

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DE ESPÉCIES DE FORMIGAS EPIGÉICAS E
HIPOGÉICAS EM CAMPOS DE MURUNDUS DO CERRADO**

Renata Alexandre Bianchi

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DE ESPÉCIES DE FORMIGAS EPIGÉICAS E
HIPOGÉICAS EM CAMPOS DE MURUNDUS DO CERRADO**

Renata Alexandre Bianchi

Orientador: Prof. Dr. Jean Carlos Santos

Coorientador: Me. Henrique Venâncio da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Coordenação do curso de Ciências Biológicas, da
Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção
do grau de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Uberlândia, MG
2018

Renata Alexandre Bianchi

**ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DE ESPÉCIES DE FORMIGAS EPIGÉICAS E
HIPOGÉICAS EM CAMPOS DE MURUNDUS DO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Coordenação do curso de Ciências Biológicas, da
Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção
do grau de Licenciatura em Ciências Biológicas.

_____ em 03 de julho de 2018

Me. Diego Vinícius Anjos Silva - USP

Me. Eduardo Calixto Soares – USP

Prof. Dr. Jean Carlos Santos (Orientador) – UFU

Uberlândia
Julho - 2018

“Nenhuma circunstância justifica destruir o legado natural da terra.”

Edward O. Wilson

Agradecimentos

*Me justifico pelo tempo: ora um brinquedo era o suficiente,
e em um tempo diferente, as poucas coisas irritavam.*

*Houve vários momentos: o amor sufocante, a amizade saciável,
ser indiferente, ser importante, impotente, ser odiável...*

*Me refaço nos momentos. E hoje, com tantos sentimentos, um em especial define
esse Tempo: **gratidão**,*

À minha mãe, Regina, que conduziu desde cedo as responsabilidades de manter uma família, tudo com sabedoria e leveza. Essa mulher me ensinou a ser perseverante com os objetivos, humilde nas quedas da vida, ser resiliente e, acima de tudo, ter amor pelo que faço.

Aos meus irmãos, Rafaela, Iara, Marcio, Rodrigo e Ronald (*in memoriam*), pelo carinho e ensinamentos.

Ao meu companheiro, Marciel, por me apoiar nessa trajetória, persistir nos momentos difíceis, pelo afeto, carinho, pelo amor.

Aos meus amigos, em especial a Letícia Barcelos, que me ensinou sobre paciência, sobre persistência, sobre Amizade. À Benavalli, de Fátima, ao Pedro e ao Gabriel que fizeram esse percurso mais brando.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET), que me abraçou desde o primeiro período de graduação, amenizando as estranhezas que encontramos na Universidade.

Aos amigos do Laboratório de Ecologia, Evolução e Biodiversidade, em especial o Henrique, que me apresentou o universo da pesquisa. Mas, acima de tudo, me ensinou sobre humildade e persistência no meio acadêmico.

Agradeço ao meu orientador Jean Carlos pela paciência com minha ansiedade, pelo auxílio em concluir esse e tantos outros trabalhos. Também sou grata a Wanessa Rejane, uma pesquisadora que admiro e me espelho nessa longa estrada que é a academia.

Por fim, agradeço às agências de fomento CPNQ, Fapemig, a empresa DURATEX pelo local de trabalho e financiamento do projeto, ao LEEBIO e principalmente a Universidade Federal de Uberlândia, por propiciar todas essas oportunidades durante a graduação.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTO	vii
RESUMO.....	vii
1. INTRODUÇÃO	08
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.1. Área de estudo.....	11
2.2. Coleta de formigas epigéicas e hipogéicas.....	13
2.3. Análise de Dados	15
3. RESULTADOS.....	16
4. DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

RESUMO

Estimativas sobre diversidade de formigas são bem descritas na literatura. No entanto, essa amostragem é melhor relatada para padrões arbóreos e epigéicos, enquanto que a diversidade hipogéica ainda é subamostrada. Existem poucos estudos que exploraram padrões de distribuição de espécies de formigas hipogéicas em uma análise vertical. Nesse sentido, o presente estudo buscou avaliar se existe um efeito da profundidade do solo sobre a riqueza e composição de espécies de formigas por meio de uma armadilha de 50cm subdividida em quatro estratos, capaz de coletar formigas epigéicas (A= 0-12,5 cm abaixo do solo) e hipogéicas (B=12,5-25cm; C=25cm-37,5; e D=37,5-50cm abaixo do solo) em campos de Murundus. Para isso, foram inseridas sessenta armadilhas em uma área de 4ha, as quais permaneceram no local durante 48 horas. Os resultados mostram que a riqueza foi maior no perfil epigéico (A=26 espécies) comparado com hipogéico (B=14; C=11; e D=17 espécies) e que a composição de espécies também diferiu entre estes estratos. Os níveis de profundidade dentro do estrato hipogéico não apresentaram diferenças na riqueza e na composição das espécies. Estes resultados sugerem que há, provavelmente, maior oferta de recursos e condições abióticas propícias para atender as necessidades de muitas espécies de formigas nos estratos epigéicos em comparação com os hipogéicos. No entanto, ainda se conhece pouco sobre os fatores que efetivamente controlam a verticalização de espécies, assim como dados ecológicos e comportamentais dessa comunidade negligenciada. Esse trabalho reforça a importância de decifrar os padrões da mirmecofauna epigéica e hipogéica em campos Murundus do Cerrado. Vale ressaltar que o modelo proposto é passível de replicações não apenas para conhecer a mirmecofauna epigéica e hipogéica em murundus, mas seus padrões ecológicos e comportamentais, como informações sobre estratificação, preferência de nicho, grupos funcionais de outras fitofisionomias e até mesmo outros biomas.

Palavras-chave: verticalização, mirmecofauna, armadilha estratificada, solo.

1. INTRODUÇÃO

Diversos fatores são capazes de determinar a distribuição das espécies nos ecossistemas (Fowler et al., 2000). Por exemplo, fatores abióticos (e.g., pluviosidade, temperatura e pH) e bióticos (e.g., interações entre espécies) podem limitar ou favorecer a ocorrência de uma população em um determinado habitat (Kishimoto-Yamada & Itioka, 2015; Kishimoto-Yamada et al., 2010; Kishimoto-Yamada & Itioka, 2013). Além disso, esses fatores podem ocasionar em uma separação de nichos entre as espécies (Alvarenga, 2018). No Cerrado, por exemplo, um dos principais parâmetros abióticos que influencia a ocorrência das espécies é a sazonalidade (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger, 2006; Latumahina et al., 2018). Isso fica claro no estudo de Pinheiro et al. (2002), o qual demonstrou que, sob uma escala sazonal, a abundância de insetos possui uma correlação positiva com o aumento da temperaturas e umidade ao longo do ano. Da mesma forma, a variação de recursos, como locais de nidificação, oferta de alimentos, qualidade do ambiente e presença do fogo, também podem ditar padrões de distribuição das espécies (Yasuda & Koike, 2009; Fagundes et al., 2015).

Em vista disso, os recursos nos ecossistemas terrestres podem estar distribuídos de forma heterogênea, tanto em uma perspectiva horizontal quanto vertical. Por exemplo, em relação a um perfil vertical, os recursos disponíveis em floresta são diferentes ao longo dos estratos verticais, e.g., dossel, sub-dossel, acima e abaixo solo (e.g., Ribeiro, 2003). Esta mesma ideia pode ser aplicada para organismos que vivem nas diferentes camadas do solo, categorizadas como epigéicas e hipogéicas. No estrato epigéico, os recursos estão presentes na camada acima do solo; enquanto que na camada hipogéica, os recursos de subsolo são provenientes das raízes ou matéria orgânica abaixo do solo (Wilkie et al., 2010). Esses

recursos tendem a diminuir com o aumento da profundidade, o que acaba refletindo em diversas adaptações para as espécies que ocorrerem nestes diferentes estratos (Bengtsson & Berg, 2005; Berg & Bengtsson, 2007; Pollierer et al., 2007).

