

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE, DIRETORIA DE PESQUISA E  
PÓS-GRADUAÇÃO, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROQUÍMICA**

**DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA EM SISTEMAS INTEGRADOS  
DE PRODUÇÃO COM MILHO E BRAQUIÁRIA**

Autora: Andressa Carolinne Gomes Stoppa de Faria

Rio Verde - GO  
Janeiro – 2021

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE, DIRETORIA DE PESQUISA E  
PÓS-GRADUAÇÃO, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROQUÍMICA**

**DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA EM SISTEMAS INTEGRADOS  
DE PRODUÇÃO COM MILHO E BRAQUIÁRIA**

Autora: Andressa Carolinne Gomes Stoppa de Faria  
Orientador: Prof. Dr. Dener Márcio da Silva Oliveira  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Darliane de Castro Santos  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria de Fátima R. da Silva  
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Jakelaitis

Dissertação apresentada, como exigência para obtenção do título de MESTRE EM AGROQUÍMICA, ao programa de Pós-Graduação em Agroquímica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Agroquímica / Química Ambiental.

Rio Verde - GO  
Janeiro – 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

FF224d Faria, Andressa  
Diversidade da Fauna Edáfica em Sistemas Integrados de Produção com milho e braquiária / Andressa Faria; orientador Dener Silva; co-orientador Darliane Santos. -- Rio Verde, 2021. 49 p.

Dissertação (Mestrado em Agroquímica) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. biologia do solo. 2. invertebrados do solo. 3. bioindicadores. 4. qualidade do solo. I. Silva, Dener, orient. II. Santos, Darliane, co-orient. III. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação                      | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                             | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Andressa Carolinne Gomes Stoppa de Faria  
Matrícula: 20191033103I0022  
Título do Trabalho:

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

- |  |                              |   |
|--|------------------------------|---|
| O documento está sujeito a registro de patente?  | <input type="checkbox"/> Sim | <input checked="" type="checkbox"/> Não |
| O documento pode vir a ser publicado como livro? | <input type="checkbox"/> Sim | <input checked="" type="checkbox"/> Não |

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

RIO VERDE, 01/03/2021.

*Andressa Carolinne G Stoppa de Faria*

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

*Uener Márcio R. Oliveira*

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 2/2021 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

## PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA Nº/77

### BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e um dias do mês de janeiro do ano de dois mil e vinte e um, às 14h00min (quatorze horas), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **ANDRESSA CAROLINNE GOMES STOPPA DE FARIA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Dener Márcio da Silva Oliveira, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE (a) NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROQUÍMICA**, na área de concentração em Agroquímica, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGAq da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta)** dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa dissertação em periódicos após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Dener Márcio da Silva Oliveira	IF Goiano - Campus Posse	Presidente

<b>Althieris de Souza Saraiva</b>	<b>IF Goiano - Campus Campos Belos</b>	<b>Membro interno</b>
Edson Luiz Souchie	IF Goiano - Campus Rio Verde	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- **Edson Luiz Souchie, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 25/01/2021 17:22:13.
- **Althieris de Souza Saraiva, COORDENADOR - FG1 - CPPGI-CB**, em 22/01/2021 08:59:13.
- **Dener Marcio da Silva Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 21/01/2021 16:27:26.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/01/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 230795  
Código de Autenticação: 4b95a2601f



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, pois sem Ele esta jornada não seria cumprida.

À minha mãe, Paula Roberta Gomes Stoppa, que sempre foi meu ponto de equilíbrio, me mantendo firme e forte em todas as jornadas que escolhi seguir, sempre me motivando e fortalecendo, nunca deixando que eu desistisse de algo sem concluir.

A todos os meus familiares, que se orgulham de mim e me motivaram quando necessário. Eu os amo muito!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dener Márcio da Silva Oliveira, pela disposição em sempre me atender. À minha coorientadora externa, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria de Fátima R. da Silva, por ter sido muito gentil e amiga, sempre disposta a ajudar.

À Universidade de Rio Verde, pela parceria e disponibilização do Laboratório de Zoologia dos Invertebrados para meu uso.

Aos colegas do Laboratório de Zoologia da Universidade de Rio Verde, pelo apoio e disposição em contribuir com as identificações dos invertebrados.

Aos colegas do mestrado e doutorado, pelo coleguismo, em especial aos do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – IF Goiano - Campus Rio Verde.

A estas pessoas que contribuíram para meu fortalecimento profissional e pessoal, meu muito obrigada e meu respeito.

Agradeço, por fim, a toda a equipe do IF Goiano - Campus Rio Verde e à Capes, pelo apoio financeiro.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

Andressa Carolinne Gomes Stoppa de Faria, natural de Maurilândia – GO, nascida em 04 de junho de 1995, residente em Rio Verde desde seu nascimento, filha de Paula Roberta Gomes Stoppa e Renato Pereira de Faria (*in memoriam*).

Em 2013, ingressou no curso de graduação em Ciências Biológicas, Licenciatura e Bacharelado, pela Universidade de Rio Verde, e atuou como bolsista no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).

Em 2019, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, sob a orientação do Professor Dr. Dener Márcio da Silva Oliveira.

Em 2019, iniciou o curso de Especialização em Saneamento e Saúde Ambiental pela Universidade Federal de Goiás, tendo finalizado em julho de 2020.

*“Tenho-vos dito estas coisas, para que em mim tenhais paz. No mundo tereis tribulações; mas tende bom ânimo, eu venci o mundo.”*

João 16:31

## Sumário

ÍNDICE DE TABELAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
ÍNDICE DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES .....	10
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	Error! Bookmark not defined.
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1. Objetivo Geral .....	16
2.2. Objetivos Específicos .....	16
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
3.1. Qualidade do Solo .....	17
3.2. Bioindicadores .....	19
3.3. Plantas de Cobertura.....	21
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
4.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	23
4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	24
4.3. MÉTODO DE COLETA E ANÁLISE DA FAUNA EDÁFICA .....	25
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>37</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Caracterização química do solo em duas áreas experimentais sob sistemas integrados de produção no GAPES (Rio Verde-GO) e Boa Esperança (Montividiu-GO).....	23
<b>Tabela 2.</b> Amostragem total da fauna edáfica identificada, separada por tratamento, quantidade e classe/ordem, na Estação Experimental GAPES, em Rio Verde-GO.....	27
<b>Tabela 3.</b> Amostragem total da fauna edáfica identificada, separada por tratamento, quantidade e classe/ordem, na Estação Experimental da Fazenda Boa Esperança, em Montividiu-GO.....	28
<b>Tabela 4.</b> Valores médios de invertebrados em sistemas integrados e pousio na Estação Experimental do GAPES, em Rio Verde-GO.....	29
<b>Tabela 5.</b> Resultados para Índice de Diversidade de Shannon das Áreas Experimentais GAPES (Rio Verde-GO) e Boa Esperança (Montividiu-GO).....	30
<b>Tabela 6.</b> Resultados para Índice de Equalibilidade de Pielou das Áreas Experimentais GAPES (Rio Verde-GO) e Boa Esperança (Montividiu-GO).....	30
<b>Tabela 7.</b> Valores médios de invertebrados em sistemas integrados e Cerrado na Estação Experimental da Fazenda Boa Esperança (Montividiu-GO).....	30
<b>Tabela 8.</b> Resultados para Índice de Simpson das Áreas Experimentais GAPES (Rio Verde-GO) e Boa Esperança (Montividiu-GO).....	31
<b>Tabela 9.</b> Resultados para Correlação de Pearson da Estação Experimental do GAPES (Rio Verde-GO).....	33
<b>Tabela 10.</b> Resultados para Correlação de Pearson da Estação Experimental Fazenda Boa Esperança (Montividiu-GO).....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Área Experimental do GAPES mostrando em vermelho os locais de coleta das amostras do solo para captura dos invertebrados. Neste caso, foram os tratamentos milho solteiro, milho + marandu, milho + ruziziensis e pousio.....23
- Figura 2.** Área Experimental da fazenda Boa Esperança mostrando em vermelho os locais de coleta das amostras do solo para captura dos invertebrados. Neste caso, foram os tratamentos milho solteiro, milho marandu, milho + ruziziensis e cerrado.....24
- Figura 3.** Experimento de Berlese-Tüllgren, instalado no Laboratório de Zoologia de Invertebrados da Universidade de Rio Verde, para captura da fauna edáfica das amostras obtidas da área do GAPES e da Fazenda Boa Esperança.....25
- Figura 4.** Fotos obtidas em microscópio estereoscópio dos indivíduos da fauna edáfica capturados nas duas áreas experimentais. A: Araneae; B: Dermaptera; C: Isoptera; D: Coleoptera; E: Formicidae e F: Collembola.....28
- Figura 5.** Diagrama de Dispersão ilustrando as correlações feitas pelo programa SIGMAPLOT das variáveis na Área Experimental GAPES, Rio Verde-GO.....34
- Figura 6.** Diagrama de Dispersão ilustrando as correlações feitas pelo programa SIGMAPLOT das variáveis na Fazenda Boa Esperança, Montividiu-GO.....35

