

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA BACHARELADO

HÍVINE RAQUEL SOUSA SOARES

**MIRMECOFAUNA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DE AMBIENTE EM  
ÁREAS DE ROÇADOS**

SÃO LUÍS

2020

HÍVINE RAQUEL SOUSA SOARES

**MIRMECOFAUNA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DE AMBIENTE EM  
ÁREAS DE ROÇADOS**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Profa. Dra. Ariadne Enes Rocha

SÃO LUÍS

2020

Soares, Hívine Raquel Sousa.

Mirmecofauna como indicador de qualidade de ambiente em áreas de roçados / Hívine Raquel Sousa Soares. – São Luís, 2020.

38 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Profa. Dra. Ariadne Enes Rocha.

HÍVINE RAQUEL SOUSA SOARES

**MIRMECOFAUNA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DE AMBIENTE EM  
ÁREAS DE ROÇADOS**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em: 11/12/2020

**BANCA EXAMINADORA**

  
Dr<sup>a</sup>. Ariadne Enes Rocha – Orientadora  
DFF/CCA/UEMA

Dr<sup>a</sup>. Ester Azevedo da Silva  
DFF/CCA/UEMA

  
Dr<sup>a</sup>. Albéryca Stéphany de Jesus Costa Ramos  
CCA/UEMA

## AGRADECIMENTOS

A Deus por se fazer presente em todos os momentos da minha vida, por ter me dado forças e saúde para percorrer esse trajeto.

Aos meus familiares, pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

À minha orientadora e professora, Dr<sup>a</sup>. Ariadne Enes Rocha, pelos ensinamentos e pela oportunidade de realizar este trabalho.

À Engenheira Agrônoma Dr<sup>a</sup>. Albéryca Ramos do Laboratório de Entomologia (UEMA), pela paciência e toda disponibilidade em me auxiliar nas identificações e demais funções.

A todos os amigos pela amizade e parceria ao longo da vida universitária.

À comunidade de Patizal, Morros – MA, e a Associação Agroecológica Tijupá.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

“Nada te perturbe, Nada te espante,  
Tudo passa, Deus não muda,  
A paciência tudo alcança;  
**Quem a Deus tem, Nada lhe falta:  
Só Deus basta”.**

(Santa Teresa D’Ávila)

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
3.1 Agroecossistemas: degradação e perda de habitats.....	11
3.2 Organismos como indicadores ambientais.....	12
3.3 Mirmecofauna bioindicadora.....	14
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
4.1 Caracterização da área.....	15
4.2 Procedimento metodológico.....	16
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>29</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>36</b>

## RESUMO

As formigas são insetos eussociais agrupados dentro de uma única família (Formicidae), a qual contém 17 subfamílias e 333 gêneros. Os bioindicadores são organismos vivos ou processos biológicos utilizados para avaliar os impactos ambientais e monitorar a recuperação do meio ambiente. As comunidades de formicídeos são importantes ecologicamente por interagir com outros organismos em todos os níveis tróficos, e podem potencialmente ser utilizadas como bioindicadores por apresentarem alta abundância e riqueza de espécies, distribuição geográfica ampla e podem ser facilmente amostradas. Objetivou-se avaliar o potencial bioindicador das formigas em áreas com diferentes tipos de manejo de roçado. Os tratamentos consistiram em diferentes estratégias de manejo de capoeira para implantação de roçados, e cinco unidades amostrais (sub-parcelas), descritas como: T1 - Roçado tradicional (corte e queima), T2 - Roçado enriquecido (plantio de leguminosas no fim do uso agrícola); T3 - Sistema de aleias (plantio de leguminosas em linhas com faixas de cultivo); T4 - Roçado com faixa de vegetação nativa (manutenção da capoeira em faixas intercaladas com faixa de cultivo) e T5 - Roçado sem fogo (abertura de área, no entanto sem realizar a queima). Os indivíduos foram coletados com auxílio da armadilha Provid. Foram identificadas 68 espécies de formigas, distribuídas em 17 gêneros e 5 subfamílias, com destaque para a subfamília Myrmicinae que apresentou o maior número de espécies. *Ectatomma muticum* foi a espécie com o maior número de registros, *Solenopsis* sp.1, *Solenopsis* sp. 2, *Solenopsis* sp. 3 e *Solenopsis* sp. 5 obtiveram maior dominância e *Pheidole* sp. 1, *Pheidole* sp. 2, *Pheidole* sp. 3, *Pheidole* sp. 4, *Pheidole* sp. 5, *Pheidole* sp. 6, *Pheidole* sp. 7, *Pheidole* sp. 8, *Pheidole* sp. 9, *Pheidole* sp. 10 e *Pheidole* sp. 11 apresentaram o maior número de espécies. O efeito dos tratamentos sobre a abundância de formigas foi significativo ( $F_{(4,16)} = 2,8538$ ;  $p = 0,000325$ ), onde o Sistema de aleias (T3) se diferenciou significativamente dos demais, apresentando a maior abundância de formigas, mostrando que a importância da presença das leguminosas. Observou-se que não houve correlação significativa entre a abundância de formigas e as variáveis climáticas precipitação pluviométrica acumulada, temperatura média do ar e umidade relativa do ar.

**Palavras-chave:** Estratégias de manejo. Formigas. Bioindicador.



## ABSTRACT

Ants are eussocial insects grouped within a single family (Formicidae), which contains 17 subfamilies and 333 genres. Bioindicators are living organisms or biological processes used to assess environmental impacts and monitor the recovery of the environment. Formicid communities are ecologically important for interacting with other organisms at all trophic levels, and can potentially be used as bioindicators for having high species abundance and richness, wide geographic distribution and can be easily sampled. The objective was to evaluate the potential bioindicator of ants in areas with different types of swidden management. The treatments consisted of different capoeira management strategies for planting gardens, and five sample units (sub-plots), described as: T1 - Traditional clearing (cutting and burning), T2 - enriched clearing (legume planting at the end of agricultural use); T3 - Alley system (legume planting in rows with crop strips); T4 - cleared with native vegetation strip (maintenance of capoeira in strips interspersed with cultivation strip) and T5 - cleared without fire (opening the area, however without burning). The individuals were collected with the aid of the Provid trap. 68 species of ants were identified, distributed in 17 genera and 5 subfamilies, with emphasis on the subfamily Myrmicinae, which presented the largest number of species. *Ectatomma muticum* was the species with the highest number of records, *Solenopsis* sp.1, *Solenopsis* sp. 2, *Solenopsis* sp. 3 and *Solenopsis* sp. 5 obtained greater dominance and *Pheidole* sp. 1, *Pheidole* sp. 2, *Pheidole* sp. 3, *Pheidole* sp. 4, *Pheidole* sp. 5, *Pheidole* sp. 6, *Pheidole* sp. 7, *Pheidole* sp. 8, *Pheidole* sp. 9, *Pheidole* sp. 10 and *Pheidole* sp. 11 had the largest number of species. The effect of the treatments on the abundance of ants was significant ( $F(4,16) = 2.8538$ ;  $p = 0.000325$ ), where the Alley System (T3) differed significantly from the others, presenting the highest abundance of ants, showing that the importance of the presence of legumes. It was observed that there was no significant correlation between the abundance of ants and the climatic variables accumulated rainfall, average air temperature and relative humidity.

**Keywords:** Management strategies. Ants. Bioindicator.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa do Projeto de Assentamento (P. A.) Rio Pirangi, Morros – MA.....	16
Figura 2	Croqui da distribuição dos tratamentos, povoado Patizal, Morros – MA.....	17
Figura 3	Instalação de armadilhas em campo, povoado Patizal, Morros – MA.....	18
Figura 4	Identificação dos organismos, Laboratório de Entomologia, UEMA.....	19
Figura 5	Montagem dos organismos em alfinetes entomológicos, UEMA.....	19
Figura 6	Espécie de formiga <i>Ectatomma muticum</i> em vista lateral.....	20
Figura 7	Abundância de formigas em função dos tratamentos. ANOVA para medidas repetidas seguidas por teste de média (Tukey) a 5% de probabilidade. Média $\pm$ erro padrão são apresentados. Tratamentos: T1-Roçado tradicional (corte e queima), T2- Roçado enriquecido, T3 - Sistema de aleias, T4 - Roçado com faixa de vegetação nativa, T5 – Roçado sem fogo.....	24
Figura 8	Flutuação populacional das formigas relacionadas com as variáveis climáticas, Morros - MA.....	25

## 1 INTRODUÇÃO

As formigas são insetos eussociais (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990) agrupados dentro de uma única família (Formicidae), a qual contém 17 subfamílias e 333 gêneros. Desempenham um importante papel nos ecossistemas por exibirem as características necessárias à verificação das condições de preservação, degradação ou recuperação do ambiente, tais como: dominância, ampla distribuição, alta abundância e riqueza de espécies, facilidade de amostragem e sensibilidade a alterações no ambiente, apresentam-se como excelentes indicadoras de qualidade biológica (BOLTON, 2018; FRANÇA et al., 2014; CORASSA et al., 2015).