Um grupo capaz de demonstrar essas estratificações biológicas são as formigas (Hymenoptera: Formicidae). Estima-se que haja, atualmente, 16,073 mil espécies de formigas descritas (Moreau & Bell, 2013). Esse táxon, ausente apenas nos pólos, apresenta uma alta diversidade de espécies no Brasil, a qual extrapola todos os outros países do continente americano (Baccaro et al., 2015). Apesar dessa família representar apenas 2% da fauna de insetos, sua biomassa pode representar cerca de 30% em florestas tropicais (Ellwood & Foster, 2004; Latumahina et al., 2018). Evidentemente, esta alta diversidade de formigas irá refletir em variações morfológicas, funcionais e comportamentais (Del-Claro & Oliveira, 1999; Brandão et al., 2011), e também nos diferentes papéis ecológicos, como na dispersão de sementes, na formação do solo e na ciclagem de nutrientes (Davidson et al., 2003; Wilson & Hölldobler, 2005; Mark & Guénard, 2017).

Quando esse táxon é avaliado em escalas menores, observa-se uma estratificação bem estabelecida. Nesse caso, em uma perspectiva vertical, existem comunidades de formigas arbóreas, epigéicas e hipogéicas, que formam um mosaico de espécies largamente distribuídas em um ecossistema (Hölldobler & Wilson, 1990; Neves et al., 2013). A ocorrência dessa comunidade está diretamente relacionada com as condições bióticas e abióticas do habitat (Hölldobler & Wilson, 1990; Agosti et al., 2000). Nos estratos arbóreos, por exemplo, árvores maiores possuem maior diversidade de formigas quando comparado com arbustos; além disso, há uma correlação positiva entre a presença de nectários extraflorais em algumas épocas do ano e a riqueza de espécies (Blüthgen et al.,

2004; Campos et al., 2006). Da mesma forma, em estratos epigéicos, Stukalyuk (2017) mostrou como a comunidade desse grupo é influenciada pela disponibilidade de recursos, podendo formar diferentes gradientes de diversidade. É necessário salientar que esses recursos para sobrevivência do organismo vão muito além da suplementação protéica, estando associados também a áreas de nidificação e proteção contra predadores (Kaspari, 1996; Campos et al., 2006; Armbrecht et al., 2004; Philpott & Foster, 2005).

No entanto, dos poucos estudos que exploram o estrato hipogéico para formigas, há uma porcentagem ainda menor de trabalhos que foram realizados no Cerrado (Pacheco & Vasconcelos, 2012). Estes poucos estudos no Cerrado apresentam como objetivo principal apenas inventariar essa mirmecofauna, aparentemente subamostrada (Mark & Guénard, 2017). Outras informações sobre a ecologia, história de vida ou até mesmo os fatores que influenciam a verticalização de espécies de formigas hipogéicas, são escassos na literatura, provavelmente devido à dificuldade de coleta e de identificação das espécies dada à atipicidade desta comunidade (Lopes & Vasconcelos, 2008). No entanto, do pouco de conhecimento sobre este grupo, sabe-se que esses organismos contribuem com vários serviços, como no processo de decomposição, na ciclagem de nutrientes, na aeração e na fertilização do solo (Mckey et al., 2010; Sanders & VanVeen, 2011).

Alguns estudos (e.g., Eisenbeis & Wichard, 1987; Mark & Guénard, 2017; Schmidt et al., 2017) sugeriram variáveis que podem influenciar os parâmetros de distribuição da mirmecofauna hipogéica, tais como, a baixa incidência de luz solar e as características do solo, e.g. composições granulométricas e qualidade orgânica. Em face das especificidades e restrições deste tipo de habitat sobre as espécies de formigas, as espécies hipogéicas possuem adaptações morfológicas próprias que permitem sua sobrevivência abaixo do

solo, como redução ou ausência dos olhos, coloração críptica com tons amarelados ou despigmentados, e tamanho corpóreo afilado ou pequeno (Hoffmann & Andersen, 2003; Andersen & Brault, 2010). Isso significa que o habitat pode servir como filtro ambiental, visto que no subsolo, há menor oferta de recursos e condições abióticas opostas à superfície, o que resulta em uma divergência funcional e taxonômica da fauna hipogéica comparado com a epigéica (Schmidt & Diehl, 2008, Yeo et al., 2017).

A fauna de formigas hipogéicas parece ser negligenciada, em comparação com outros grupos, como formigas epigéicas e de dossel. Apenas 2% da diversidade de formigas hipogéicas foi catalogada (Baccaro et al., 2015) mesmo com a proposta de vários métodos de coletas dessa comunidade (Mark & Guénard, 2017). Portanto, é necessário reconhecer o padrão de distribuição desse grupo ao longo do estrato vertical, a fim de demonstrar parâmetros de comportamento e composição dos representantes dessa mirmecofauna negligenciada (Battirola, 2007; Pacheco & Vasconcelos, 2012). Nesse sentido, o presente estudo buscou inventariar as espécies de formigas nos estratos verticais de solo (epigéico e hipogéico) em áreas campos de Murundus do Cerrado. As hipóteses deste trabalho são: (1) a diversidade de formigas possui uma relação negativa com a profundidade do solo, ou seja, quanto mais próximo à superfície, maior a riqueza de espécies; e (2) existe diferença na composição de espécies de formigas entre o estrato epigéico, representados pela primeira camada do solo, e os hipogéicos, representados por três camadas abaixo do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O presente estudo foi realizado na Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil (47°40'W,18°55'S), pertencente à empresa Duratex S.A, que abrange seis municípios (Araguari, Estrela do Sul, Indianópolis, Nova Ponte, Romaria e Uberlândia). O clima da região, segundo a classificação de *Köppen*, possui uma estação quente e úmida (outubro a março) e outra mais fria e seca (abril a setembro), com precipitação anual variando em cerca de 1.550 mm e temperatura média próxima aos 22°C (Arruda et al., 2006; Alvares et al., 2014). Além dessa sazonalidade influenciar no meio biótico, se configurando como um dos principais fatores para ecologia de comunidades no bioma Cerrado, ela também atua diretamente no meio físico (Borges & Nishiyama, 2008). Nas estações quente e úmida, onde a pluviosidade é maior, os campos Murundus ficam alagados nas depressões; enquanto no período de seca, esta fitofisionomia funciona como abastecimento temporário de água (Resende et al., 2004).

A Fazenda Nova Monte Carmelo possui 58.000 ha, dos quais a maioria consiste em plantios de *Eucalyptus* spp. Nesta área, mais de 12.000 ha são áreas de conservação de vegetação de cerrado (reserva legal), caracterizada por antigas pastagens abandonadas que atualmente se encontram em diferentes estágios sucessionais de vegetação nativa desse bioma com diferentes fitofisionomias. As coletas foram realizadas em parcelas com perfil fitofisionômico do Cerrado denominada campos de Murundus, também conhecida como varjão ou covoais (Ribeiro & Walter, 2008). Essa fitofisionomia possui peculiaridades morfo-espaciais específicas, como a presença de elevações de solo com padrão côncavo e arredondo, mas com variados tamanhos de altura e largura (Ribeiro & Walter, 2008; Maricato et al., 2017). Seus terrenos são geralmente associados a cupinzeiros, onde a vegetação característica nos topos das elevações é do tipo lenhosa (cerrado *sensu stricto*),

e nas depressões são espécies herbáceas, geralmente gramíneas e ciperáceas (Ribeiro & Walter, 2008; Sileshi et al., 2010).