## ÍNDICE DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

GAPES - Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano

Al<sup>+3</sup> - alumínio

C - carbono

N - nitrogênio

m - metro

mm - milímetro

cm - centímetro

kg - quilograma

m<sup>2</sup> - metro quadrado

% - porcentagem

W - watt

∑ - somatório

MO – matéria orgânica

P – fósforo

K – potássio

Ca – cálcio

Mg - magnésio

## RESUMO

DE FARIA, ANDRESSA CAROLINNE GOMES STOPPA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, janeiro de 2021. **Diversidade da fauna edáfica em sistemas integrados de produção com milho e braquiária.** Orientador: Prof. Dr. Dener Márcio da Silva Oliveira. Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Darliane de Castro Santos. Coorientador: Prof. Dr. Adriano Jakelaitis. Coorientadora Externa: Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria de Fátima R. da Silva.

A fauna edáfica é conhecida por sua riqueza, diversidade natural e importância para a manutenção da vida da comunidade. Com este trabalho, objetivou-se identificar a composição e a abundância da meso e macrofauna edáfica, em duas áreas sob sistema integrado de produção (SIPA) com milho e braquiária, assim como correlacionar tais parâmetros com atributos químicos do solo, de modo a inferir sobre sua qualidade. O estudo foi conduzido em duas áreas diferentes, sendo um em área experimental do GAPES (Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano) no município de Rio Verde-GO e o outro na fazenda Boa Esperança, município de Montividiu-GO. Foram avaliados quatro tratamentos: 1) Milho/soja solteiro; 2) Milho/soja consorciado com *Brachiaria ruziziensis*; 3) Milho/soja consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu; 4) Área em pousio na área do GAPES; e 5) Área de Cerrado na Fazenda Boa Esperança. Os invertebrados foram coletados por triagem manual e pelo método de Berlese, em seguida, identificados e quantificados com auxílio de um microscópio e microscópio estereoscópio. Os grupos taxonômicos foram identificados no maior nível taxonômico possível (Classe/Subclasse/Ordem/Família). A apuração e a identificação dos organismos edáficos foram submetidas aos cálculos de diversidade, Simpson (dominância), Pielou (equidade) e Shannon-Wiener (diversidade). O solo foi analisado para determinação do pH em água, matéria orgânica, teores de fósforo e  $Al^{3+}$ , conforme Embrapa (2009). As variáveis foram submetidas à análise de variância e, para os efeitos significativos, as médias foram comparadas pelo teste Tukey (5%). Em geral, o maior número de invertebrados pertencia à ordem Hymenoptera, seguida pelas ordens Isoptera, Coleoptera e Acarina, resultando discrepância de quantidade de invertebrados em alguns tratamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** biologia do solo, invertebrados do solo, bioindicadores, qualidade do solo.

## ABSTRACT

DE FARIA, ANDRESSA CAROLINNE GOMES STOPPA. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute) Rio Verde Campus, Goiás State GO), Brazil, January 2021. **Diversity of edaphic fauna in systems integrated with corn and brachiaria.** Advisor: Prof. Dr. Oliveira, Dener Márcio da Silva. Co-advisors: Prof. Dr. Santos, Darliane de Castro; Prof. Dr. Jakelaitis, Adriano. External Co-advisor: Prof. Dr. Silva, Maria de Fátima R. da.

The edaphic fauna is known for its wealth, natural diversity, and importance for the maintenance of community life. This paper aimed to identify the composition and the abundance of the edaphic mesofauna and macrofauna in two areas under an integrated production system (IPS) with corn and brachiaria, as well as to correlate these parameters with soil chemical attributes, deducing about its quality. This study was carried out in two different areas, one in the experimental area of Associated Research Group of Southwest of Goiás (GAPES, Brazilian acronym) in the municipality of Rio Verde, Goiás State (GO), Brazil, and the other in the Boa Esperança farm in the municipality of Montividiu, also in Goiás State. Four treatments were evaluated: (a) maize/single soybean; (b) maize/soybean intercropped with *Brachiaria ruziziensis*; (c) maize/soybean intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu; (d) fallow area (in the GAPES area) and Cerrado area (at Boa Esperança farm). The invertebrates were collected by manual screening and the Berlese method, then identified and quantified with a microscope and stereoscope microscope. Taxonomic groups were identified at the highest possible taxonomic level (Class/Subclass/Order/Family). The verification and identification of edaphic organisms were subjected to diversity calculations, Simpson (dominance), Pielou (equity), and Shannon-Wiener (diversity). The soil was analyzed to determine the pH in water, organic matter, and phosphorus and  $Al^{3+}$  contents, according to Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2009). The variables were subjected to analysis of variance, and the means were compared by the Tukey test (5%) for the significant effects. In general, the largest number of invertebrates belonging to hymenoptera order, followed by isoptera, coleoptera, and acarine order, showing a discrepancy in the amount of invertebrates in some treatments.

**KEYWORDS:** Bioindicators. Soil biology. Soil invertebrates. Soil quality.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Geologia, o Cerrado pode ser considerado uma das bases ambientais mais remotas da história do planeta, comportando subsistemas abundantes que se distinguem por solos, fisionomia vegetal, quantidade de água nos lençóis e comunidades faunísticas (DUTRA et al., 2020). Neste contexto, o Bioma Cerrado é responsável pela captação de água através das chuvas e pela conservação das nascentes que formam os rios das principais bacias hidrográficas do Brasil, porém é o Domínio que mais sofre impacto pela rápida expansão moderna da produção agropecuária e da fronteira agrícola (FREIRE, 2016). Adicionalmente, o Cerrado destaca-se como a savana mais rica e ameaçada do planeta, pelo que foi estabelecida a condição de um dos 34 *hotspots* mundiais de biodiversidade, o que denota que sua distribuição se dá em ambientes com grande transformação fisionômica, incluindo formações florestais, savânicas e campestres, que se integram a diferentes classes de solo e formações geológicas (STRASSBURG, 2017).