Os bioindicadores são organismos vivos, ou processos biológicos, utilizados para avaliar os impactos ambientais e monitorar a recuperação do meio, e servem para prever problemas ecológicos ou diagnosticar as causas das mudanças ambientais (LOUZADA et al., 2000; NIEMI; MCDONALD, 2004).

As comunidades de formicídeos são importantes ecologicamente por interagir com outros organismos em todos os níveis tróficos e, na maioria das espécies, possui ninho perene e estacionário. Dentre os serviços ecossistêmicos prestados estão a remoção do solo e criação de galerias e câmeras que melhoram a oxigenação, a infiltração e retenção da água nas camadas internas, junto com a mineralização de nutrientes. Também auxiliam a dispersão, germinação de sementes e viabilidade de plântulas (FREITAS et al., 2006; FOLGARAIT, 1998; DÁTTILO et al., 2009; LEAL et al., 2015; TANAKA et al., 2015)

A agricultura convencional tem um impacto negativo sobre a diversidade de formigas, no entanto, os sistemas agrícolas tradicionais, apesar do uso do fogo, são melhores em conservar a biodiversidade (QUEIROZ; ALMEIDA; PEREIRA, 2006).

A realização das queimadas como estratégia de preparo de áreas, tradicionalmente executada no Nordeste do país, tem gerado muitas discussões, tendo em vista que a queima da vegetação promove a liberação dos elementos químicos como P, Ca, Mg e C dificultando ou impedindo o processo de reciclagem, aumentando temporariamente a disposição de nutrientes no solo. A queima dos resíduos vegetais eleva os teores das bases trocáveis, e poderá, no longo prazo, diminuir a fertilidade do solo, uma vez que as cinzas são facilmente carregadas por lixiviação e, ou, erosão (MENDONZA et al, 2000; LOUZADA et al, 2003).

Uma das maneiras de detectar e monitorar os padrões de mudança na biodiversidade, provocados por ações antrópicas é utilizar espécies – ou mesmo grupo de espécies – que

atuam como bioindicadoras da degradação ambiental, pois a presença ou a ausência de uma população pode servir como parâmetro a ser avaliado (SANTOS et al., 2006; RÉ, 2007).

Neste sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial bioindicador das formigas em áreas com diferentes tipos de manejo de roçado.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Agroecossistemas: degradação e perda de habitats**

Área degradada é aquela que sofreu, em algum grau, perturbações em sua integridade, sejam elas de natureza física, química ou biológica, e que necessita de recuperação, que consiste na reversão da condição degradada para uma condição não degradada, independentemente de seu estado original e sua destinação futura (EMBRAPA, 2015; RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).

Entende-se por degradação ambiental como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou ainda da qualidade ambiental (SÁNCHEZ, 2013).

A fragmentação resulta de um processo histórico de uso do solo desde o período colonial e representa uma das principais ameaças à conservação da diversidade biológica e decorre de atividades como a agricultura, pecuária, instalações industriais, produção de energia e urbanização. Estas atividades são conhecidas pelo impacto que causam sobre a biodiversidade ao alterarem componentes abióticos como a temperatura e umidade local e homogeneizarem as comunidades de organismos (ZANELLA et al., 2012; GARDNER, 2010; FREIRE et al., 2012).

De acordo com Filho (2017) o processo de fragmentação e perda de habitats são as principais ameaças à biodiversidade decorrentes do uso do solo, como as práticas agrícolas. As alterações ambientais oriundas desses fragmentos florestais resultam na degradação e perda da diversidade biológica. E assim torna-se uma das maiores ameaças antrópicas às comunidades edáficas (SPILLER et al., 2018).

A fauna edáfica pode ser afetada por diversos fatores, tais como, o tipo de solo, de vegetação e de condições climáticas, podendo assim inferir sobre o estado de degradação, recuperação, conservação ou, até mesmo, de mudanças climáticas (BERUDE et al., 2015).

A recuperação de áreas degradadas vai além da simples formalidade legal fundamentada na obrigatoriedade de reparar o dano causado ao meio ambiente. A obrigação de recuperar consiste em reconduzir a área a uma situação de equilíbrio, essencial para garantir os serviços ambientais dos ecossistemas naturais (BRANCALION et al., 2016).

A avaliação do estado de conservação ou degradação de uma área pode ser realizada através do monitoramento, pois ele irá apresentar características e informações importantes da área, que posteriormente subsidiará a necessidade ou não de uma recuperação. Ao mesmo tempo é desejável que a técnica de monitoramento seja simples, de baixo custo e fácil execução, assim a utilização de bioindicadores é uma alternativa viável nesse aspecto (COSTA, 2019).

### **3.2 Organismos como indicadores ambientais**

Os indicadores ambientais são instrumentos de gestão essenciais nas atividades de monitoramento e avaliação de ambientes degradados pois permitem identificar avanços e melhorias de qualidade, correção de problemas ou até mesmo necessidades de mudança. A exemplo, temos os indicadores do solo, da água, ar e/ou organismos (GOMEZ et al., 1996; SEGAWA et al., 2014; THIVIERGE et al., 2014; TARGETTI et al., 2014).

Por possuírem muitas características benéficas ao solo, e por estarem envolvidas em diversas funções e processos do solo, a meso e a macrofauna podem ser consideradas boas indicadoras da qualidade e da sustentabilidade do uso do solo, auxiliando assim na orientação das mudanças na produtividade e no manejo conservacionista (BARETTA, 2007; MOÇO, 2006).

A mesofauna compreende os ácaros, colêmbolos e alguns insetos, organismos com tamanho entre 0,2 a 2 mm, os quais podem habitar os poros do solo próximos à superfície, não promovendo o revolvimento do solo. A macrofauna compreende organismos com tamanho entre 2 a 10 mm, e são capazes de remover o solo, abrindo galerias que permitem fazer ligações entre os horizontes do solo, como é o caso das minhocas, formigas e cupins (HOFFMANN et al., 2009; BRADY; WEILL, 2013).

Dentre os indicadores biológicos, pode-se mencionar diversos grupos de organismos que interagem, influenciam e são influenciados pelas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo por meio de mecanismos como estruturação e homogeneização do solo, fragmentação de material vegetal, decomposição e ciclagem de nutrientes. As comunidades

edáficas, em virtude de sua forte interação com o solo, podem ser profundamente afetadas por diversas práticas de manejo, tais como mudanças no uso do solo, monocultivos, aplicação de defensivos e fertilizantes, compactação, disponibilidade de nutrientes, dentre outros (ABREU et al., 2014; SIQUEIRA et al., 2016).

Os invertebrados estão entre os mais diversos organismos na Terra, contribuindo significativamente para o funcionamento e integridade do ecossistema, além de possuírem elevado potencial como bioindicadores (GRODSKY et al., 2015).

Um importante parâmetro para a avaliação da qualidade do solo está na interação dos invertebrados com as diferentes formas de manejo e uso do solo, visto que a abundância, riqueza e diversidade dos organismos são dependentes das práticas de manejo, intensidade de uso do solo, modificações no microclima e no tipo de cobertura vegetal (SPILLER et al., 2018).

O uso da entomofauna como bioindicadora permite avaliar as consequências das mudanças de habitats estruturalmente complexos em habitats simplificados, apresentando-se como ferramenta de diagnóstico e monitoramento da diversidade biológica, podendo qualificar o ambiente, quantificar os danos causados e identificar os cuidados necessários à conservação (OLIVEIRA et al., 2014).

O tipo de cobertura vegetal é um dos principais fatores envolvidos na distribuição dos organismos edáficos, pois promove a redução do gradiente de temperatura do solo e a formação de serapilheira como substrato e alimento variado para a fauna, uma vez que a diversidade de grupos presentes no solo é dependente do gerenciamento das práticas aplicadas, da disponibilidade de alimento e do teor de material orgânico, bem como da umidade e temperatura, estando tais organismos suscetíveis a modificações (POMPEO et al., 2016).

É comum encontrar nas florestas uma diversidade maior de insetos, geralmente com abundância reduzida e riqueza elevada, pois as populações são controladas pelas relações interespecíficas; em contrapartida, em áreas que sofreram algum impacto ou são utilizadas com monoculturas, são facilmente amostradas poucas espécies, contudo abundantes (CORASSA et al., 2015).

Estudos voltados para a avaliação da influência de diferentes sistemas de manejo do solo sobre a fauna edáfica utilizando artrópodes demonstram que as ordens mais abundantes são Acari, Collembola, Coleoptera, Hymenoptera e Araneae (SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2015; SANTOS et al., 2016).

As ordens Blattodea, Dermaptera, Diplopoda, Gastropoda, Hemiptera, Isopoda e Chilopoda, dentre outras, muitas vezes não expressam valores significativos, contudo desempenham importante papel na manutenção do equilíbrio ecológico e nas relações tróficas (MARQUES et al., 2014).

