Paulo R.; OLIVEIRA, Paulo S. Seed removal by ants from faeces produced by different vertebrate species. **Ecoscience**, 12: 136-140. 2005.

PRADO, Darién E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da. (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE. 2003.

QUINET, Yves Patric; TAVARES, Antonio Alves. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da área Reserva Serra das Almas, Ceará. In: ARAÚJO, Francisca Soares de; RODAL, Maria Jesus Nogueira; BARBOSA, Maria Regina de Vasconcelos. (Org). **Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

RAMOS, Lucimeire de S. et al. Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em áreas de cerrado “stricto sensu” em Minas Gerais. **Lundiana: International Journal of Biodiversity**, p.95-102, 2003.

RICKLEFS, Robert E. Community diversity: relative roles of local and regional processes. **Science**, v. 235, p. 167-171, 1987.

- SANT'ANA, Michelle Viscardi. et al. Atividade de Forrageamento de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Áreas de Mata e Campo de Gramíneas no Pantanal sul-matogrossense. **EntomoBrasilis**, p. 29-32, 2008.
- SANTOS, Mônica S. et al. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia Série Zoológica**. Porto Alegre, 2006.
- SANTOS, Sérgio Rodrigo Quadro dos. et al. A riqueza das formigas relacionada aos períodos sazonais em Caxiuana durante os anos de 2006 e 2007. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.3, 2012.
- SILVA, Rogério Rosa da; BRANDÃO, Carlos Roberto F.; SILVESTRE, Rogério. Similarity Between Cerrado Localities in Central and Southeastern Brazil Based on the Dry Season Bait Visitors Ant Fauna. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 39, n. 3, p. 191–199, 2004.
- SILVA, Rogério Rosa da; LOPES, Benedito Cortês. Ants (Hymenoptera: Formicidae) from Atlantic rainforest at Santa Catarina Island, Brazil: two years of sampling. **Revista de Biologia Tropical**, 45: 1641-1648, 1997.
- SILVESTRE, Rogério. **Estrutura de comunidades de formigas do cerrado**. 2000. Tese de doutorado (Pós-graduação em Entomologia), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2000.
- TOWNSEND, Colin R.; BEGON, Michael; HARPER, John L. **Fundamentos em Ecologia**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- TRANIELLO, James F. A. Foraging strategies of ants. **Annual Review of Entomology** 34: 191–210. 1989.
- WARD, Philip S. Ants. **Current Biology**. vol. 16, p. 152-155, 2006.
- WEBER, Neal A. Fungus-growing ants. **Science**, vol. 153, 1966.

WILSON, Edward O. Which are the most prevalent ant genera? **Studia Entomologica**, v. 19, p. 187-200, 1976.

WIRTH, Rainer et al. Herbivory of leaf-cutting ants: a case study on *Atta colombica* in the tropical rainforest of Panama. **Ecological studies**, vol. 164. Springer Verlag, Berlin. 2003.