A diversidade biológica do Cerrado é gigantesca, sua imensa extensão territorial abriga milhões de pessoas, incluindo etnias que detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade, como indígenas, quilombolas e ribeirinhos, que habitam essas áreas onde utilizam os recursos disponibilizados para seu sustento (DUTRA; DE SOUZA, 2017). As áreas do Cerrado têm funções acentuadas para produção do capital, como relevo, clima, terras baratas e fartas de recursos hídricos, dessa forma, os fatos contribuíram para viabilizar a agricultura moderna, norteada pelas inovações tecnológicas e articulada aos mercados nacional e internacional (MATOS; PÊSSOA, 2014).

No Brasil, o Cerrado se posiciona no centro da produção agrícola do país como amplo produtor e exportador global de soja, milho, carne bovina e açúcar (CONAB, 2019; SOTERRONI et al., 2019). Neste cenário, o crescimento urbano desalinhado é uma intimidação constante aos recursos hídricos e ao meio ambiente de modo geral (MESQUITA; SILVESTRE; STEINKE, 2017). Para além disso, o excesso da exploração dos recursos naturais causado pela urbanização resulta em alteração dos ecossistemas, supressão da vegetação, fragmentação dos habitats, crescente redução da biodiversidade, comprometendo, de modo geral, a capacidade da funcionalidade desses sistemas naturais (BLANKINSHIP; NIKLAUS; HUNGATE, 2011; MARTINS et al., 2019). Por consequência, os sistemas integrados de produção se destacam por gerar inúmeros benefícios ao solo, plantas, animais, favorecem o sinergismo entre seus componentes, além de fornecer maior produtividade, maximizando os níveis de matéria orgânica, C orgânico e

N (LOSS et al., 2011).

Diante das ações antrópicas e seus efeitos sobre o ambiente, as modificações podem se manifestar no solo, com modificações no desempenho das populações da macrofauna e reações negativas na qualidade do solo (BARTZ et al., 2014). A fauna edáfica, especificamente, é composta por uma grande quantidade e variedade de pequenos animais importantes para manutenção da capacidade produtiva do solo, por desenvolverem ações como criação de bioporos, aerando o solo, controle da população microbiana, ciclagem e disponibilidade de nutrientes (ROSA et al., 2015). Todos esses processos são fundamentais para a decomposição de toneladas de matéria orgânica e, conseqüentemente, para a qualidade do solo, sendo fundamentais tanto para a vida nativa quanto para as atividades agrícolas (DOS SANTOS et al., 2016). Por essa razão, a fauna do solo pode ser classificada como bioindicadores, pois qualquer mudança que ocorra em seu habitat influencia drasticamente em seu termo físico, contribuindo também para a degradação da matéria orgânica, o que favorece a disposição de nutrientes para plantas e outros indivíduos que ali habitam (BARETTA et al., 2011).

Por conseguinte, com este trabalho, objetivou-se identificar a composição e a abundância da meso e macrofauna edáfica, em duas áreas sob sistema integrado de produção (SIPA) com milho e braquiária, assim como correlacionar tais parâmetros com atributos químicos do solo, de modo a inferir sobre sua qualidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar a diversidade da fauna edáfica em áreas de SIPA com milho e braquiária.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Identificar e quantificar a macro e a mesofauna edáfica do ambiente natural no Cerrado em cultivos solteiros;

Comparar a fauna edáfica nos diferentes sistemas de produção com plantas de coberturas; e

Inferir sobre a qualidade do solo com base nos seus bioindicadores.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. Qualidade do Solo**

As transformações essenciais para a vida no planeta Terra dependem da atividade microbiana. Isso significa que existe um universo paralelo e pouco popular, visto que a maior parte desses micro-organismos não cresce em meios de cultura, mas, sim, em seu habitat natural, como, por exemplo, no solo (CARVALHO; SOUSA; REIS, 2017). O componente essencial do ecossistema é o solo, que é um ambiente vivo com grande atividade biológica que determina sua fertilidade e qualidade. Tais características podem ser avaliadas considerando: i) capacidade para suprir nutrientes para as plantas para proporcionar uma adequada atividade biológica; ii) para suportar o crescimento e desenvolvimento de raízes e propiciar uma adequada estabilidade estrutural; iii) para resistir a erosão e; iv) para reter água para as plantas, entre outras (GONG et al., 2015; LAL, 2016).

A qualidade do solo está sendo atacada diariamente pelo aumento da população humana e com isso surge a preocupação de desenvolver novos estudos e tecnologias para manter um bom funcionamento deste sistema (PAZ-FERREIRO; FU, 2016). As práticas de manejo e conservação do solo e da água devem ser planejadas e executadas de forma a melhorar seus atributos, aumentar a capacidade do solo em sustentar uma produtividade biológica competitiva, sem comprometer a qualidade da água, o uso sustentável desses recursos naturais (SOARES et al., 2016). Além disso, a qualidade do solo pode ser caracterizada como sua disposição em trabalhar dentro do ecossistema, tendendo a amparar a produtividade biológica, cultivar a característica ambiental e trazer saúde para plantas e animais (SCHLOTTER, 2018).

A manutenção de bons níveis de matéria orgânica nos solos é uma das fundamentais distinções buscadas nos cultivos orgânicos que priorizam a utilização de fontes orgânicas de nutrição, cooperando para um maior equilíbrio do solo e da planta para um revolvimento mínimo do solo (PIMENTA et al., 2018). Quando os atributos físicos, químicos e biológicos do solo são analisadas em conjunto, a visualização e a ordem de influência dessas variáveis são bem mais claras, assim, a ideia de utilizar técnicas estatísticas que ordenem os fatores ambientais permite uma análise conjunta dos fatores ambientais para verificação de suas correlações com diferentes ecossistemas ou usos do solo, buscando harmonia entre eles (PAZ-FERREIRO; FU, 2016). Assim, avaliar a qualidade do solo é um trabalho muito complexo, pois estabelece o uso de uma série de

indicadores, abrangendo as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (DA SILVA et al., 2020).

A qualidade do solo convive diariamente com os avanços tecnológicos e seus pontos negativos, a cada dia que passa, a agricultura vem se modernizando, o peso das máquinas e equipamentos tem aumentado. O aumento do tamanho e da largura dos pneus, o crescente uso do solo (DANTAS et al., 2012) e a superlotação de animais em diferentes atividades agropecuárias podem resultar em relevantes alterações nas propriedades físicas do solo, usualmente desfavoráveis (TORRES et al., 2017). Caso haja falta de acompanhamento desses processos, gerando, assim, compactação, em decorrência disso, é possível notar o aumento da resistência do solo e da redução da porosidade, da continuidade dos poros, da permeabilidade e da disponibilidade de nutrientes, água (FORTINI, BRAGA, FREITAS, 2020), o que permite trocas de gases e calor com o meio externo, permitindo o crescimento das raízes das plantas (FERREIRA, TAVARES FILHO, FERREIRA, 2010).