### **3.3 Mirmecofauna bioindicadora**

As formigas são extremamente abundantes na maioria dos ecossistemas terrestres, conseguem colonizar diferentes tipos de ambientes como praias, dunas, agroecossistemas, pastagens, florestas naturais e plantadas. Porém é nos trópicos que esses insetos apresentam maior abundância, frequência e diversidade. Estima-se que as formigas representam entre 30 a 50% da biomassa animal terrestre de toda floresta amazônica (SANTOS, 2014; BACCARO et al., 2015).

As formigas apresentam elevada abundância e riqueza de espécies em áreas cultivadas; algumas são conhecidas pragas agrícolas, incluindo as formigas-cortadeiras do gênero *Atta*, enquanto outras exercem funções benéficas aos cultivos, como as formigas predadoras dos gêneros *Ectatomma*, *Odontomachus* e *Pachycondyla* (GALLO et al., 2002; COSTA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2015).

Gêneros de formigas, como *Atta* e *Brachymyrmex*, em estudo de mata ciliar foram utilizados por Segat et al. (2017) e se mostraram eficazes na diferenciação de estágios sucessionais de restauração da vegetação. Esses resultados destacam a forte relação entre as formigas e algumas das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo das diferentes áreas.

O fato da riqueza e diversidade de espécies geralmente aumentar conforme a complexidade dos ambientes, pela maior disponibilidade de nichos presentes, também torna este grupo animal muito útil em trabalhos de monitoramento ambiental de áreas perturbadas. As formigas têm sido utilizadas como bioindicadores para monitorar, avaliar e determinar os efeitos da ação antrópica (ROCHA et al., 2015; MARINHO et al., 2002; ARAÚJO et al., 2004; BICKEL; WATANASIT, 2005).

Independente da heterogeneidade ambiental, a abordagem com gênero é capaz de prever, além da riqueza, composição, padrões ecológicos e qualidades desses padrões detectados com as espécies, sendo suficiente em estudos de ecologia de comunidades de formigas (SOUZA et al., 2015).

Atributos ambientais como, riqueza e densidade de plantas, propriedades físicas e químicas do solo e profundidade da serapilheira, tornam os estudos das comunidades de formigas essenciais no entendimento do funcionamento dos ecossistemas e conseqüentemente, de extrema importância em estudos de biodiversidade (SILVA, 2016).

Rocha (2015) afirma que a maior diversidade de formigas ocorre em locais com maior variedade de microhabitats, apresentando grande variação quanto aos nichos utilizados para nidificação. A influência da heterogeneidade ambiental sobre a mirmecofauna é comprovada em diversos estudos (LUTINSKI et al., 2014; CANTARELLI et al., 2015; CORASSA et al., 2015).

Alterações ambientais expõem as formigas à perda ou à disponibilidade de fontes de alimentos assim como de locais para o estabelecimento de suas colônias. Mudanças microclimáticas locais também interferem nas atividades de forrageamento. Assim, variações da riqueza e da abundância destes insetos podem prever o grau de degradação ou de recuperação em que um ambiente se encontra (LUTINSKI et al., 2016).

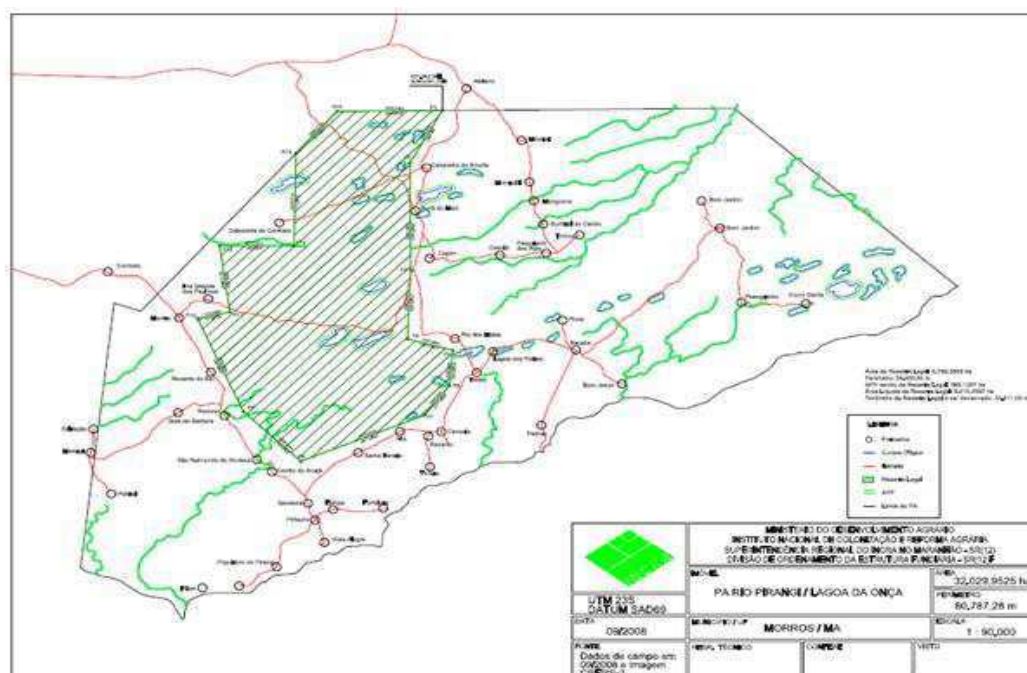
## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Caracterização da área**

A pesquisa foi realizada no Assentamento Rio Pirangi (Figura 1), localizado no município de Morros, é composto por 50 povoados e com área de 32.029,95 ha. Apresenta clima quente-úmido, com temperatura em torno dos 36° C ao dia, e com períodos de chuva e estiagem bem definidos. Localiza-se sobre o meridiano 44°W, fazendo parte da região de transição entre a Amazônia Legal e o Cerrado Brasileiro (TIJUPÁ, 2008).



**Figura 1 - Mapa do Projeto de Assentamento (P. A.) Rio Pirangi, Morros - MA.**



Fonte: TIJUPÁ, 2008.

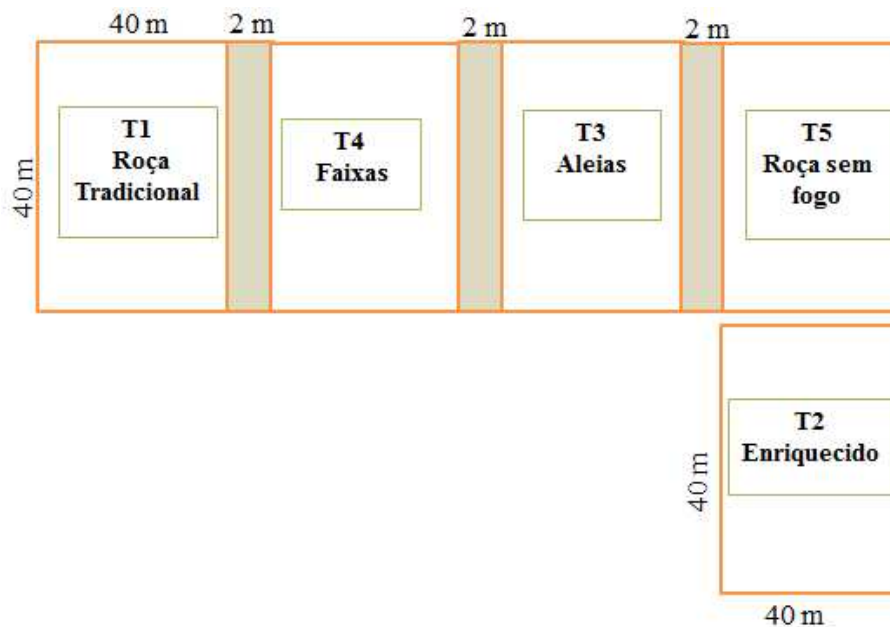
A região de influência do assentamento possui formações geológicas distintas, com destaque para a Formação Itapecuru e Aluviões Marinhos, sob temperaturas médias elevadas e alta umidade, originaram solos bastante intemperizados, com predominância de solos do tipo neossolos quatzarênicos hidromórficos e espodosolos, que são caracterizados por apresentarem uma acumulação de carbono orgânico iluvial e, um ou mais horizonte e alumínio com ou sem ferro, mas cujas características de cor e/ou cimentação não satisfazem os requisitos para horizontes B espódico, dentro de 200 cm da superfície do solo (MOURA, 2006; TIJUPÁ, 2008).