2.2. Coleta de formigas epigéicas e hipogéicas

O estudo foi realizado entre os meses de junho e julho de 2017, em dias quentes e ensolarados. Para selecionar a área em regeneração nos campos Murundus da fazenda usou-se as mesmas áreas do trabalho de Santos (2018). Foi estabelecido uma área de 4 ha na fazenda, onde foram inseridas três armadilhas com uma distância de 50 m entre as armadilhas e entre as margens (n=60), a fim de evitar pseudoreplicações e o efeito de borda, respectivamente (Harper et al., 2005). As armadilhas para a coleta das formigas epigéicas e hipogéicas foram inseridas nesses pontos dentro de cada parcela.

As armadilhas foram adaptações do método usado por Wilkie et al. (2007). Nesse caso, foram utilizados quatro potes plásticos de 500 ml (6 cm de diâmetro e 12,5 cm de altura) que foram colados um abaixo do outro de forma sequencial, totalizando uma unidade de 50 cm de altura (Fig. 1) sem conexão ou passagem entre as unidades. Cada pote recebeu quatro furos radiais de 1 cm de diâmetro na parte lateral superior para que as formigas acessassem a isca presente no interior dos mesmos. A isca consistiu de uma mistura de sardinha (aproximadamente 0,5 g) e mel (aproximadamente 5 ml) inseridos dentro de um copo descartável plástico de 50 mL (4 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura) que foi colado na região basal da armadilha. Envolto ao copo descartável, foi inserido uma solução salina e aquosa composta pela mistura de água, detergente e sal, de forma que não entrasse em contato com a isca no interior do copo. Essa solução possibilita a quebra da tensão superficial e, conseqüentemente, permite que as formigas submerjam (Vasconcelos & Delabie, 2000). Desse modo, a unidade A, utilizada para a coleta de formigas epigéicas, ficou disposta com

abertura do pote exposta no nível do solo, enquanto as unidades B, C e D ficaram no subsolo em diferentes profundidades, onde os furos radiais foram o único acesso para o interior da armadilha.

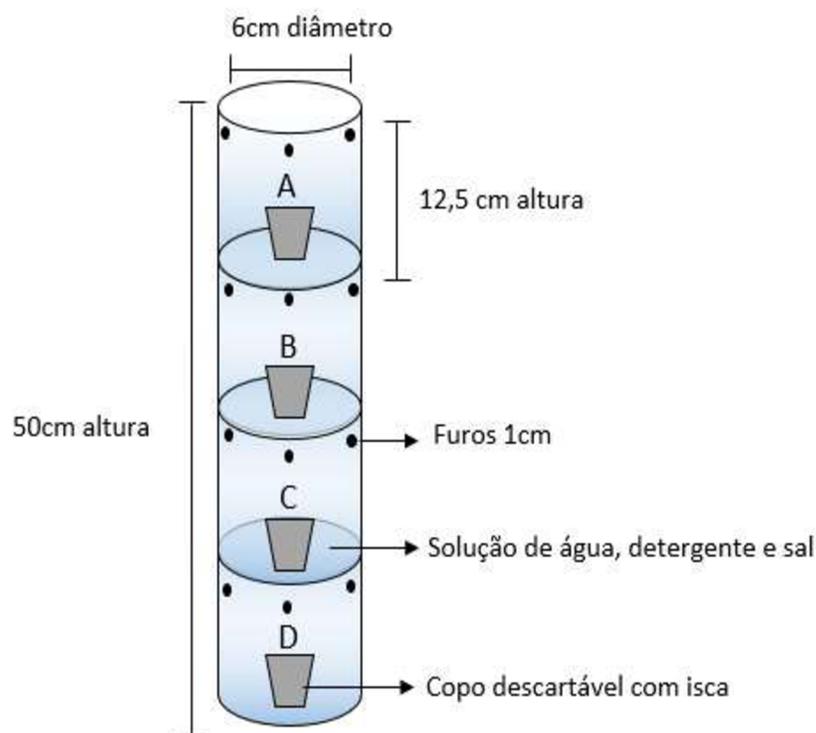


Figura 1- Representação de armadilha usada para coletar de formigas epigéicas (A=0-12,5cm) e hipogéicas (B=12,5-25cm; C=25-37,5cm; e D=37,5-50cm), com uma profundidade total de de de 50cm.

Cada armadilha foi enterrada no solo a uma profundidade de aproximadamente 50 cm da superfície com auxílio de um perfurador de solo, que tem uma broca de 6 cm capaz de perfurar solos úmidos em 7 cm de diâmetro e 60 cm de profundidade. As armadilhas permaneceram no ambiente por dois dias, sendo inseridas no local no período da manhã e, após 48 horas, foram retiradas do local ao entardecer (Andersen & Brault, 2010; Berghoff et al., 2003; Mark & Guénard, 2017).

Após o período estabelecido, as formigas foram levadas para laboratório, onde foram

triadas, montadas e identificadas, sempre que possível, a nível de espécie por meio da chave dicotômica de Baccaro et al. (2015). Os indivíduos coletados foram depositados na coleção de referência do Laboratório de Ecologia Evolução e Diversidade (LEEBIO) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

2.3. Análise de Dados

As curvas de acumulação do número de espécies de formigas observadas (Sobs) foram computadas em função do número de indivíduos para os quatro estratos de profundidade de coleta. As curvas foram realizadas no programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2005) utilizando 500 aleatorizações e amostragens sem reposição. Posteriormente, as curvas foram construídas com os intervalos de confiança (95%), o que permite a comparação estatística entre a riqueza rarefeita de espécies entre os quatro conjuntos de dados (Colwell et al., 2004). Para verificar se existem diferenças na riqueza média de formigas entre os estratos de profundidade foi utilizada uma análise de variância (ANOVA um fator) seguida por teste de Tukey *a posteriori* usando o programa Statistica 8.0. Para verificar se a segregação da similaridade taxonômica das formigas entre os quatro estratos de profundidade foi realizada a técnica de ordenação escalonamento multidimensional não métrico (sigla NMDS; Kruskal, 1964; Mather, 1976) usando o PcOrd 6. Os dados foram submetidos às transformações e relativizações e foram restritos a dois eixos no modo slow-and-thorough do piloto automático usando a medida de distância de Sorensen com 250 corridas para os dados reais e 250 corridas para os dados randomizados pelo teste de Monte Carlo. O diagrama de Venn foi analisado usando uma análise descritiva no Microsoft Excel 2010.

3. RESULTADOS

No total foram encontradas 31 espécies, sendo 26 no estrato epigéico (A), 14, 11 e 17 espécies nos estratos hipogéicos (B, C e D, respectivamente). Os gêneros com maior riqueza de espécie foram *Pheidole* (6 espécies), *Camponotus* (5 espécies) e *Ectatomma* (4 espécies). Os três gêneros juntos somaram 63% do total de indivíduos coletados. O diagrama de Venn mostrou que das 31 espécies coletadas, 26% espécies foram exclusivas para o estrato epigéico. Já para as hipogéicas, apenas 6,4% e 3,2% da mirmecofuana foram exclusivas dos estratos B e C, respectivamente, e 16% das espécies são comuns à todos os estratos (6 espécies) (Fig. 2 e 3).