Com as práticas intervencionistas do homem, essa qualidade do solo dependerá da extensão em que o solo funcionará em seu benefício, conectando a composição natural do solo, porém, mesmo existindo partes distintas e dinâmicas do compartimento solo, a qualidade do solo não pode ser definida expressamente, podendo ser calculada por indicadores definidos pelo homem (MOREL; CHENU; LORENZ, 2015). Tais práticas antrópicas podem gerar conflitos negativos ou positivos na qualidade do solo, beneficiando o esgotamento de nutrientes, perda de matéria orgânica, poluição, diminuição da biodiversidade ou favorecendo disposições na direção contrária ao local (ZORNOZA et al., 2015).

A avaliação da qualidade pelos atributos do solo é bastante complicada pela grande quantidade de definições de um solo com qualidade para determinado uso, pela multiplicidade de inter-relações entre fatores físicos, químicos e biológicos que controlam os processos e pelos aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço (JOURGHOLAMI; GHASSEMI; LABELLE, 2019). Além disso, o estabelecimento de índices de qualidade do solo é ainda útil no trabalho de avaliação de impactos ambientais quando Domínios são incorporados ao processo produtivo, seja de forma extensiva ou intensiva, tornando-se assim um instrumento importante nas funções de controle, fiscalização e monitoramento de áreas destinadas à proteção ambiental (GOMES et al., 2015). No entanto, deve ser feito um monitoramento da qualidade do solo através de

indicadores de fácil detecção, que são importantes para a permanência e a avaliação dos níveis de sustentabilidade nos sistemas de manejo adquirido, sendo a matéria orgânica um indicador importante na determinação da qualidade do solo, influenciando nas propriedades físicas, químicas, biológicas, originando a qualidade do solo modificada por manejos (SILVA et al., 2018).

### **3.2. Bioindicadores**

Os bioindicadores ou indicadores biológicos são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença ou ausência, abundância e condições nas quais os indivíduos se localizam revelam determinada condição ambiental. Eles são importantes, pois podem correlacionar determinado fator antrópico com potencial impactante ou um fator natural, ajudando os pesquisadores na avaliação da qualidade do solo (DORAN; PARKIN, 1994; BARETTA et al., 2010). Além disso, o solo é o habitat natural para uma extensa variedade de organismos, tanto micro-organismos, quanto animais invertebrados que formam um conjunto responsável por inúmeros processos, mostrando uma grande variedade de tamanhos e metabolismos, caracterizados como ecossistema do solo, movimentando todos os ciclos ecológicos do planeta (VEZZANI, 2015).

As propriedades químicas, físicas e biológicas do solo podem servir como indicadores de qualidade, pois são sensíveis e dão respostas rápidas (DROBNIK et al., 2018). Os indicadores físicos do solo podem ser caracterizados como: 1) textura; 2) espessura; 3) densidade do solo; 4) resistência à penetração; 5) porosidade; 6) capacidade de retenção d'água; 7) condutividade hidráulica e estabilidade de agregados; e 8) redução no número dos macroporos por pressão mecânica de máquinas agrícolas ou compressão do ar nos microporos dos agregados, força cinética da gota da chuva, aração profunda, entupimento dos microporos e baixo conteúdo de matéria orgânica e nutrientes (STEFANOSKI et al., 2013; CORSTANJE et al., 2017; RABOT et al., 2018). Já os indicadores químicos são incorporados em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos e determinadas relações como a saturação de bases (V%) e de alumínio (m), medidas que expressam a disponibilidade de nutrientes como cálcio e magnésio trocáveis, fósforo, potássio, micronutrientes, assim como suas relações são importantes para avaliar a qualidade de solo entre sistemas de manejo (DA SILVA et al., 2015; ARAÚJO et al., 2019). Por último, há os indicadores biológicos que se caracterizam pela biomassa

microbiana do solo, o nitrogênio mineralizável, a respiração microbiana do solo, a atividade enzimática e o quociente metabólico, importantes tanto no que se refere à ciclagem dos nutrientes, como também à estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal (CHERUBIN et al., 2015; STONE et al., 2016; OLIVEIRA FILHO et al., 2016).

As populações da meso e macrofauna têm potencialidade para serem indicadores ambientais dinâmicos em razão da sua sensibilidade sólida às diferenças de habitat, indispensáveis para a análise de risco ecológico (NELSON et al., 2011). Assim, é possível apontar a probabilidade de um agente estressor, seja ele causador de qualquer alteração, estar causando algum efeito antagônico no ambiente ou nas populações, sendo também utilizado para indicar o grau de ameaça que esse agente pode estar causando ou o risco que poderá vir a causar no ecossistema (GEORGE et al., 2017). Por consequência, o bioindicador é benéfico, prático, direto e reproduzível, podendo ser aproveitado em diversos níveis de organização biológica para aferir as mutações que podem estar ocorrendo em uma característica comunidade biológica (PARMAR, RAWTANI, AGRAWAL, 2016).

A fauna edáfica é o principal constituinte do solo, sendo responsável tanto pela fragmentação dos resíduos orgânicos, incluindo assim a área superficial para a atividade microbiana, como pela produção de enzimas responsáveis pela quebra de biomoléculas complexas em compostos mais simples, auxiliando na formação dos húmus (SILVA et al., 2019; LUCERO; VIEIRA; VIEIRA, 2020). Dessa forma, a fauna do solo se correlaciona com os processos físico-químicos e microbiológicos do solo, pois os invertebrados do solo quebram sucessivamente a matéria orgânica do solo e os resíduos vegetais, o que promove muitos outros processos no solo, como decomposição microbiana, ciclagem de nutrientes e capacidade de retenção de água (GAVA, 2020; ZAGATTO et al., 2020).

A fauna do solo é miscigenada por invertebrados que passam toda ou parte de sua vida no solo e são classificados, de acordo com seus hábitos alimentares, em: (a) saprófagos, relacionados com a decomposição da matéria orgânica morta, que podem ser detritívoros, alimentando-se de resíduos vegetais em vários estádios de decomposição (exemplo: alguns artrópodes); cadavéricos, alimentam-se de animais mortos (exemplo: larvas de insetos); coprófagos, alimentam-se de excrementos de outros animais (exemplo: pequenos artrópodes, coleópteros e minhocas); (b) biófagos, alimentam-se de tecidos vivos, que podem ser microbióvoros, que se alimentam de organismos da micro e mesofauna (exemplos: ácaros e nematoides,); (c) fungívoros, alimentam-se de fungos

(exemplos: colêmbolas); d) fitófagos, alimentam-se de plantas (exemplos: insetos, nematoides); (e) predadores, alimentam-se exclusivamente de animais vivos, matando rapidamente sua presa (exemplo: alguns coleópteros e ácaros); (f) parasitas, alimentam-se exclusivamente de animais vivos, matando lentamente seu hospedeiro (BARETTA et al., 2010). Por isso, a abundante fauna edáfica é conceituada como essencial, pois abriga uma grande variedade de espécies e de mecanismos presentes no solo que têm íntima e positiva correlação com a sustentabilidade e com a estabilização do ambiente, sendo uma das características fundamentais da natureza, responsável por manter o equilíbrio e a estabilidade dos ecossistemas (POMPEO et al., 2016).