#### 4.2 Procedimento metodológico

Os tratamentos consistiram em diferentes estratégias de manejo de capoeira para implantação de roçados, representados em áreas de dimensões de 40 m x 40 m, com cinco unidades amostrais (sub-parcelas) de 8 m x 40 m, perfazendo uma área de 8.000m<sup>2</sup>, descritas como: T1- Roçado tradicional (corte e queima); T2 - Roçado enriquecido (plantio de leguminosas no fim do uso agrícola); T3- Sistema de aleias (plantio de leguminosas em linhas com faixas de cultivo); T4- Roçado com faixa de vegetação nativa (manutenção da capoeira

em faixas intercalada com faixa de cultivo) e T5- Roçado sem fogo (abertura de área, no entanto sem realizar a queima) (Figura 2).

**Figura 2 - Croqui da distribuição dos tratamentos, povoado Patizal, Morros – MA.**



Fonte: SOARES (2018).

Em cada área de estudo foram colocadas cinco armadilhas do tipo Provid totalizando 125 armadilhas por coleta. Consistia em uma garrafa plástica tipo PET com capacidade de dois litros, contendo quatro aberturas na forma de janelas com dimensões aproximadas de 2 cm x 2 cm na altura de 20 cm de sua base; contendo 200 ml de uma solução de 150 ml de detergente neutro para cada litro de água misturada a cinco gotas de formol a 2 % (ANTONIOLLI et al, 2006; ROCHA, 2011). Posteriormente, foram enterradas no solo, para que as janelas abertas nas garrafas ficassem ao nível da superfície do solo (Figura 3).

**Figura 3 - Instalação de armadilhas em campo, povoado Patizal, Morros – MA.**



Fonte: SOARES (2017).

As coletas foram realizadas no momento de implantação das áreas, nos meses de Junho/2017 com os seguintes dados obtidos do NUGEO/UEMA, temperatura média do ar (26,9 °C), precipitação pluviométrica (117,8 mm) e umidade relativa do ar (84,1%). Dez/2017 temperatura (27,6 °C), precipitação (59,8 mm) e umidade (76,4 %). Nov/2018 temperatura (28,0 °C), precipitação (88,0 mm) e umidade (74,1 %). Maio/2019 temperatura (25,9 °C), precipitação (264,6 mm) e umidade (88,3 %). As armadilhas foram colocadas em campo e recolhidas após 96 horas.

O material coletado foi conduzido ao Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual do Maranhão, onde foi fixado em álcool 70%, triado, etiquetado e identificado ao nível de gênero usando microscópio estereoscópico Stemi DV4 e Guia para os gêneros de formigas do Brasil de Baccaro et al. 2015 (Figura 4 e 5). A identificação específica foi realizada no Laboratório de Entomologia da UEMA, baseada na morfologia externa, comparação com a coleção de formigas do INPA. O material foi depositado na Coleção Entomológica Iraci Paiva Coelho (UEMA) e no Museu de Entomologia do INPA.

**Figura 4 - Identificação das espécimes de Formicídeos, Laboratório de Entomologia, UEMA.**



Fonte: SOARES (2017).

**Figura 5 - Montagem das espécimes de Formicídeos em alfinetes entomológicos, UEMA.**



Fonte: SOARES (2017).

A abundância da mirmecofauna foi baseada nas frequências absolutas das espécies nas amostras. As análises de variância para medidas repetidas com soma de quadrados tipo I (sequencial) seguidas de teste de Tukey (5% de probabilidade) foram conduzidas para testar o efeito do uso da terra sobre a abundância de formigas ao longo do tempo, utilizando-se o programa Estatística 8.0 (StatSoft Inc 1984-2007). Todos os dados foram testados para normalidade e transformados usando-se  $\log(x+1)$  sempre que necessário.

A estrutura das comunidades de formigas foi analisada por diferentes índices faunísticos: abundância, frequência, constância e dominância, de acordo com Silveira Neto et al. (1976), utilizando-se o software ANAFAU.

Para determinação da flutuação populacional foram utilizadas as médias mensais da abundância relativa das formigas capturados ao longo período amostral. Os registros diários dos dados meteorológicos foram obtidos no Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão (NUGEO/UEMA), provenientes da Plataforma de Coleta de Dados Meteorológicos instalada na cidade de São Luís - MA (2° 35' 106 S; 44° 12' W).

Para detectar possíveis relações entre as variáveis bióticas e abióticas realizou-se a análise de correlação linear simples entre os valores médios de cada fator climático estudado (temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação) e o número médio mensal de formigas, utilizando-se o software Statistica 10 (Statsoft Inc.). Os gráficos foram feitos com o programa SigmaPlot versão 10.0 (Systat 112 Software Inc.).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificou-se um total de 68 espécies de formigas, distribuídas em 17 gêneros e 5 subfamílias. A subfamília com maior número de espécies foi Myrmicinae (28 espécies), seguida de Formicinae (16), Dolichoderinae e Ectatomminae (11) e Ponerinae (3). Quanto aos gêneros, *Pheidole* foi o mais rico apresentando 11 espécies. A espécie de formiga mais frequente foi *Ectatomma muticum*, com 135 registros, comum a todos os cinco ambientes (Figura 6).

Figura 6 - Espécie de formiga *Ectatomma muticum* em vista lateral.



Fonte: SOARES (2017).

Myrmicinae é a maior subfamília de Formicidae representada por aproximadamente 41% das espécies encontradas no mundo, o que pode justificar a predominância desse grupo de organismos no presente estudo, representada pelos gêneros: *Cephalotes*, *Crematogaster*, *Cyphomyrmex*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Trachymyrmex* e *Oxyepoecus* (BOLTON, 2016).

A predominância de Myrmicinae também pode ser explicada por este ser um grupo de formigas extremamente adaptável a diversos nichos ecológicos na região Neotropical (COELHO, 2011; CAJAIBA; SILVA, 2014).

A baixa diversidade de espécies de Ponerinae amostrado nos ambientes pode ter ocorrido em função das condições ecológicas do local, do hábito alimentar e de nidificação das espécies ou porque naturalmente, sejam espécies que ocorram com baixas densidades populacionais nestas áreas, independente de seu estado de conservação (DORVAL et al., 2017).

*Camponotus*, *Pheidole* e *Solenopsis* geralmente são os gêneros que possuem maior riqueza em áreas antropizadas, mas também estão presentes em ambientes preservados, principalmente por conta da tolerância de algumas espécies dos gêneros às variações das condições ambientais (CORRÊA et al., 2006). Tais características justificam a riqueza desses gêneros nas áreas.

De todos os gêneros vistos na tabela de análise faunística (Apêndice A), *Solenopsis* foi o que apresentou espécies com alta dominância, abundância, frequência e constância. *Solenopsis* sp. 1, *Solenopsis* sp. 2 e *Solenopsis* sp. 3 e *Solenopsis* sp. 5 se mostraram dominantes, muito abundantes, muito frequentes e constantes, com exceção da sp. 6 como acessória. Apresentaram maiores registros no Sistema de aleias (T3) com *Solenopsis* sp. 1 e *Solenopsis* sp. 5, Roçado com faixa de vegetação nativa (T4) e Roçado sem fogo (T5) para *Solenopsis* sp. 2, Roçado enriquecido (T2) para a *Solenopsis* sp. 3 e T4 para *Solenopsis* sp. 6. As morfo espécies de *Solenopsis* são amplamente distribuídas e encontradas nos mais diversos habitats, ocorrem tanto em ambientes naturais como em perturbados, incluindo residências em áreas urbanas (BACCARO et al., 2015).

*Pheidole* sp. 7 classificou-se como dominante, abundante, muito frequente e constante. A *Pheidole* sp. 5 teve maior registro no Roçado sem fogo (T5), já *Pheidole* sp. 7 e *Pheidole* sp. 6 se destacaram no Roçado com faixa de vegetação nativa (T4) e *Pheidole* sp. 8 no Roçado tradicional (T1).

Ambientes antropizados, como a capoeira, apesar de serem florestados, normalmente apresentam dominância numérica de algumas espécies, em especial as pertencentes ao gênero *Pheidole* (PEIXOTO et al., 2010).

Observou-se que *Camponotus* sp. 6 apresentou-se com os maiores índices, e conforme a análise faunística destacou-se como, dominante, muito abundante, muito frequente e acessória, sendo mais representativa no Roçado tradicional (T1). Já *Camponotus* sp. 2 mostrou-se como dominante, disperso, pouco frequente e constante, mais representada no Roçado com faixa de vegetação nativa (T4). Segundo Silvestre et al. (2003) espécies do gênero *Camponotus* possuem comportamento generalista e agressivo e estão geralmente associadas a ambientes perturbados.

*Brachymyrmex* sp. 1 foi registrada em todas as áreas, com predominância no T3, sendo classificada em dominante, comum, frequente e acessória. O gênero é considerado forrageiro epigéico e dominante de serapilheira. Em estudo de mata ciliar se mostrou eficaz na diferenciação de estágios sucessionais de restauração da vegetação. Correlacionando-se com um sítio nativo não perturbado (RÉ, 2007; SEGAT et al., 2017). Desta forma, sua frequência no T3 pode ser explicada pelo fato da área apresentar mais espécies vegetais que as demais, o que pode gerar maior acúmulo de serapilheira, e favorece esta espécie.