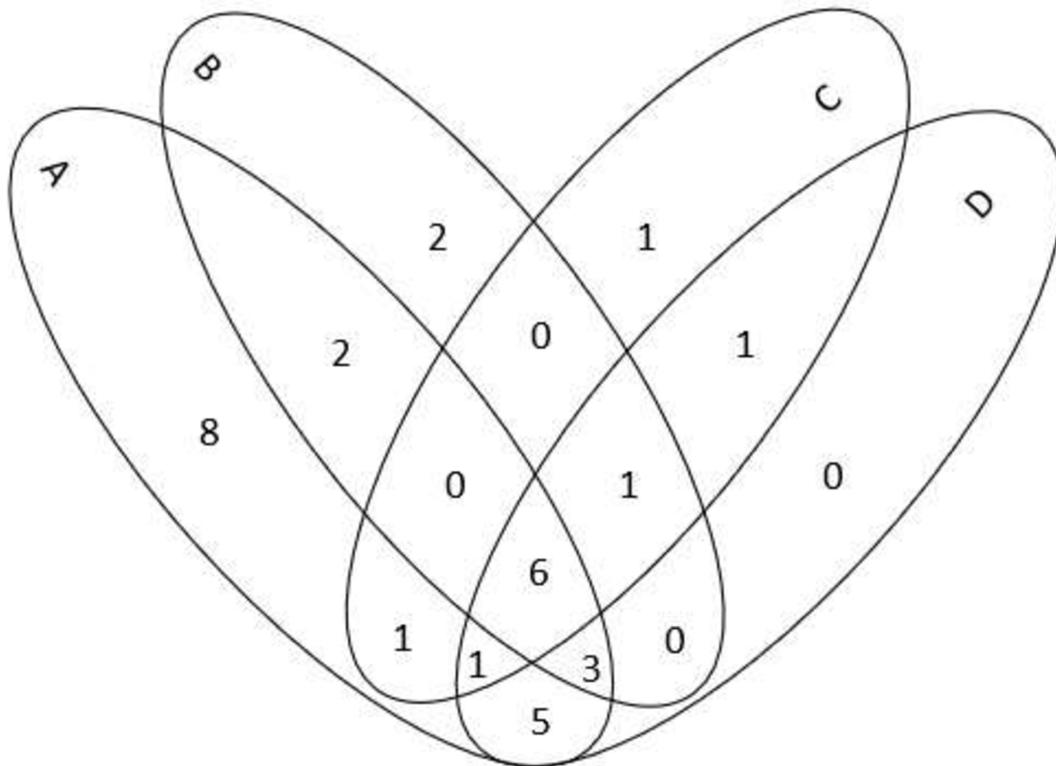


Figura 2- Diagrama de Veen demonstrando a riqueza de formigas ao longo do estrato epigéico (A=0-12,5cm), e formigas do hipogéicos (B=12,5-25cm; C=25-37,5cm; e D=37,5- 50cm) em campos de Murundus, da Fazenda Nova Monte Carmelo, MG.

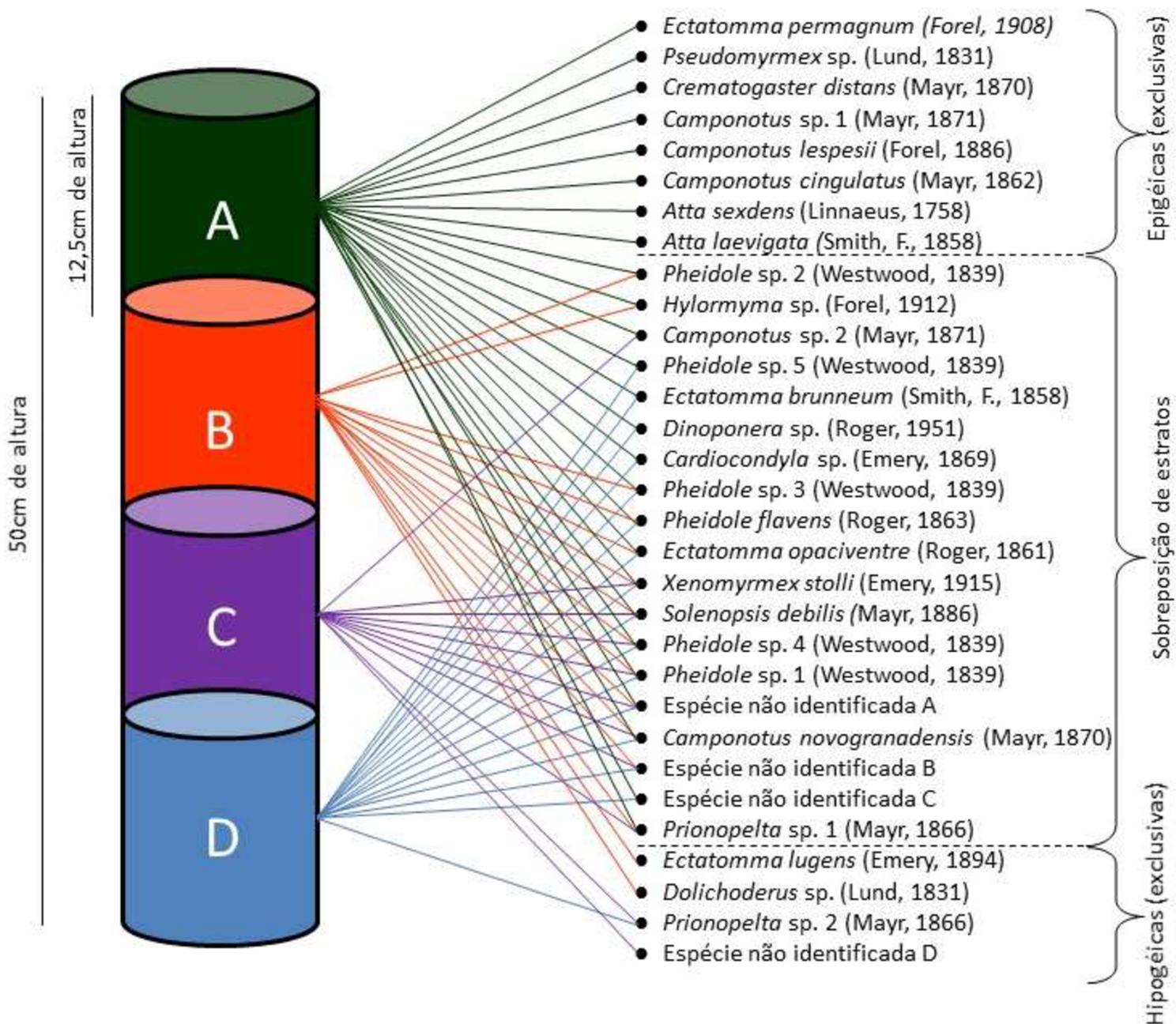


Figura 3- Representação gráfica da composição de espécies de formigas específicas e sobrepostas ao longo do estrato epigêico (A=0-12,5cm), e formigas sobrepostas ao longo dos hipogêicos (B=12,5-25cm; C=25-37,5cm; e D=37,5- 50cm) em campos de Murundus, da Fazenda Nova Monte Carmelo, MG.