Os organismos da macrofauna têm vários papéis nos espaços edáficos, como construção de ninhos, cavidades, galerias e transporte de materiais do solo, beneficiando a disposição de recursos para outros organismos (ALVES et al., 2014). Por isso é importante conhecer entre o universo de grupos de invertebrados, quais são capazes de realizar mais eficientemente processos de regulação das comunidades microbianas, ciclagem de nutrientes, além de modificar estruturalmente os habitats da serapilheira e do solo, além disso, esse conhecimento fornece bases para um manejo da fauna de solo, tanto de maneira direta, pela introdução de grupos de invertebrados de maior interesse, como de maneira indireta, pelo manejo das características do habitat (PORTILHO et al., 2012; PEREIRA et al., 2013).

A biodiversidade do solo está no núcleo dos recursos naturais para o clima, a biodiversidade e a humanidade, abrangendo a assistência de áreas naturais, a restauração de ecossistemas degradados, o emprego de práticas agrícolas sustentáveis e a adaptação de áreas urbanas à natureza e às pessoas, ou seja, a forma como a biodiversidade do solo interage com as funções do ecossistema, o que resulta em um foco natural para o avanço da sustentabilidade global (BACH et al., 2020).

### **3.3. Plantas de Cobertura**

Os sistemas integrados de produção agropecuária em plantio direto são adotados no Brasil como alternativa para recuperação de áreas degradadas em função da diversidade de culturas e animais que podem ser utilizados nesse sistema (BONETTI et al., 2015). Na busca pela produção sustentável de alimentos, fibras e energia em harmonia com a natureza, mantendo o manejo do solo mais sustentável, buscam-se estratégias relacionadas ao uso do solo, como rotação de culturas e plantas de cobertura, que contribuem

diretamente nas relações entre a biota encontrada sobre e sob a camada superficial do solo, principalmente a fauna edáfica (SILVA et al., 2013; SANTOS et al., 2015). Os sistemas integrados de produção têm como objetivo a busca mais simples da recuperação da fertilidade dos solos e mantêm o fornecimento de adubos verdes e o controle de ervas daninhas, entre outros. Assim, o tempo do sistema agrícola é prolongado, além de produzir uma maior diversidade de produtos alimentícios, tendo menor influência no desmatamento em novas áreas de floresta (MARTINS et al., 2019).

As plantas de cobertura são uma estratégia muito utilizada em pastoreios e têm a função de cobrir o solo, protegendo-o contra processos erosivos e lixiviação de nutrientes, produção de grãos e sementes, silagem, feno e como fornecedoras de palha para o sistema de plantio direto (ALMEIDA et al., 2016; LAMAS, 2017). Essas espécies forrageiras contribuem para a estabilidade e a conservação dos solos pelo maior acúmulo de partículas e pelo abrigo da superfície do solo ao impacto direto das chuvas (PACHECO et al., 2011). Os sistemas integrados de produção com plantio direto são eficientes para o equilíbrio, o fortalecimento da fertilidade e a preservação do solo mesmo com grande fluxo de veículos pesados e grande gasto de nutrientes (COSTA et al., 2015).

Além de proteger o solo, estas culturas podem ser utilizadas como forragem de pastejo para animais até o final do ciclo, aproveitando o grão para alimentação, e na fabricação de rações para animais, além da palhada, que pode ser deixada sobre o solo para posterior decomposição e liberação dos nutrientes (MACÊDO et al., 2019). Dessa forma, os solos sob cultivo intensivo podem proporcionar condições favoráveis aos organismos do solo, desde que haja grande quantidade de matéria orgânica, umidade e alto teor de cobertura vegetal nestas áreas (SIMPSON et al., 2012).

Quando se alcança uma alta produção de plantas de cobertura do solo durante a entressafra, no período de estabelecimento da cultura comercial, o solo fica resguardado contra alterações de temperatura e diminuída a evaporação de água, ocorrendo maior resistência das plantas a ocasiões de déficit hídrico (PIRES et al., 2015). Uma boa cobertura promove benefícios potenciais, como aplicação reduzida de nutrientes, melhoramento da saúde do solo e aumento do rendimento, porém esses benefícios só podem ser alcançados com a combinação certa de fatores, ao contrário disso, as plantas de cobertura podem produzir impactos negativos, como um monitoramento mais intenso e uma rede perda econômica (ARBUCKLE; ROESCH-MCNALLY, 2015; COSTA et al., 2015; DUNN et al., 2016).

Os sistemas de uso do solo que proporcionam maior quantidade e diversidade de

biomassa, em conjunto com a ausência de revolvimento do solo, são os que levam a uma melhor qualidade do solo, no entanto, quando se avalia a fauna edáfica como indicadora de qualidade de um agroecossistema, devem ser observadas as variações temporais da quantidade e da diversidade de biomassa, as quais são dependentes do período do ano conforme variações de umidade e temperatura do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

O uso de plantas de cobertura para produção de palhada promovendo grandes quantidades de massa ao solo, coligado ao menor revolvimento do mesmo, é uma medida que pode restringir os impactos ambientais adversos e acarretar maior economia e eficiência na adubação, já que parte dos nutrientes requeridos podem ser abastecidos pelos nutrientes liberados pela decomposição gradativa da palhada das plantas de cobertura (MENDONÇA et al., 2015). Estas características das plantas de cobertura podem contribuir para reduzir custos de produção com fertilizantes químicos, além de impactarem o custo de produção das culturas cultivadas para produção de grãos, fibras e energia. As plantas de cobertura são também uma importante estratégia para o manejo de pragas e doenças, o manejo de nematoides, um grave entrave da agricultura moderna, são ainda excelentes no manejo do mofo branco que está causando danos às culturas de feijão e algodão (LAMAS, 2017).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

Este estudo foi conduzido durante o ano agrícola de 2020, em duas áreas experimentais: uma localizada no município de Rio Verde, GO (17° 47' 53" latitude e 50° 55' 41" longitude, altitude de 715 m), área do GAPES (Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano), e a outra, na fazenda Boa Esperança, município de Montividiu, GO (17° 26' 39" latitude e 51° 10' 29" longitude, altitude de 821 m). De acordo com os critérios propostos por Köppen (1931), o clima é classificado como savana tropical com invernos secos e verões chuvosos (Aw) com média de precipitação anual superior a 1.600 mm.