*Paratrechina* sp. 1 se fez predominante no T2, se apresentando como dominante, comum, frequente e constante. As morfo espécies são onívoras, vivem no solo e são muito velozes, competidoras e forrageadoras oportunistas. Possuem distribuição cosmopolita, e habitam ambientes naturais perturbados e áreas urbanas (BACCARO et al., 2015).

*Crematogaster* sp. 1 obteve maior registro no T1, classificada como dominante, dispersa, pouco frequente e constante. *Crematogaster* sp. 2 mostrou-se dominante, comum, frequente e acessória, predominando no T2. *Crematogaster* (Lund) possui distribuição cosmopolita, e na região Neotropical, é um dos gêneros com maior número de espécies e abundância. Tais indivíduos nidificam em galhos, troncos vivos ou em decomposição, domáceas de plantas especializadas, na serapilheira, além de ser indicador de estágios iniciais de sucessão ou de áreas degradadas (LONGINO, 2003; GOMES, 2013).

*Trachymyrmex* sp. 1 obteve registro igual no T1, T4 e T5, também classificada como dominante, comum, frequente e acessória. *Trachymyrmex* (Forel) possuem tamanho pequeno e forrageiam de modo conspícuo no solo, coletando oportunamente ampla variedade de itens para o substrato do fungo simbiótico, incluindo fezes de animais, partes de vegetais

secas e, ocasionalmente, alimentando-se de material vivo de plantas (BRANDÃO & MAYHÊ-NUNES, 2007).

*Dolichoderus* sp. 1 ocorreu como dominante, muito abundante, muito frequente e acessória, se destacando no T5. A *Dolichoderus* sp. 2 foi dominante, rara, pouco frequente e constante, apresentando-se apenas no T2. *Dolichoderus* (Lund) é um gênero predominantemente arborícola e comum em florestas tropicais. Os ninhos podem ser grandes, localizados no solo, troncos, copas de árvores, gravetos, matéria vegetal em decomposição e epífitas. Possuem maior atividade durante o período diurno podendo forragear tanto no solo quanto na vegetação (BACCARO et al., 2015).

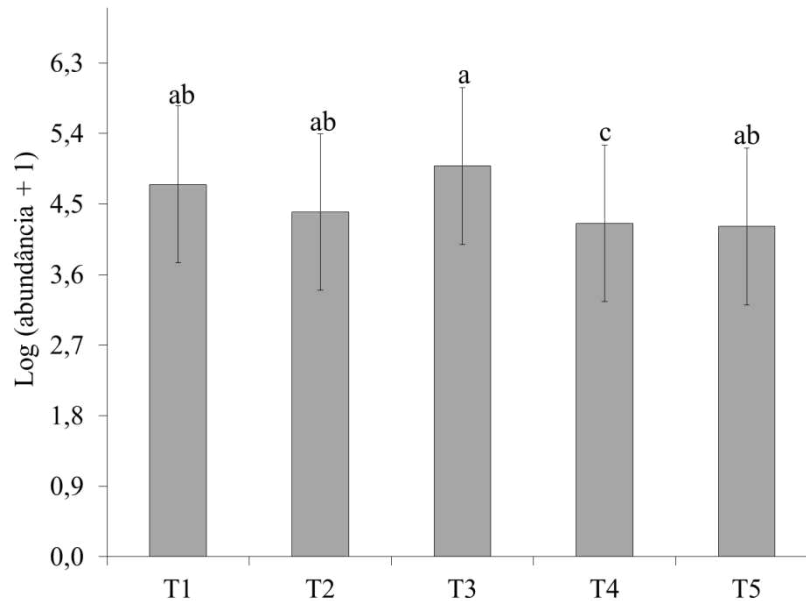
As morfo espécies *Ectatomma* sp. 1 e *Ectatomma* sp. 4 se mostraram dominantes, muito abundantes, muito frequentes, e constantes. *Ectatomma muticum* como dominante, muito abundante, muito frequente e acessória. Todas elas obtiveram registros em todos os tratamentos, com predominância no T1.

*Ectatomma* (F. Smith) possui morfo espécies bastante agressivas, naturalmente inibem o aumento populacional de espécies menos agressivas e que são menos adaptadas para competirem por alimento. Dentre as espécies do gênero encontradas neste estudo, *Ectatomma muticum* (Mayr) é típica de habitat xerófilo, de clima quente e úmido a semi-árido (FERNANDES et al., 2000).

Observou-se que o efeito dos tratamentos sobre a abundância de formigas foi significativo ( $F_{(4,16)} = 2,8538$ ;  $p = 0,000325$ ), onde o Sistema de aleias (T3) se diferenciou significativamente dos demais (Figura 7).



**Figura 7 - Abundância de formigas em função dos tratamentos. ANOVA para medidas repetidas seguidas por teste de média (Tukey) a 5% de probabilidade. Média  $\pm$  erro padrão são apresentados. Tratamentos: T1-Roçado tradicional (corte e queima), T2- Roçado enriquecido, T3 - Sistema de aleias, T4 - Roçado com faixa de vegetação nativa, T5 - Roçado sem fogo.**



Fonte: RAMOS (2020).

Sistema de aleias (T3) obteve a maior abundância de formigas, com 2.840 indivíduos amostrados. Roçado tradicional (T1), Roçado enriquecido (T2), e Roçado sem fogo (T5) não diferiram estatisticamente entre si. Já o Roçado com faixa de vegetação nativa (T4) diferiu estatisticamente de todos os outros tratamentos, pois obteve o maior número de espécies coletadas (40 espécies).

O principal objetivo do Sistema de aleias é a incorporação de matéria orgânica ao solo para o fornecimento de nutrientes as plantas por meio da adubação verde. As árvores utilizadas nesse sistema são geralmente leguminosas, por ter maior capacidade de fixação de nitrogênio e alta produção de biomassa (VASCONCELOS et al., 2012).

Segundo Giracca et al. (2003), a quantidade de indivíduos que pode existir em um solo também é determinada pela quantidade de alimento existente naquele solo. Portanto, a ocorrência de maior número de indivíduos na serapilheira se deve à maior oferta de alimentos em quantidade e qualidade para a fauna edáfica neste compartimento, pois a serapilheira de leguminosas arbóreas apresenta menor relação C/N, estabelecendo um microclima mais favorável por apresentar maior qualidade na serapilheira.

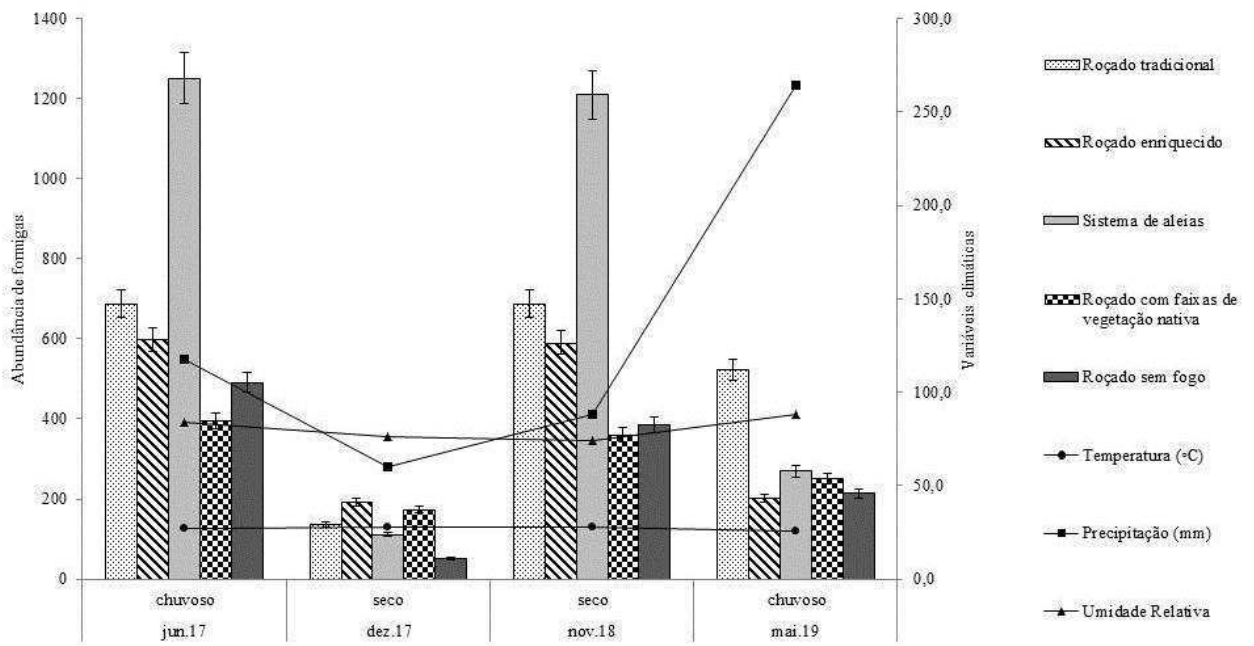
Dias et al. (2007) ao estudar leguminosas perenes em sistema silvipastoril, observaram que a presença das leguminosas contribuiu para o aumento da fauna de solo, o que demonstra que a diversidade vegetal favorece a macrofauna do solo.