As curvas de acumulação das formigas dos quatro estratos de profundidade visualmente não atingiram a assíntota. Porém, a curva das formigas epigéicas difere das curvas das formigas hipogéicas (Fig. 4). A diferença pode ser vista com menos de 100 indivíduos aleatorizados, onde as formigas epigéicas apresentam um número três vezes maior de espécies que as formigas hipogéicas. Em relação à comparação da riqueza de espécies, houve diferenças entre a riqueza média de formigas nos estratos de profundidade ($F_{77,3} = 34,456; p < 0,001$), sendo o número de espécies epigéicas três vezes maior do que as formigas hipogéicas (Fig. 5)

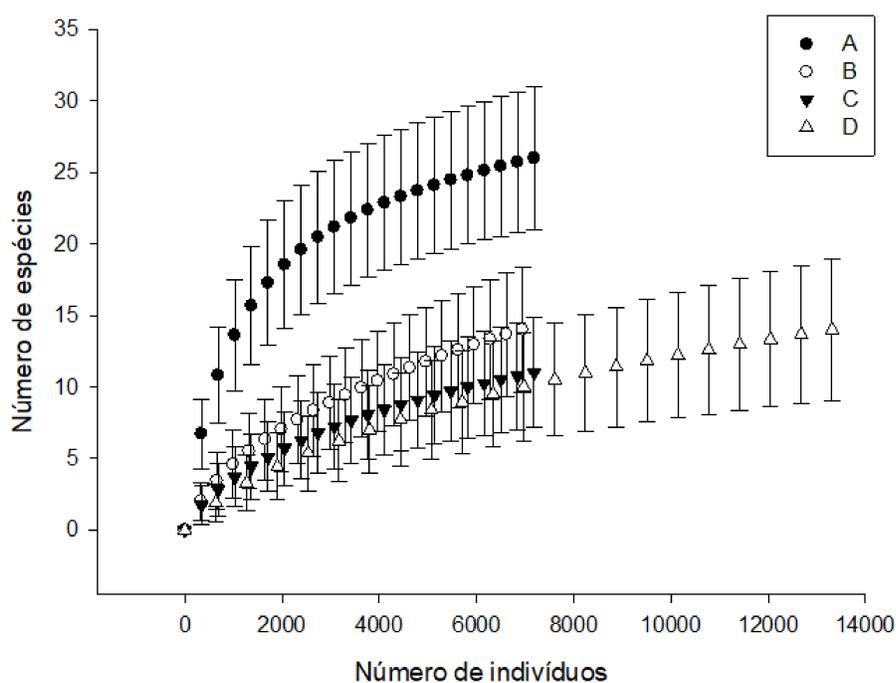


Figura 4- Curva de acúmulo com intervalo de 95% de confiança mostrando a diferença ($p < 0,05$) da mirmecofauna entre o estrato epigéico (A=0-12,5cm), e formigas do hipogéicos (B=12,5-25cm; C=25-37,5cm; e D=37,5- 50cm) em campos de Murundus, da Fazenda Nova Monte Carmelo, MG.

Em relação aos estratos de profundidade hipogéico, não houve diferença de riqueza de espécies nos mesmos (Fig. 5). O NMDS baseado na similaridade das espécies resultou em

uma leve tendência de separação taxonômica entre os representantes epigéicos e hipogéicos, mas não entre os estratos das hipogéicas (estresse = 11) (Fig.6).

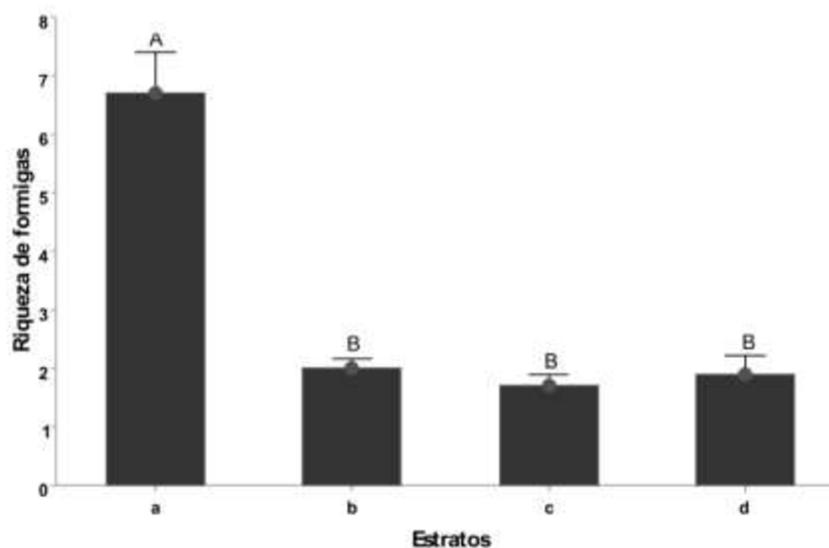


Figura 5 – Riqueza média de formigas epigéicas (A=0-12,5cm), e formigas do hipogéicas (B=12,5-25cm; C=25-37,5cm; e D=37,5- 50cm) em campos de Murundus do Cerrado, na Fazenda Monte Carmelo, MG ($F_{77,3} = 34,456$; $p < 0,001$). As barras representam média e erro padrão e as letras diferem entre si pelo teste a posteriori de Tukey.

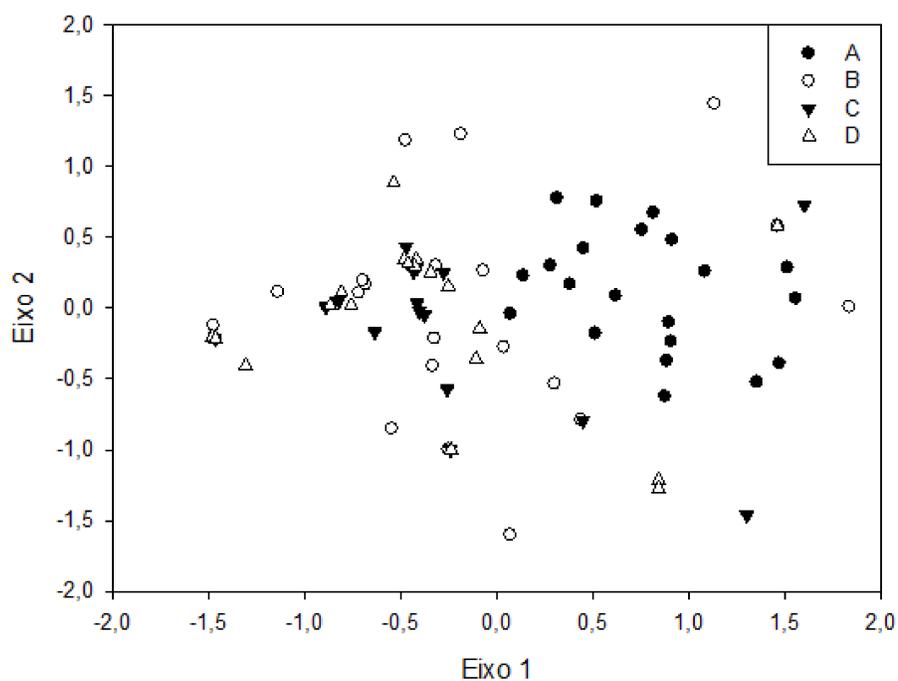


Figura 6 - Análise de ordenação que demonstra a diferença entre a riqueza de formigas estrato epigéico (A=0-12,5cm), e formigas do hipogéicas (B=12,5-25cm; C=25-37,5cm; e D=37,5- 50cm) dos quatro estratos de solo de campos de Murundus, da Fazenda Nova Monte Carmelo, MG.

4. DISCUSSÃO

Este estudo mostrou que ocorreu variações na riqueza e na composição de espécies de formigas ao longo dos estratos verticais do solo de campos de Murundus do Cerrado, expressando segmentos epigéicos e hipogéicos distintos e bem estabelecidos. Apesar da presença de espécies generalistas, que se sobrepõe nos quatro segmentos do solo, a riqueza foi maior no estrato epigéico, demonstrando três vezes mais diversidade quando comparado com os estratos hipogéicos. Da mesma forma, o estrato epigéico apresentou mais espécies exclusivas comparado com o hipogéico. No entanto, não houve diferenças na composição e riqueza de espécies de formigas dentro do estrato hipogéico.