Os plantios foram feitos nos dias 22/02/18 e 08/03/2019 na Fazenda Boa Esperança e nos dias 13/03/2018 e 09/03/2019 na área experimental do GAPES. O plantio do milho em monocultivo foi feito com uma semeadora e utilizada uma população de 50.000 plantas por hectare. A população de plantas foi mantida para as culturas agrícolas e adotados 400 pontos de valor cultural de sementes para as forrageiras. A colheita foi feita

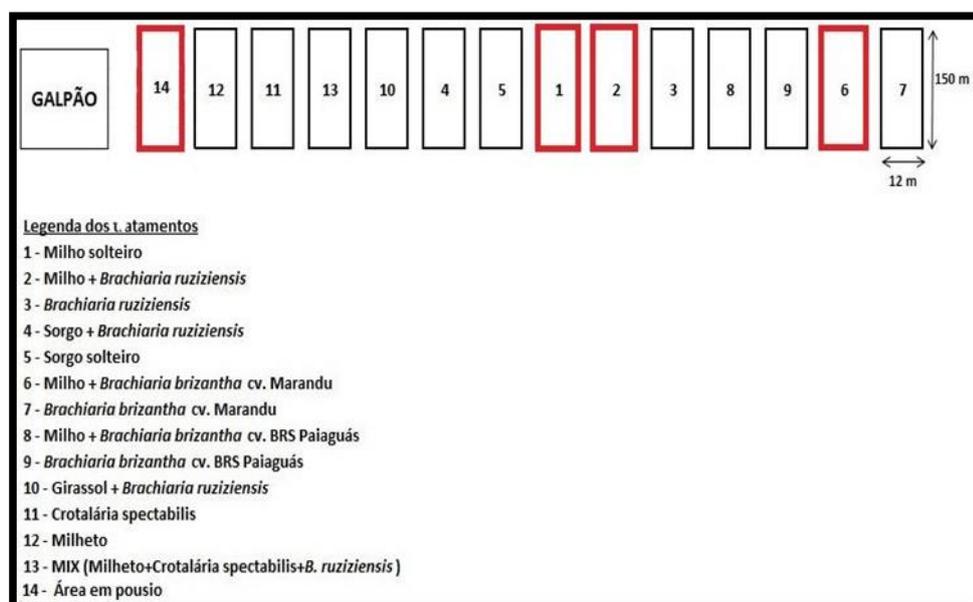
no mês de julho, nos dois anos 2018 e 2019. O controle de pragas e doenças foi feito com os agrotóxicos galil SC, imidagold, intrepid 240 SC e proclaim 50 atuando como inseticidas; soberan e primóleo atuando como herbicida; e como fungicida, score flexi e priori xtra. A caracterização dos solos das áreas experimentais é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo em duas áreas experimentais sob sistemas integrados de produção no GAPES (Rio Verde-GO) e Boa Esperança (Montividiu-GO).

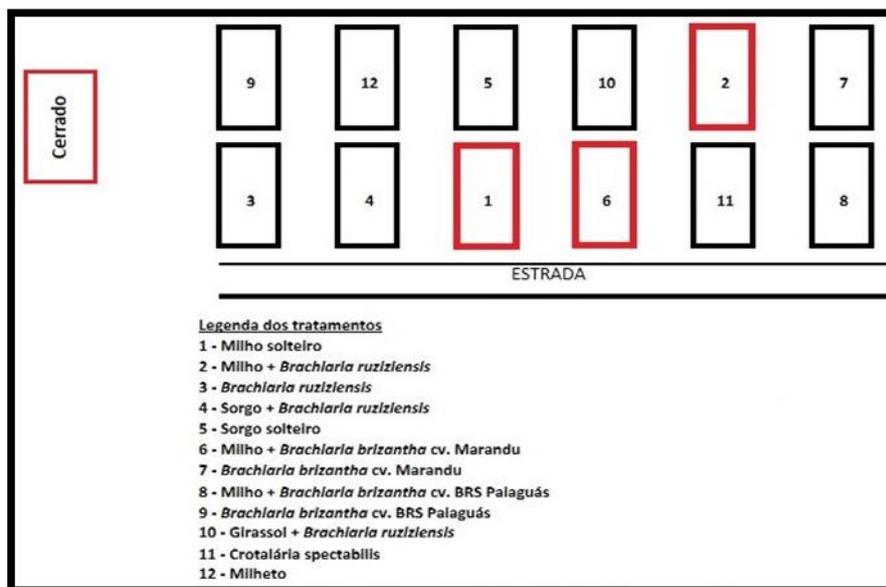
ÁREAS	pH	MO (g/kg)	P (mg/kg)	H + Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	K (cmolc/dm <sup>3</sup> )	Ca (cmolc/dm <sup>3</sup> )	Mg (cmolc/dm <sup>3</sup> )
GAPES	5	18,7	3,2	3,6	0,11	1,41	0,54
Faz. Boa Esperança	5,4	15,8	22,4	2,7	0,09	1,31	0,85

#### 4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Por serem as modalidades de integração mais frequentes, foram avaliados quatro tratamentos, a saber: 1) Milho/soja solteiro; 2) Milho/soja consorciado com *Brachiaria ruziziensis*; 3) Milho/soja consorciado com *Brachiaria brizantha* cv Marandu; 4) Área em Pousio no GAPES (Figura 01); e 5) Área de Cerrado na Fazenda Boa Esperança (Figura 02), com três repetições cada e 70 metros de distância entre as coletas das amostras.



**Figura 1.** Área Experimental do GAPES mostrando em vermelho os locais de coleta das amostras do solo para captura dos invertebrados. Neste caso, foram os tratamentos milho solteiro, milho + marandu, milho + ruziziensis e pousio.



**Figura 2.** Área Experimental da fazenda Boa Esperança mostrando em vermelho os locais de coleta das amostras do solo para captura dos invertebrados. Neste caso, foram os tratamentos milho solteiro, milho marandu, milho + ruziziensis e cerrado.

#### 4.3. MÉTODO DE COLETA E ANÁLISE DA FAUNA EDÁFICA

As amostragens da fauna do solo foram feitas segundo dois métodos de coleta, triagem manual e funil de Berlese, visando à melhor amplitude amostral da fauna edáfica (meso e macrofauna). Foi feita uma campanha de coleta no mês de agosto de 2020, tendo sido extraídas 3 amostras de cada tratamento, com 3 repetições cada, totalizando 24 amostras. Em cada tratamento, os pontos foram demarcados aproximadamente com 70 m de distância.

Primeiramente, foram demarcados os locais das coletas com um gabarito de plástico com uma área de 0,0132 m<sup>2</sup>, em seguida, foi retirado todo o resíduo vegetal (serapilheira) que estava dentro do quadrante, por fim, feita uma escavação de 10 cm de profundidade no solo. Os sedimentos extraídos em campo foram acondicionados em sacos plásticos e levados até o Laboratório de Zoologia dos Invertebrados da Universidade de Rio Verde (UniRV) onde foram pesados e examinados.

As amostras foram pesadas, tendo sido obtido peso médio entre 1,500 kg e 1,650 kg, em seguida, foram reviradas com auxílio de pinças e microscópio estereoscópio, e os animais encontrados, armazenados em frascos contendo álcool 70%. Em seguida, as amostras foram colocadas em recipiente com malha de 2 mm em um funil conforme experimento de Berlese-Tüllgren. Este método é bastante utilizado na captura de micro e

macrofauna do solo, em geral representa uma adaptação do original proposto por Berlese em 1905, modificado por Tüllgren em 1917 (GARAY, 1989).



**Figura 3.** Experimento de Berlese-Tüllgren, instalado no Laboratório de Zoologia de Invertebrados da Universidade de Rio Verde, para captura da fauna edáfica das amostras obtidas da área do GAPES e da Fazenda Boa Esperança.

Em um armário fechado, foi instalado o experimento de Berlese-Tüllgren, com funis para acondicionamento do solo e lâmpadas instaladas de 40 W que fornecem o calor necessário para o gradiente de umidade, como descrito por Southwood (1978) e adaptado por Barzotto (2005). Na base dos funis, foram colocados potes com álcool 70%, mantidos nesta condição por 72 horas.

As soluções dos potes foram transferidas para placas Petri e examinadas em microscópio estereoscópio para identificação e quantificação dos invertebrados capturados. Os grupos taxonômicos foram identificados no maior nível taxonômico possível (Classe/Subclasse/Ordem/Família), com auxílio de um microscópio e microscópio estereoscópio.