De acordo com Santos et al. (2008) através de estudos sobre a macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura, concluíram que os tratamentos com plantas leguminosas apresentaram, em média, 251 indivíduos m<sup>-2</sup> do grupo Formicidae, enquanto os tratamentos pertencentes às gramíneas apresentaram em média 143 indivíduos m<sup>-2</sup>, o que evidencia a preferência deste grupo taxonômico pelo forrageamento das plantas leguminosas.

De modo geral, coberturas com leguminosas, favorecem um maior número de organismos edáficos, pois a disponibilidade de ambientes favoráveis à colonização da fauna é maior (CANTO, 2000).

Através da figura do gráfico de flutuação populacional das formigas (Figura 8), observou-se que os meses de junho/2017 e novembro/2018 apresentaram maior volume populacional de formigas. Em relação aos dados de precipitação acumulada os maiores índices foram vistos em junho/2017 e maio/2020, 117,0 mm e 264,6 mm cada um.

**Figura 8 - Flutuação populacional das formigas relacionadas com as variáveis climáticas, Morros - MA.**



Fonte: RAMOS (2020).

A figura mostra que o ponto de maior precipitação maio/2019 obteve baixo número de registro de formigas, já com os valores de precipitação baixos, obteve-se um grande volume populacional de formigas, com exceção do mês de dez/2017, podendo ter tido algum tipo de efeito antrópico no ambiente, o que pode ter ocasionado esse resultado.

É possível observar que o T3 apresentou alta abundância de formigas, porém durante a estação chuvosa em maio/2019, onde ocorreu o maior índice de precipitação, o T1 alcançou valores maiores. Conforme Dean (1996), no roçado tradicional durante o período de chuva os formigueiros subterrâneos eclodiam na terra como pequenos vulcões e invadiam as matas.

De acordo com dados do IBGE (2001) em relação á sazonalidade no Maranhão, as temperaturas mais elevadas ocorrem durante o segundo semestre, no qual grande parte do Estado se encontra na época seca. Devido á estação chuvosa, no primeiro semestre, predominam dias com chuva e céu parcialmente nublado e aumento da umidade relativa do ar, que amenizam a sensação térmica.

Segundo Hölldobler e Wilson (1990) a atividade de forrageamento das formigas modifica-se em razão das mudanças ambientais por conta da demanda da colônia, sendo que a variação sazonal assim como a complexidade do ambiente é fator preponderante nas mudanças diárias e mensais no horário da atividade forrageadora.

Como temperatura e umidade do solo afetam a comunidade de formigas, um ambiente mais seco e de temperaturas mais altas, favorece espécies epigéicas, uma vez que as formigas hipogéicas sofrem indiretamente com a falta de cobertura vegetal do solo, levando-as a procurarem ambientes mais úmidos (RIVASARANCIBIA et al., 2014; QUEIROZ et al., 2017).

Os valores das variáveis climáticas estudadas (precipitação, temperatura e umidade) não se mostraram significativos, assim, não influenciaram na abundância das formigas (Tabela 1).

**Tabela 1 - Correlação da abundância de formigas com as variáveis climáticas, Morros - MA.**

	<b>Precipitação Pluviométrica</b>	<b>Temperatura Média do Ar</b>	<b>Umidade Relativa do Ar</b>
Formigas	0,9370 <sup>NS</sup>	0,2880 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>

<sup>NS</sup> Não significativo (p>0,05).

Dessa forma, o que pode ter tido influência nos resultados foi à disponibilidade de alimentos nas áreas dos tratamentos, sendo favoráveis para determinadas espécies.

Fagundes et al. (2009) ressalta que, várias explicações podem ser dadas para a existência das variações temporais de espécimes de formigas no decorrer das estações. A disponibilidade de alimentação é um dos principais fatores relacionados à abundância das formigas. Comportamentos específicos, como hábitos nômades de armazenamento de

alimentos ou especificidade de habitat podem determinar a permanência de uma espécie, durante e após a variação das condições atmosféricas locais.

## 6 CONCLUSÃO

Dentre as 68 espécies de formigas identificadas, distribuídas em 17 gêneros e 5 subfamílias, a subfamília com maior número de espécies foi Myrmicinae. O gênero *Solenopsis* tem suas espécies com maior dominância, *Pheidole* apresenta maior número de espécies. A espécie *Ectatomma muticum* apresenta o maior número de registros (135), comum a todos os cinco ambientes de coleta.

O T4 - Roçado com faixa de vegetação nativa (manutenção da capoeira em faixas intercalada com faixa de cultivo) apresenta o maior número de espécies coletadas, dentre os demais. E o T3 - Sistema de aleias (plantio de leguminosas em linhas com faixas de cultivo) se diferenciou dos demais em relação à abundância de formigas, mostrando que a presença das leguminosas contribui para o aumento da fauna do solo.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, R. R. L.; LIMA, S. S.; OLIVEIRA, N. C. R.; LEITE, L. F. C. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 409-416, 2014.
- ANTONIOLLI, Z.I. et al. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v.16, p. 407-417, 2006.
- ARAÚJO, M. S. et al. Efeito da queima da palhada de cana-de-açúcar sobre comunidade de formicídeos. **Ecologia Austral**, v. 14, p. 191-200, 2004.
- BACCARO, B. F. et al. **Guia para gêneros de formigas no Brasil**. 1ed. Manaus: INPA. 388 p., 2015.
- BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2007.
- BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11 n. 22, p. 14, 2015.
- BICKEL, T. O.; WATANASIT, S. Diversity of leaf litter ant communities in Ton Nea Chang Wildfire Sanctuary and nearby rubber plantations, Songkhla, Southern Thailand. **Songklanakarín Journal Science Technology**, v. 27, p. 943-955, 2005.
- BOLTON, B. AntCat. An online catalog of the ants of the world. 2018.
- BOLTON, B. Antcat. Disponível em: <<http://www.antcat.org/>>. 2017. Acesso em: 22 out. 2020.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. Porto Alegre: Bookmann Editora LTDA, 2013.
- BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil: updates and ongoing initiatives. **Natureza e Conservação**, v. 1, n. 14, p. 1-15, 2016.
- BRANDÃO, C. R. F.; MAYHÉ-NUNES, A. J. A phylogenetic hypothesis for the *Trachymyrmex* species groups, and the transition from fungus-growing to leaf-cutting in the Attini. **Memoirs of the American Entomological Institute**, Ann Arbor, v. 80, p. 72-88, 2007.
- CAJAIBA, R. L.; SILVA, W. B. Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) em fragmento florestal urbano no município de Uruará-PA. **Enciclopédia biosfera**, v. 10, p. 2226-2238, 2014.
- CANTARELLI, E. B. et al. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em diferentes sistemas de uso do solo. **Ciência Florestal**, v. 3, p. 607-616, 2015.

CANTO, A. Alterações da mesofauna do solo causadas pelo uso de cobertura com plantas leguminosas na Amazônia central. **Série Ciências Agrárias**, Manaus, n. 4/5, v.1, p. 79- 94, 2000.

COELHO, R. C. S. **Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) do estrato arbustivo-arbóreo em fragmentos florestais de Mata Atlântica no Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011.

CORASSA, J. D. N.; FAIXO, J. G.; ANDRADE NETO, V. R.; SANTOS, I.B. Biodiversidade da mirmecofauna em diferentes usos do solo no Norte Mato-Grossense. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 2, p. 154-163, 2015.

CORREIA, M. M. et al. Diversidade de Formigas Epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em Capões do Pantanal Sul Matogrossense: Relações entre Riqueza de Espécies e Complexidade Estrutural da Área. **Neotropical Entomology**, 35(6):724-730, 2006.

COSTA, E. C.; D'AVILA, M.; CANTARELLI, E. B.; MURARI, A. B.; MANZONI, C. C. 2 ed. **Entomologia Florestal**, Santa Maria, Editora UFSM, 240p, 2008.

COSTA, M. B. T. **Formicídeos como bioindicadores de conservação e degradação ambiental no Bioma Cerrado**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 87 f. 2019.

DÁTTOLO, W.; MARQUES, E. C.; FALCÃO, J. C. F.; MOREIRA, D. D. O. Interações mutualísticas entre formigas e plantas. **EntomoBrasilis**, 2(2), 32–36, 2009.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das letras, 484 p, 1996.

DIAS, P.F. et al. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.38-44, 2007.