Essa baixa diversidade nos estratos hipogéicos pode ser justificado em função do método adotado. Neste estudo, as armadilhas ficaram no campo por 48 horas, que é um tempo padrão para a maioria dos trabalhos e possuíram um atrativo comumente usado em outros trabalhos (Pacheco & Vasconcelos, 2012; Mark & Guénard, 2017). Na literatura, são estabelecidos diversos períodos de permanência das armadilhas, variando de 24 horas, 48 horas, 72 horas ou até mesmo uma semana (Schmidt & Solar, 2010; Figueredo et al., 2013; Mark & Guénard, 2017). Isso ocorre porque há uma variação comportamental das formigas sobre as necessidades de forrageamento e nidificação, por exemplo. Portanto, generalizar o tempo de exposição e o atrativo nas armadilhas podem não atrair todas as espécies e, conseqüentemente, prejudicar a amostragem (Berghoff et al., 2003; Philpott & Ambrecht, 2006).

Isso também pode ser um dos fatores que refletiu na curva de acumulação dos quatro estratos: apesar de não atingir a assíntota, ocorre uma diferença entre o estrato epigéico e os estratos hipogéicos. Além disso, a composição de formigas que foram

específicas ao estrato epigéico (A) representou aproximadamente 21%, enquanto que no estrato hipogéico foi 5% (B), 2,7% (C) e 0% (D). Essa proporção também foi encontrada no trabalho de Pacheco (2011), que encontrou maior composição de espécies de formigas não exclusivas na superfície (94,8%, 220 espécies) em relação às de subsolo (32,5%, 75 espécies). Já a ocorrência de espécies seguiu um padrão similar ao trabalho de Marinho et al. (2002), com maior riqueza das subfamílias Myrmicinae e Formicinae, respectivamente, e é um resultado esperado visto que os dois dois gêneros pertencentes à essas subfamílias, *Pheidole* e *Camponotus* são amplamente distribuídos nos neotrópicos (Majer & Delabie, 1994; Wilkie et al., 2010).

Outro fator que pode ser determinante para essa diferença na diversidade é a oferta e os tipos de recursos para espécies de formigas que forrageiam e nidificam em determinado estrato (Holdobller & Wilson, 1990; Wilkie et al., 2010). A serapilheira, por exemplo, forma uma camada comumente encontrada sobre o estrato epigéico e contém matéria orgânica em decomposição proveniente da fauna e flora (Andrade et al., 2003). Isso fica claro no trabalho de Silva et al. (2017), o qual avaliou a preferência de dez espécies de formigas aos locais de nidificação em estratos epigéicos e arbóreos no bioma Cerrado, localizado no nordeste do Maranhão. Neste estudo, a composição das espécies foi afetada por fatores como a qualidade do solo, tipo vegetação, temperatura e umidade. Silva et al. (2017) mostraram que, por exemplo, *Dinoponera gigantea* (Perty, 1833) preferiu solos mais nutritivos, enquanto que *Ectatomma muticum* (Mayr, 1870) optou por locais com plantas arbustivas atóxicas.

Nesse sentido, a quantidade de recursos é, evidentemente, maior no estrato epigéico quando comparado com hipogéico (Sabu et al., 2008; Mark & Guénard, 2017). No estrato

epigéico, há uma relação positiva entre a quantidade de biomassa da serrapilheira e a macrofauna existente, como cupins, coleópteros, alguns vertebrados, entre outros (Laossi et al., 2008; Wilkie et al., 2010). Essa diversidade e abundância da macrofauna serve como recursos imprescindíveis para muitas espécies de formigas epigéicas que, da mesma forma, apresentam uma diversidade de hábitos alimentares como carnívoras, onívoras, herbívoras, entre outros (Lima, 2009). Além disso, à medida que ocorre o aumento na profundidade do solo há um distanciamento dessa camada nutritiva, e a redução da fertilidade do solo também diminui a quantidade de macroinvertebrados (Souza et al., 2015). Com isso, os recursos para a mimercofauna se tornam escassos, caracterizando em uma relação negativa entre riqueza e abundância de formigas e a profundidade do solo (Pacheco, 2011; Wilkie et al., 2007; Wilkie et al., 2010).

Em contrapartida, quando se avaliou a estratificação dentro do estrato hipogéico, a riqueza de formigas não apresentou diferença entre os estratos. Andersen & Brault (2010) mostram que a composição de formigas da superfície até a profundidade de 10cm abaixo do solo é a mesma; então, as formigas hipogéicas propriamente ditas são coletadas somente abaixo dessa profundidade. Isso significa que os fatores que determinam a riqueza são divergentes entre as camadas epigéicas e hipogéicas. Então, quando se avalia o solo abaixo de 10cm, os possíveis fatores (e.g. recursos e condições) podem não apresentar variações suficientes para verticalizar as formigas hipogéicas, o que não as tornam tão claramente distintas.

De qualquer forma, ainda é desconhecido todos os fatores que atuam na mimercofauna hipogéica. Por exemplo, no trabalho de Wilkie et al. (2007) com a mesma armadilha, a baixa diversidade de formigas nos estratos inferiores foi associada com a

proximidade dos lençóis freáticos. Se avaliarmos o local de coleta do presente estudo, os campos de Murundus também apresentam peculiaridades espaciais, como as elevações no solo e uma geomorfologia que consegue armazenar grande quantidade de água (Maricato et al., 2017; Souza et al., 2015) sendo um ambiente necessário para o ciclo hídrico, o que pode ser um fator determinante para menor ocorrência de espécies no último estrato (Souza & Delabie, 2018).

Com relação aos fatores bióticos que podem influenciar na composição da comunidade hipogéica, Martins (2017) realizou um trabalho em Santa Catarina, Brasil, avaliando a riqueza de espécies em três áreas com diferentes uso e ocupação do solo: agropecuária, plantio de eucalipto e vegetação nativa. Os resultados mostram que houve menor diversidade de formigas em áreas direcionadas ao uso agropecuário. Já as áreas com vegetação nativa ou com plantio de eucalipto, foram maiores em riqueza e diversidade de formigas hipogéicas comparados às áreas agropecuárias; no entanto, elas não diferiram entre si. Essa diferença entre a plantação de eucalipto e as pastagens agropecuárias pode ser explicada pelo pisoteio de animais que deixam o solo compactado, o que afeta negativamente a composição dessa comunidade. Já a composição de formigas ser similar na vegetação nativa e no eucalipto, é atribuído pelo autor devido à presença da serrapilheira em ambos sistemas, o que pode suprir as necessidades de comunidades epigéicas e hipogéicas.

Apesar dos esforços direcionados em decifrar a comunidade de organismos hipogéicos, ainda se conhece pouco sobre os fatores que influenciam sua estratificação e, conseqüentemente, os padrões ecológicos e comportamentais que as espécies adotam para sobreviver nesse meio atípico. Nesse estudo, buscou-se reconhecer as espécies de formigas

que compõe esse estrato e diferenciá-las por profundidade de coleta. Apesar de não encontrarmos um padrão que diferisse os estratos hipogéicos B, C e D, o método de coleta proposto por Wilkier et al. (2007) pode ser o começo para novos trabalhos que avaliem os tipos de alimentação, tempos de permanência da armadilha ou até mesmo outras profundidades do subsolo, a fim de reconhecer efetivamente essas espécies de formigas negligenciada pela comunidade científica.

5. CONCLUSÃO

A distribuição das espécies de formigas em campos de Murundus no Cerrado ocorreu sob uma estratificação vertical, diferenciando as comunidades em dois grupos: epigéicas e hipogéicas. No entanto, os estratos inferiores hipogéicos não apresentaram relação entre a riqueza e profundidade do solo. Esse modelo proposto é passível de replicações que pode ser adaptado não apenas em campo de Murundus, mas em outras fitofisionomias e até mesmo biomas, a fim de extrair informações sobre o reconhecimento da mirmecofauna epigéica e hipogéica, grupos funcionais, padrões ecológicos, comportamentais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. 2000. **Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution, Washington DC, n. 9, p. 280.