Os tipos de indivíduos da fauna edáfica possíveis de serem capturados por essa técnica são colêmbolas, ácaros, proturos, dipluras, formigas, cupins, aranhas, entre outros. Após ter passado pela triagem manual e pelo funil de Berlese, as amostras foram acondicionadas em sacos plástico e guardadas até o fim da pesquisa.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com três repetições. Para a identificação dos organismos edáficos, foram calculados os seguintes índices de biodiversidade: i) Índice de Simpson, forma de dominância, dado por  $S = \sum (n_i/N)^2$ , em que  $n_i$  é o número de indivíduos do grupo “i” e N é o somatório da densidade de todos os grupos; ii) Índice de diversidade de Shannon, dado por  $H = -\sum P_i \log$

Pi, em que Pi é a proporção do grupo i no total da amostra; e iii) Índice de equabilidade de Pielou, definido por  $e=H/\log S$ , em que H corresponde ao índice de Shannon e S é o número total de grupos na comunidade (ODUM, 1986). As variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste Tukey (5%), pelo software SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2008). Também foram feitos testes de correlação entre o número de invertebrados capturados e demais variáveis avaliadas no experimento, utilizando o software SIGMAPLOT 12.0.

O Índice de Shannon é um dos principais índices utilizados para mensurar a diversidade de espécies, em que em uma amostra o S representa as espécies e N indivíduos, e quanto maior o valor de H', maior será a diversidade faunística da população em estudo (MAGURRAN, 1988).

O Índice de Equabilidade de Pielou é derivado do índice de diversidade de Shannon e representa a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes, estando situado no intervalo de 0 a 1, em que 1 representa a máxima diversidade, ou seja, quanto às proporções, as espécies estão igualmente distribuídas na comunidade (RODAL, 1992).

O Índice de Simpson é um índice de dominância e revela a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso na comunidade pertencerem à mesma espécie. Varia de 0 a 1 e quanto mais alto for, maior a probabilidade de os indivíduos serem da mesma espécie, ou seja, maior a dominância e menor a diversidade (BROWER; ZAR, 1984).

O coeficiente de correlação de Pearson (r) ou coeficiente de correlação produto-momento ou o r de Pearson mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice adimensional com valores situados entre -1,0 e 1,0, refletindo a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados (PEARSON, 1973).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das coletas de captura de organismos edáficos nas duas áreas experimentais revelaram diferença na diversidade e abundância da fauna edáfica. Observou-se um total de 139 indivíduos da fauna do solo coletados em ambas as áreas, sendo 41 indivíduos no GAPES (Tabela 1) e 98 na Fazenda Boa Esperança (Tabela 2).

Entre os grupos encontrados no GAPES, destacaram-se Coleoptera e Acarinas, os quais representaram 39% e 36,6% do total de indivíduos, respectivamente. Já na Fazenda Boa Esperança, o grupo predominante em geral foi Hymenoptera, representando 66% dos

indivíduos, seguido por Isoptera, caracterizado por 17%.

A densidade total e a diversidade de grupos da macrofauna edáfica divergiram estatisticamente entre os tratamentos na estação experimental da Fazenda Boa Esperança. Na vegetação nativa do Cerrado, na Fazenda Boa Esperança, foi observada maior abundância, e na Estação Experimental do GAPES, maior diversidade de organismos.

Na área experimental do GAPES, o tratamento com a maior contagem de invertebrados foi no milho solteiro, com 18 indivíduos, seguido por 14 indivíduos no pousio, 6 indivíduos no milho cv *Brachiaria ruziziensis* e, por último, 3 indivíduos no tratamento milho cv *Brachiaria Marandu*. Na área experimental da Fazenda Boa Esperança, o tratamento com maior soma de invertebrados foi o Cerrado, com 86 indivíduos, seguido por milho cv *Brachiaria Marandu* com 8 indivíduos, milho cv *Brachiaria ruziziensis* com 3 indivíduos e, por último, o milho solteiro com 1 indivíduo.

O número capturado da ordem Hymenoptera certamente se deve ao fato de as formigas terem espontaneamente uma grande dominância numérica em relação aos demais organismos presentes em um habitat (AGOSTI et al., 2000). O Cerrado nativo tem área com maior cobertura vegetal e isso favorece a comunidade da ordem Hymenoptera, fornecendo abrigo às comunidades, servindo como proteção a ações de intemperismo, mantendo seus ninhos e túneis (JUNIOR et al., 2019).

**Tabela 2.** Amostragem total da fauna edáfica identificada, separada por tratamento, quantidade e classe/ordem, na Estação Experimental GAPES, em Rio Verde-GO.

TRATAMENTO	QUANTIDADE	CLASSE/ORDEM	Nº
Milho Solteiro	18	Dermaptera	1
		Coleoptera (larva)	9
		Diplopoda	2
		Hymenoptera	4
		Araneae	1
		Acari	1
Milho cv <i>Brachiaria ruziziensis</i>	6	Coleoptera (1 larva)	2
		Dermaptera	1
		Acari	3
Milho cv <i>Brachiaria Marandu</i>	3	Coleoptera (larva)	3
Pousio	14	Coleoptera (larva)	2
		Araneae	1
		Acari	11
<b>TOTAL:</b>	<b>41</b>		

**Tabela 3.** Amostragem total da fauna edáfica identificada, separada por tratamento, quantidade e classe/ordem, na Estação Experimental da Fazenda Boa Esperança, em Montividiu-GO.

TRATAMENTO	QUANTIDADE	CLASSE/ORDEM	Nº
Milho Solteiro	1	Coleoptera (larva)	1
Milho cv <i>Brachiaria ruziziensis</i>	3	Coleoptera (1 larva)	2
		Collembola	1
Milho cv <i>Brachiaria Marandu</i>	8	Coleoptera (larva)	6
		Collembola	1
		Formicidae	1
Cerrado	86	Formicidae	65
		Isoptera	17
		Coleoptera	4
<b>TOTAL:</b>	<b>98</b>		



**Figura 4.** Fotos obtidas em microscópio estereoscópio dos indivíduos da fauna edáfica capturados nas duas áreas experimentais. A: Araneae; B: Dermaptera; C: Isoptera; D: Coleoptera; E: Formicidae e F: Collembola.

Não houve efeito entre os tratamentos analisados para a macrofauna do solo na área experimental do GAPES em Rio Verde. Na área do GAPES, a fauna é distribuída uniformemente entre os tratamentos, já na Fazenda Boa esperança, o tratamento que mais se destacou foi o Cerrado (Tabela 4). Com relação aos índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), a estação experimental do GAPES apresenta mais diversidade no milho solteiro, seguido por milho + ruziziensis, já na Fazenda Boa Esperança, o Cerrado se destaca, seguido pelo tratamento milho + marandu (Tabela 5), e equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) (Tabela 6). O tratamento que mais se destacou no GAPES foi o pousio com o maior índice de diversidade, 0,37, seguido por milho solteiro, com 0,36, por conseguinte, a estação experimental do GAPES tem uniformidade maior entre o número de invertebrados ou seja, os invertebrados são distribuídos de forma semelhante, ao contrário da Fazenda Boa Esperança.