DORVAL, A. et al. Diversidade de formigas em fragmento de cerradão submetido à exploração de madeira em Cuiabá, MT. **Revista Espacios**, v. 38, n. 31, p. 03, 2017.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2015. **Recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php3?id=229&func=pesq>>. Acessado em: 15 dez. 2020.

FAGUNDES, R. et al. Efeito das mudanças climáticas sazonais no forrageio de Formigas em uma área de mata estacional semidecidual Montana. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9., 2009, São Lourenço - MG. **Anais...** São Lourenço – MG: SBEO, 1 CD-ROM. 2009.

FERNANDES, W. D. et al. Valente. Impacto de herbicidas em uma guilda de formigas predadoras. **Rev. Bras. Herb.** 1: 225-231, 2000.

FILHO, A. J. DOS. S. **Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em monoculturas e fragmentos florestais, a leste do estado do Maranhão, Brasil.** 62p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade, Ambiente e Saúde). Universidade Estadual do Maranhão, Caxias-MA, 2017.

FOLGARAIT, P. J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: A review. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, n. 9, p. 1221–1244, 1998.

FRANÇA, J. M.; MIRANDA, L. M.; LEITE, M. V.; MOREIRA, E. A. Entomofauna bioindicadora da qualidade ambiental e suas respostas a sazonalidade e atratividade. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n. 1, p. 03-16, 2014.

FREIRE, C. B. et al. Riqueza de formigas em áreas preservadas e em regeneração de caatinga arbustiva no sudoeste da Bahia, Brasil. **Revista brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 131-134, 2012.

FREITAS, A. V. L. et al. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. **Biologia da Conservação**, Editora da UERJ, Rio de Janeiro, p. 201-225, 2006.

GALLO, D., O. NAKANO, S. SILVEIRA NETO, R. P. L. CARVALHO, G. C. BATISTA, E. BERTI FILHO, J. R. P. PARRA, R. A. ZUCCHI, S. B. ALVES, J. D. VENDRAMIN, L. C. MARCHINI, J. R. S. LOPES & C. OMOTO. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920 p, 2002.

GARDNER, T. A. **Monitoring forest biodiversity: improving conservation through ecologically responsible management.** London: Earth Scan, 360 p, 2010.

GIRACCA, E. M. N. et al. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, agudo/RS. **R. bra. Agrocência**, v. 9, n. 3, p. 257-261, 2003.

GOMES, E. C. F. **Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em dois estágios sucessionais e em um fragmento de Mata Atlântica do Estado de Sergipe.** 53p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2013.

GOMEZ, A. A.; SWETE KELLY, D. E.; SYERS, J. K.; COUGHLAN, K. J. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. **Methods for assessing soil quality.** Soil Sci. Soc. Am. J. 49, p.401–410, 1996.

GRODSKY, S. M.; IGLAY, R. B.; SORENSON, C. E.; MOORMAN, C. E. Should invertebrates receive greater inclusion in wildlife research journals?. **The Journal of Wildlife Management**, v. 9, n. 4, p. 529-536, 2015.

HOFFMANN, R.B. et al. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 121-125. 2009.

HÖLLDOBLER, B. & E. O. WILSON. **The ants.** Harvard University Press, 732 p. 1990.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2001. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html>>.



- LEAL, I. R.; LEAL, L. C.; ANDERSEN, A. N. The benefits of myrmecochory: A matter of stature. **Biotropica**, v. 47, n. 3, p. 281–285, 2015.
- LONGINO, J. T. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. **Zootaxa** 151:1-150, 2003.
- LOUZADA, J. N. C., SANCHES, N. M. & SCHILINDWEIN, M. N.; Bioindicadores de qualidade e de impactos ambientais da atividade agropecuária. **Informe Agropecuário**, v. 21, p. 72-77, 2000.
- LOUZADA, J. N. C.; MACHADO, F. S.; van den BERG, E. O fogo como instrumento de manejo em agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, v. 24, n. 220, p. 29-36, 2003.
- LUTINSKI, J. A. et al. Ant assemblage (Hymenoptera: Formicidae) in three wind farms in the State of Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 1, n. 77, p. 176-184, 2016.
- LUTINSKI, J. A.; LUTINSKI, C. J.; LOPES, B. C.; MORAIS, A. B. B. Estrutura da comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em quatro ambientes com diferentes níveis de perturbação antrópica. **Ecologia Austral**, v. 24, p. 229-237, 2014.
- MARINHO, C. G. S. et al. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 31, n.2, p. 187-195, 2002.
- MARQUES, D. M.; SILVA, A. B.; SILVA, L. M.; MOREIRA, E. A.; PINTO, G. S. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 5, p. 1588-1597, 2014.
- MENDONZA, H. N. S. et al. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 201-207, 2000.
- MOÇO, M. K. da S. **Fauna do solo em diferentes agrossistemas de cacau no sul da Bahia**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ, 2006.
- MOURA, T.P.A FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G.; BALIEIRO, F.C.; MENEZES, A.R.; SANTANA, C.I. **Característica e atributos de latossolos sob diferentes usos**, em Luis Eduardo Magalhaes, Bahia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.51, p.1457-1465, 2006.
- NIEMI, G. J.; MCDONALD, M. E. Application of ecological indicators. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, n. 1, p. 89-111, 2004.
- OLIVEIRA, D. M. et al. Mirmecofauna em agroecossistemas e sua função na transição agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 1-6, 2015.
- OLIVEIRA, M. A.; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S.; DELLA LUCIA, T. M. C. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, p. 800-807, 2014.

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

POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; BARRETA, C. R. D. M.; BARRETA, D. Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, p. 16-28, 2016.

QUEIROZ, A. C. et al. Cerrado vegetation types determine how land use impacts ant biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, 2017.

QUEIROZ, J. M.; ALMEIDA, F. S.; PEREIRA, M. P. S. Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas. **Floresta e Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 37-45, 2006.

RÉ, T. M. **O uso de formigas como bioindicadores no monitoramento ambiental de revegetação de áreas mineradas**. 244 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2007.

RIVASARANCIBIA, S.P. et al. Effect of disturbance on the ant community in a semiarid region of central Mexico. **Applied Ecology and Environmental Research**, v.12, p.703-716, 2014.

ROCHA, A. E. **Impactos da agricultura itinerante sobre a vegetação e o solo na Amazônia Legal Maranhense**. Areia-PB: Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 189 p., 2011.

ROCHA, W. O. "Estudo da mirmecofauna aplicado na avaliação de áreas de garimpo de diamantes no município de Poxoréo, MT", p 1-54, 2012.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recuperação de formações ciliares: conceitos, tendências, modelos de implantação e recomendações práticas. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, p. 233-247, 2001.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impactos Ambientais: conceitos e métodos**. Ed. 2, São Paulo: Oficina de Textos. 2013.

SANTOS, D. P.; SANTOS, G. G.; SANTOS, I. L.; SCHOSSLER, T. R.; NIVA, C. C.; MARCHÃO, R. L. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1466-1475, 2016.

SANTOS, G.G. et al. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.115-122, jan. 2008.

SANTOS, M. 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. **Ilheringia, Sér. Zool**, Porto Alegre, v. 96, n. 1, 2006.

SANTOS, M. W. E. **Formigas como bioindicadoras em diferentes áreas de cerrado no Sul do Tocantins**. Dissertação mestrado. Programa de pós-graduação em produção vegetal. Universidade Federal do Tocantins. Gurupi-To. 2014.

SEGAT, J. C.; VASCONCELLOS, R. L. F.; SILVA, D. P.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Ants as indicators of soil quality in an on-going recovery of riparian forests. **Forest Ecology and Management**, v. 404, p. 338–343, 2017.

SEGAWA, R.; LEVINE, J.; NEAL, R.; BRATTESANI, M. Community air monitoring for pesticides. Part 1: selecting pesticides and a community. **Environ Monit Assess**, v. 186, n. 3, p. 1327-41, 2014.

SILVA, D. A. A.; SILVA, D. M.; JACQUES, R. J. S; ANTONIOLLI, Z. I. Bioindicadores de qualidade edáfica em diferentes usos do solo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 3728-3736, 2015.

SILVA, J. C. da. **Comparação de diferentes técnicas de restauração ecológica pelo uso da comunidade de formigas epiedáficas (Hymenoptera: Formicidae) no Sudoeste do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Dois Vizinhos, 2016.

SILVA, R. F.; CORASSA, G. M.; BERTOLLO, G. M.; SANTI, A. L.; STEFFEN, R. B. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 130-137, 2013.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; NOVA, N.V.A. (Eds.). Manual de Ecologia dos Insetos. Piracicaba: Ceres, 419p, 1976.

SIQUEIRA, G. M.; SILVA, E. F. F.; MOREIRA, M. M.; SANTOS, G. A. A.; SILVA, R. A. Diversity of soil macrofauna under sugarcane monoculture and two different natural vegetation types. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 30, p. 2669-2677, 2016.