ALVARENGA, V. S. **Efeitos diretos e indiretos de características de plantas sobre a similaridade na composição de insetos herbívoros e parasitoides associados à Asteraceae**. Tese (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade Federal do de Goiás, Goiás, 2018.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Metereologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

ANDERSEN, A. N.; BRAULT, A. Exploring a new biodiversity frontier: subterranean ants in northern Australia. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n. 9, p. 2741-2750, 2010.

ANDRADE, A. G.; TAVARES, S. R. L.; COUTINHO, H. L. C. Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe agropecuário**, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.

ARMBRECHT, I., PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Enigmatic biodiversity correlations: ant diversity responds to diverse resources. **Science**, v. 304, n. 5668, p. 284-286, 2004.

ARRUDA, R.; CARVALHO, L. N.; DEL-CLARO, K. Host specificity of a Brazilian mistletoe *Struthanthus* aff. *polyanthus* (Loranthaceae), in cerrado tropical savanna. **Flora**, v. 201, n. 2, p. 127-134, 2006.

BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. D.; SOLAR, R. 2015. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, p. 388.

BATTIROLA, L. D. **Estratificação vertical e distribuição temporal da comunidade de artrópodes terrestres em uma floresta monodominante, sazonalmente inundável, na região norte do Pantanal de Mato Grosso, Brasil**. Tese (Doutorado) Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, UFPR. Curitiba, 2007.

BENGTSSON, J.; BERG, M. P. Variability in food web structure across time and space. In: RUITER, P. C.; WOLTERS, V.; MOORE, J. C. 2005. **Dynamic Food Webs. Multispecies Assemblages, Ecosystem Development and Environmental Change**. Elsevier Academic Press, Amsterdam, v. 3, p. 201-210.

BERG, M. P.; BENGTSSON, J. Temporal and spatial variability in soil food web structure. **Oikos**, v. 116, n. 11, p. 1789-1804, 2007.

BERGHOFF, S. M.; MASCHWITZ, U.; LINSENMAI, K. E. Hypogaeic and epigaeic ant diversity on Borneo: evaluation of baited sieve buckets as a study method. **Tropical Zoology**, v. 16, n. 2, p. 153-163, 2003.

BLÜTHGEN, N.; GOTTSBERGER, G. & FIEDLER, K. Sugar and amino acid composition of ant-attended nectar and honeydew sources from an Australian rainforest. **Austral Ecology**, v. 29, n. 4, p. 418-429, 2004.

BORGES, F. A.; NISHIYAMA, L. Avaliação temporal da capacidade de infiltração da água no solo por meio de ensaios in situ na bacia do alto curso do Rio Uberabinha, MG. **Horizonte Científico**, v. 2, n. 1, p. 1-20, 2008.

- BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R.; FEITOSA, R. M. Cerrado ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) as indicators of edge effects. **Zoologia**, v. 28, n. 3, p. 379-387, 2011.
- CAMPOS, R. I.; SOARES, J. P.; MARTINS, R. P.; RIBEIRO, S. P. Effect of Habitat Structure on Ant Assemblages Associated to Two Pioneer Tree Species (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 47, n. 2, 2006.
- COLWELL, R. K. **Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 7.5. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>, 2005.
- COLWELL, R.K.; MAO, C.X.; CHANG, J. Interpolatin, extrapolatin, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology**, v. 85, n. 10, p. 2717-2721, 2004.
- DAVIDSON, D. W.; S. COOK, R.; SNELLING, C. T. Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies. **Science**, v. 300, n. 5621, p. 969-972, 2003.
- DEL-CLARO, K.; OLIVEIRA, P.S. Ant-homoptera interactions in a Neotropical Savanna: the honeydew-producing treehopper, *Guayaquila xiphias* (Membracidae), and its associated ant fauna on *Didymopanax vinosum* (Araliaceae). **Biotropica**, v. 31, n. 135-144, 1999.
- EISENBEIS, G.; WICHARD, W. Atlas on the biology of soil arthropods. **Springer Berlin Heidelberg**, p. 437, 1987.
- ELLWOOD, M. D. F.; FOSTER, W. A. Doubling the estimate of invertebrate biomass in a rainforest canopy. **Nature**, v. 429, n. 6991, p. 549-551, 2004.
- FAGUNDES, R.; ANJOS, D. V.; CARVALHO, R. L.; DEL-CLARO, K. Availability of food and nesting-sites as regulatory mechanisms for the recovery of ant diversity after fire disturbance. **Sociobiology**, v. 62, n. 1, p. 1-9, 2015.
- FIGUEREDO, C. J.; ROSA, R. S.; MUNHAE, C. B.; MORONI, M. S. C. Fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) atraídas a armadilhas subterrâneas em áreas de Mata Atlântica. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 1, 2013.
- FOWLER, H. G.; DELABIE, J. H. C.; MOUTINHO, P. R. S. Hypogaeic and epigaeic ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages of atlantic costal rainforest and dry mature and secondary Amazon forest in Brazil: Continuums or communities. **Tropical Ecology**, v. 41, n. 1, p. 73-80, 2000.
- GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. I. Life in the cerrado: a South American Tropical Seasonal Vegetation. **Origin, structure, dynamics and plant use**, v. 2, p. 280, 2006.
- HARPER, K. A.; MACDONALD, E.; BURTON, P. J.; CHEN, J.; BROSOFSKE, K. D.; SAUNDERS, S. C.; EUSKINCHEN, E. S.; ROBERTS, D.; JAITEH, M. S.; ESSEEN, D. P. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation**

Biology, v. 19, n. 3, p. 768-782, 2005.

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

HOFFMANN, B. D.; ANDERSEN, A. N. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. **Austral Ecology**, v. 28, n. 4, p. 444-464, 2003.

KASPARI, M. Testing resource-based models of patchiness in four Neotropical litter ant assemblages. **Oikos**, n. 76, n. 4, p. 443-454, 1996.

KISHIMOTO-YAMADA, K.; ITIOKA, T. How much have we learned about seasonality in tropical insect abundance since Wolda (1988)? **Entomological Science**, v. 18, n. 4, p. 407-419, 2015.

KISHIMOTO-YAMADA, K.; ITIOKA, T. Seasonality in phytophagous scarabaeid (Melolonthinae and Rutelinae) abundances in an “aseasonal” Bornean rainforest. **Insect Conservation and Diversity**, v. 6, n. 2, p. 179-188, 2013.

KISHIMOTO-YAMADA, K.; ITIOKA, T.; ICHIE, S. S. T. Seasonality in light-attracted chrysomelid populations in a Bornean rainforest. **Insect Conservation and Diversity**, v. 3, n. 4, p. 266-277, 2010.

KRUSKAL, J. B. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. **Psychometrika**, v. 29, n. 1, p.1-27, 1964.

LAOSSI, K. R.; BAROT, S.; CARVALHO, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; MARTINS, M.; MITJA, D.; RENDEIRO, A. C.; ROUSSEAU, G.; SARRAZIN, M.; VELASQUEZ, E.; GRIMALDI, M. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. **Pedobiologia**, v. 51, n. 5-6, p. 397-407, 2008.

LATUMAHINA, F.; KUNU, P. J.; CAHYONO, T. D. Patterns and Mechanisms of Ant Diversity in Two Types of Land Use within Protected Forest Area Sirimau City of Ambon Maluku Province. **Advances in Social Sciences Research Journal**, v. 5, n. 3, p. 184-189, 2018.

LIMA, T. E. O. **Análise fitossociológica, da macrofauna edáfica e da biomassa em um trecho de floresta ripária no Município de Guarapuava, Paraná**. Tese (Doutorado) Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2009.