SOUZA, J. L. P.; BACCARO, F. B.; LANDEIRO, V. L.; FRANKLIN, E.; MAGNUSSON, W. E.; LIMA PEQUENO, P. A. C.; FERNANDES, I. O. Taxonomic sufficiency and indicator taxa reduce sampling costs and increase monitoring effectiveness for ants. **Diversity and Distributions**, p. 1-12, 2015.

SPILLER, M. S.; SPILLER, C.; GARLET, J. Artrópodes bioindicadores de qualidade ambiental. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 12, n. 1, p. 41-57, 2018.

TANAKA, K. et al. Adaptive advantage of myrmecochory in the ant-dispersed herb *Lamium amplexicaule* (Lamiaceae): Predation avoidance through the deterrence of post-dispersal seed predators. **PLoS ONE**, v. 10, n. 7, p. 1-12, 2015.

TARGETTI, S. et al. Estimating the cost of different strategies for measuring farmland biodiversity: Evidence from a Europe-wide field evaluation. **Ecological Indicators**, v. 45, p. 434-443, 2014.

**TIJUPÁ, Associação Agroecológica Tijupá. Plano de Desenvolvimento de Assentamento do Projeto de Assentamento (P. A.)** Rio Pirangi. São Luís: TIJUPÁ/INCRA, 180p. 2008.

THIVIERGE, M. N. et al. Environmental sustainability indicators for cash-crop farms in Quebec, Canada: A participatory approach. **Ecological Indicators**, v. 45, p. 677–686, 2014.

ZANELLA, L. et al. Atlantic Forest fragmentation analysis and landscape restoration management scenarios. *Natureza & Conservação*, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 57-63, jul. 2012.

APÊNDICE A. Tabela de Análise Faunística das cinco áreas amostradas em Morros – MA. Tratamentos: T1-Roçado tradicional (corte e queima), T2- Roçado enriquecido (plantio de leguminosa no fim do uso agrícola), T3 - Sistema de aleias (plantio de leguminosas em linhas com faixas de cultivo), T4 - Roçado com faixa de vegetação nativa (manutenção da capoeira em faixas intercaladas com faixa de cultivo), T5 - Roçado sem fogo (abertura da área, no entanto sem realizar a queima).

Espécies	Abundância (Nº de registros)					DOMINANCIA	ABUNDANCIA	FREQUENCIA	CONSTANCIA
	T1	T2	T3	T4	T5				
<i>Brachymymex</i> sp. 1	1	1	4	1	1	D	c	F	Y
<i>Camponotus canescens</i>	0	0	0	1	0	ND	r	PF	Y
<i>Camponotus</i> sp. 1	0	1	0	4	0	ND	r	PF	W
<i>Camponotus</i> sp. 2	0	1	0	4	2	D	d	PF	W
<i>Camponotus</i> sp. 3	0	0	4	0	0	ND	r	PF	W
<i>Camponotus</i> sp. 4	0	2	0	0	1	ND	r	PF	W
<i>Camponotus</i> sp. 5	0	0	1	2	2	ND	r	PF	Y
<i>Camponotus</i> sp. 6	11	7	9	7	5	D	ma	MF	Y
<i>Cephalotes</i> sp. 1	0	0	2	0	0	ND	r	PF	W
<i>Cephalotes</i> sp. 2	0	0	0	2	0	ND	r	PF	W
<i>Cephalotes</i> sp. 3	0	3	2	1	1	D	d	PF	Y
<i>Crematogaster</i> sp. 1	3	1	2	0	0	D	d	PF	w
<i>Crematogaster</i> sp. 2	0	3	2	2	2	D	c	F	y
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 1	0	0	0	0	1	ND	r	PF	Y
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 2	0	2	0	0	0	ND	r	PF	Y
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 3	0	1	0	0	0	ND	r	PF	Y
<i>Dolichoderus</i> sp. 1	7	5	7	7	12	D	ma	MF	Y
<i>Dolichoderus</i> sp. 2	0	6	0	0	0	D	r	PF	W
<i>Dolichoderus</i> sp. 3	0	4	0	0	0	ND	r	PF	W
<i>Dolichoderus</i> sp. 4	0	0	2	0	0	ND	r	PF	W
<i>Dorymyrmex</i> sp. 1	2	1	0	0	0	ND	r	PF	Y
<i>Dorymyrmex</i> sp. 2	2	0	0	0	0	ND	r	PF	Y
<i>Dorymyrmex</i> sp. 3	1	0	0	0	0	ND	r	PF	Y

									Continuação
<i>Dorymyrmex</i> sp. 4	1	0	0	0	0	ND	r	PF	Y
<i>Dorymyrmex</i> sp. 5	0	0	1	1	0	ND	r	PF	Y
<i>Dorymyrmex</i> sp. 6	1	0	0	0	0	ND	r	PF	Y
<i>Dorymyrmex</i> sp. 7	2	0	0	1	0	ND	r	PF	Y
<i>Ectatomma brunneum</i>	1	0	1	11	5	D	c	F	Y
<i>Ectatomma muticum</i>	38	32	31	26	8	D	ma	MF	Y
<i>Ectatomma</i> sp. 1	30	24	28	20	18	D	ma	MF	W
<i>Ectatomma</i> sp. 2	2	0	0	0	0	ND	r	PF	W
<i>Ectatomma</i> sp. 3	0	0	4	0	2	D	d	PF	W
<i>Ectatomma</i> sp. 4	12	10	4	4	6	D	ma	MF	W
<i>Ectatomma</i> sp. 5	0	0	2	2	14	D	c	F	W
<i>Ectatomma</i> sp. 6	13	10	15	12	10	D	ma	MF	Y
<i>Gnamptogenys</i> sp. 1	0	0	0	1	0	ND	r	PF	Y
<i>Gnamptogenys</i> sp. 2	0	2	0	0	0	ND	r	PF	Y
<i>Gnamptogenys</i> sp. 3	0	2	0	2	1	ND	r	PF	Y
<i>Nylanderia faisonensis</i>	0	2	0	0	0	ND	r	PF	Y
<i>Nylanderia guatemalensis</i>	0	0	0	1	0	ND	r	PF	Y
<i>Nylanderia</i> sp. 1	0	1	0	0	0	ND	r	PF	Y
<i>Nylanderia</i> sp. 2	0	0	0	1	0	ND	r	PF	Y
<i>Odontomachus bauri</i>	0	0	0	0	1	ND	r	PF	Y
<i>Odontomachus</i> sp. 1	2	3	0	1	0	D	d	PF	W
<i>Oxyepoecus</i> sp.	0	1	0	0	0	ND	r	PF	Y
<i>Pachycondyla crassinoda</i>	0	0	0	0	2	ND	r	PF	W
<i>Paratrechina longicornis</i>	3	1	0	2	0	D	d	PF	Y
<i>Paratrechina</i> sp. 1	2	4	0	2	2	D	c	F	W
<i>Paratrechina</i> sp. 2	0	0	2	0	0	ND	r	PF	W
<i>Paratrechina</i> sp. 3	2	0	0	0	0	ND	r	PF	W
<i>Pheidole</i> sp. 1	0	2	0	0	2	ND	r	PF	W

									<b>Conclusão</b>
<i>Pheidole</i> sp. 10	0	1	0	1	0	ND	r	PF	Y
<i>Pheidole</i> sp. 2	0	2	1	1	1	ND	r	PF	W
<i>Pheidole</i> sp. 3	0	0	0	3	2	ND	r	PF	W
<i>Pheidole</i> sp. 4	3	0	3	0	0	D	d	PF	W
<i>Pheidole</i> sp. 5	2	1	1	4	8	D	c	F	W
<i>Pheidole</i> sp. 6	0	0	6	7	0	D	c	F	W
<i>Pheidole</i> sp. 7	0	3	4	8	5	D	a	MF	W
<i>Pheidole</i> sp. 8	4	2	0	3	0	D	c	F	W
<i>Pheidole</i> sp. 9	0	0	0	2	1	ND	r	PF	W
<i>Solenopsis</i> sp. 1	26	12	32	12	12	D	ma	MF	W
<i>Solenopsis</i> sp. 2	4	0	4	12	12	D	ma	MF	W
<i>Solenopsis</i> sp. 3	4	12	4	4	4	D	ma	MF	W
<i>Solenopsis</i> sp. 4	0	2	0	2	2	D	d	PF	W
<i>Solenopsis</i> sp. 5	13	8	15	12	12	D	ma	MF	W
<i>Solenopsis</i> sp. 6	1	7	1	10	3	D	ma	MF	Y
<i>Trachymyrmex</i> sp. 1	3	2	0	3	3	D	c	F	Y
<b>TOTAL</b>	196	184	194	202	163	-	-	-	-

Frequência: MF = muito frequente; F = frequente; PF = pouco frequente; Constância: W = constante; Y = acessória; Abundância: ma = muito abundante; c = comum; d = disperso; a = abundância; r = rara; Dominância: D = dominante; ND = não dominante.