LOPES, C. T.; VASCONCELOS, H. L. Evaluation of three methods for sampling ground-dwelling Ants in the Brazilian Cerrado. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 4, p. 399-405, 2008.

MAJER, J. D.; DELABIE, J. H. C. Comparision of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in Brazilian Amazon. **Insects Sociaux**, v. 41, n. 4, p. 343-359, 1994.

MARICATO, H. S., GUILHERME, F. A., GOMES, D. C., PEREIRA, F. C., & SOUZA, L. F. Aspectos físicos e estrutura da vegetação lenhosa em três campos de murundus no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 4, p. 169-177, 2017.

MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. S. 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.

MARK, K. L.; GUÉNARD, B. Subterranean ants: summary and perspectives on field sampling methods, with notes on diversity and ecology (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, v. 25, p. 1-16, 2017.

MARTINS, M. F. O. **Assembleias de formigas subterrâneas (Hymenoptera: Formicidae) de três regiões do sul do Brasil: diferentes sistemas de uso do solo e avaliação da técnica TSBF para Amostragem.** Tese (Mestrado) Pós-Graduação em Entomologia, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná, UFP, Paraná, 2017.

MATHER, P. M. Computational methods of multivariate analysis in physical geography **Wiley for the Royal Statistical Society**, London, GB, 1976.

MCKEY, D., ROSTAIN, S., IRIARTE, J., GLASER, B., BIRK, J.J., HOLST, I. & RENARD, D. Pre-columbian agricultural landscapes, ecosystem engineers, and self-organized patchiness in Amazonia. **PNAS**, v. 107, n. 17, p. 7823-7828, 2010.

MOREAU, C. S.; BELL, C. D. Testing the museum versus cradle tropical biological diversity hypothesis: phylogeny, diversification, and ancestral biogeographic range evolution of the ants. **Evolution**, v. 67, n. 8, p. 2240-2257, 2013.

NEVES, F. S.; QUEIROZ-DANTAS, K. S.; DA ROCHA, W. D.; DELABIE, J. H. C. Ants of three adjacent habitats of a transition region between the cerrado and caatinga biomes: the effects of heterogeneity and variation in canopy cover. **Neotropical entomology**, v. 42, n. 3, p. 258-268, 2013.

PACHECO, R. **Estrutura de comunidade de formigas no cerrado: diversidade, composição e atividade predatória em monoculturas e ecossistemas naturais.** Tese (Doutorado). Programa de pós graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Instituto Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia, 2011.

PACHECO, R.; VASCONCELOS, H. L. Subterranean pitfall traps: is it worth including them in your ant sampling protocol? **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2012, p. 1-9, 2012.

PHILPOTT, S. M.; ARMBRECHT, I. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. **Ecological Entomology**, v. 31, n. 4, p. 369 -377, 2006.

PHILPOTT, S. M.; FOSTER, P. F. Nest-site limitation in coffee agroecosystems: artificial

nests maintain diversity of arboreal ants. **Ecological Applications**, v. 15, n. 4, p. 1478-1485, 2005.

PINHEIRO, F.; DINIZ, I. R.; COELHO, D.; BANDEIRA, M. P. S. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. **Austral Ecology**, v. 27, n. 2, p. 132-136, 2002.

POLLIERER, M. M.; LANGEL, R.; KORNER, C.; MARAUN, M.; SCHEU, S. The underestimated importance of belowground carbon input for forest soil animal food webs. **Ecological Letters**, v. 10, n. 8 p. 729-736, 2007.

RESENDE, I. L. M., ARAÚJO, G. M., OLIVEIRA, A. P. A., OLIVEIRA, A. P. & ÁVILA JÚNIOR, R. S. A comunidade vegetal e as características abióticas de um campo de murundu em Uberlândia, MG. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 9-17, 2004.

RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H.; PIC, M. & SOARES, S. M. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology**, v. 28, n. 3, p. 305-314, 2003.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. **Cerrado: Ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, p. 151-199, 2008.

RIBEIRO, S. P. **Insect herbivores in the canopies of savannas and rainforests**. 2003. In Y. BASSET, V.; NOVOTNY, S.; MILLER, E.; KITCHING, R. L. *Arthropods of tropical forests: Spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. p. 348-359.

SABU, T. K., VINEESH, P. J.; VINOD, K. V. Diversity of forest litter-inhabiting ants along elevations in the Wayanad region of the Western Ghats. **Journal of Insect Science**, v. 8, n. 1, p. 1-14, 2008.

SANDERS, D.; VAN VEEN, F. F. Ecosystem engineering and predation: the multi-trophic impact of two ant species. **Journal Animal Ecology**, v. 80, n.3, p. 569-576, 2011.

SANTOS, A. C. C. **Diversidade e composição de plantas lenhosas em áreas de regeneração natural em Campos de Murundus**. Tese (Mestrado) Programa de pós graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Instituto Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia, 2018.

SCHMIDT, F. A.; DIEHL, E. What is the effect of soil use on ant communities? **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 4, p. 381-388, 2008.

SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Hypogaeic pitfall traps: methodological advances and remarks to improve the sampling of a hidden ant fauna. **Insectes Sociaux**, v. 57, n. 3, p. 261-266, 2010.

SCHMIDT, A.; SCHOEREDER, J. H.; CAETANO, M. D. N. Ant assemblage and morphological traits differ in response to soil compaction. **Insectes Sociaux**, v. 64, n. 2, p.

219-225, 2017.

SILESHI, G. W.; ARSHAD, M. A.; KONATÉ, S.; NKUNIKA, P. O. Y. Termite-induced heterogeneity in African savanna vegetation: mechanisms and patterns. **Journal of Vegetation Science**, v. 21, n. 5, p. 923-937, 2010.

SILVA, E. F.; CORÁ, J. E.; SAMPAIO, I. B. M. Association of the Occurrence of Ant Species (Hymenoptera: Formicidae) with Soil Attributes, Vegetation, and Climate in the Brazilian Savanna Northeastern Region. **Sociobiology**, v.64, n. 4, p. 442-450, 2017.

SOUZA, H. J.; DELABIE, J. H. C. Fine-scale spatial distribution of murundus structures in the semi-arid region of Brazil. **Austral Ecology**, v.43, n.1, p. 268-279, 2018.

SOUZA, H. M.; VIEIRA, B. C. R.; OLIVEIRA, A. P. G.; AMARAL, A. A. Macrofauna do solo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 11, n. 22; p. 115, 2015.

STUKALYUK, S. V. Stratification of the ant species (Hymenoptera, Formicidae) in the urban broadleaf woodlands of the city of Kiev. **Entomological Review**, v. 97, n. 3, p. 320-343, 2017.

VASCONCELOS, H. L.; DELABIE, J. H. C. Ground ant communities from central Amazonia forest fragments. **Curtin University School of Environmental Biology**, v. 18, p. 59-70, 2000.

WILKIE, K. R. R.; MERTI, A. L.; TRANIELLO, J. F. A. Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazonia. **Nature Wissens Chaften**, v. 94, n. 9, p. 725-731, 2007.

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

WILSON, E. O.; HÖLLDOBLER, B. Eusociality: Origin and consequences. **PNAS**, v.102, n. 38, p. 13367-13371, 2005.

YEO, K.; DELSINNE, T.; KONATE, S.; ALONSO, L.; AÏDARA, D.; PEETERS, C. Diversity and distribution of ant assemblages above and below ground in a West African forest-savannah mosaic (Lamto, Côte d'Ivoire). **Insectes Sociaux**, v. 64, n.1, p. 155-168, 2017.

YASUDA, M.; KOIKE, F. The contribution of the bark of isolated trees as habitat for ants in an urban landscape. **Landscape and Urban Planning**, v. 92, n. 3-4, p. 276-281, 2009.