Assim, entre os tratamentos do GAPES, a diversidade da fauna foi maior que nos tratamentos da Fazenda Boa Esperança.

**Tabela 4.** Valores médios de invertebrados em sistemas integrados e pousio na Estação Experimental do GAPES, em Rio Verde-GO.

TRATAMENTO	INVERTEBRADOS	
Milho Solteiro	1,00	a
Milho cv <i>B. ruziziensis</i>	2,00	a
Milho cv <i>Brachiaria</i>	3,50	a
Marandu		
Pousio	7,00	a

CV (%) = 34,99

A macrofauna do solo é muito sensível à variação da qualidade de plantas forrageiras, por consequência, os cultivos consorciados em curto prazo mostram capacidade maior em relação ao restabelecimento da fauna edáfica (LAVELLE et al., 1992). Ao decompor e fragmentar resíduos vegetais, a fauna edáfica incrementa os teores de nutrientes como nitrogênio e fósforo (CASTRO-HUERTA et al., 2015). A ausência dos organismos do solo reduz, em geral, a decomposição da serapilheira, a fragmentação de matéria orgânica e a liberação de nutrientes, que são fundamentais para a saúde do solo (PANT, NEGI, KUMAR, 2017; COELHO et al., 2018).

**Tabela 5.** Resultados para Índice de Diversidade de Shannon das Áreas Experimentais GAPES (Rio Verde-GO) e Boa Esperança (Montividiu-GO).

<b>ÍNDICE DIVERSIDADE DE SHANNON WIENER (H')</b>		
<b>TRATAMENTO</b>	<b>GAPES</b>	<b>FAZENDA BOA ESPERANÇA</b>
Milho Solteiro	0,36	0,05
Milho cv <i>B. ruziziensis</i>	0,28	0,11
Milho cv <i>Brachiaria</i> Marandu	0,19	0,09
Pousio/Cerrado	0,37	0,25

**Tabela 6.** Resultados para Índice de Igualabilidade de Pielou das Áreas Experimentais GAPES (Rio Verde-GO) e Boa Esperança (Montividiu-GO).

<b>ÍNDICE DE EQUABILIDADE DE PIELOU</b>	
<b>GAPES</b>	<b>FAZENDA BOA ESPERANÇA</b>
0,86	0,34

Na Fazenda Boa Esperança, houve efeito entre os tratamentos analisados para a macrofauna do solo (Tabela 7), observou-se maior número de invertebrados no tratamento Cerrado, sendo possível afirmar que existem indivíduos de vida social que pertencem à mesma espécie. Essa discrepância de invertebrados entre os tratamentos da Fazenda Boa Esperança pode ser causada por uma maior cobertura do solo no Cerrado, pois a quantidade de matéria orgânica é maior em um ambiente nativo (ZINN; LAL; RESCK, 2011), com várias plantas diferentes, boa estruturação do solo, pouca ação antrópica, o que atrai espécies da fauna do solo (HALABURA; HAIDUK, 2020). O uso de agrotóxicos para combater pragas e doenças para manter a produtividade dos sistemas agrícolas pode gerar impactos gigantescos, afetando a fauna do solo, o solo, a água, a flora e a saúde humana (FONSECA et al., 2019).

**Tabela 7.** Valores médios de invertebrados em sistemas integrados e Cerrado na Estação Experimental da Fazenda Boa Esperança (Montividiu-GO).

<b>TRATAMENTO</b>	<b>INVERTEBRADOS</b>	
Milho Solteiro	0,33	b
Milho cv. <i>B. ruziziensis</i>	1,00	b
Milho cv <i>Brachiaria</i> Marandu	2,66	b
Cerrado	16,00	a

CV (%) = 29,70

Para Jouquet et al. (2014), os isópteros são muito importantes para a funcionalidade do solo por desempenharem importantes funções ecológicas em ecossistemas tropicais e atuarem entre camadas do solo e nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes. Como vivem em comunidade, é provável que, quando capturados para algum estudo científico, sejam coletados vários indivíduos em uma mesma amostra, como mostra o Índice de Simpson, que mede a probabilidade de 2 (dois) indivíduos, selecionados ao acaso na amostra, pertencerem à mesma espécie (Tabela 8).

**Tabela 8.** Resultados para Índice de Simpson das Áreas Experimentais GAPES (Rio Verde-GO) e Boa Esperança (Montividiu-GO).

<b>ÍNDICE DE SIMPSON</b>		
<b>TRATAMENTO</b>	<b>GAPES</b>	<b>FAZENDA BOA ESPERANÇA</b>
Milho Solteiro	0,19	0
Milho cv <i>B. ruziziensis</i>	0,02	0
Milho cv <i>Brachiaria</i> Marandu	0,01	0,01
Pousio/Cerrado	0,12	0,77

A abundância pode estar relacionada à utilidade da cobertura vegetal em associação com a quantidade e diversidade da fauna do solo (JANDL et al., 2003, PORTILHO et al., 2012). Outro fator que pode ter influenciado é que estes organismos são de vida social, sendo que a amostragem ocorreu próximo à comunidade, capturando um grande número de organismos em uma das repetições. A presença de grande palhada na superfície e no dossel vegetativo colabora para a estabilidade das taxas de infiltração de água, concentração de matéria orgânica (AGOSTINETTO et al., 2000; SERPA et al., 2020), diminui os efeitos da radiação solar, o que de fato diminui a perda de água do solo (PERES; SOUZA; LAVORENTI, 2010). A organismos da ordem Hymenoptera são responsáveis por funções ecológicas como dispersão de sementes, predação, estruturação física e química do solo, ciclagem de nutrientes (BOLICO et al., 2012), agentes fixadores, degradadores da matéria orgânica do solo (JUNIOR et al., 2019).

De acordo com Ferreira et al. (2019), na estação experimental do GAPES entre os tratamentos estudados, o que produziu maior quantidade de biomassa de plantas de cobertura foi o milho cv *Brachiaria* Marandu, os demais tratamentos se igualaram estatisticamente, obtendo comportamentos semelhantes, não sendo possível correlacionar a fauna com a cobertura do solo, pois nesse tratamento foram capturados apenas 3 invertebrados, os demais foram capturados em números maiores. Os resultados para

rendimento de grãos no consórcio de milho cv *Brachiaria* Marandu na Fazenda Boa Esperança não diferiram do milho em monocultivo, já o consórcio de milho cv ruziziensis não se destacou, sendo diferente dos demais, tendo baixo rendimento dos grãos. Na estação experimental do GAPES, o rendimento do milho solteiro foi igual ao do milho cv *Brachiaria* Marandu e diferente dos demais.

De acordo com o Índice de Simpson, podemos dizer que o tratamento Cerrado tem índice de 0,77, concluindo que realmente tem um número maior de invertebrados da mesma classe/ordem, que, neste caso, foi o grupo da família Formicidae (formigas) com 65 indivíduos capturados de 86; no GAPES, o milho solteiro se destacou por ter 0,19 de dominância, em que 9 coleópteros foram capturados de 18. Os coleópteros são sensíveis às alterações na estrutura do habitat, sofrendo mudanças na abundância e, em seguida, na riqueza (OLIVEIRA et al., 2011; SILVA; SILVA, 2011).

A ação antrópica, na maioria das vezes, acaba modificando os solos em razão dos poluentes, fragmentação de habitats, baixa diversidade vegetal e alterações no microclima, sendo criada, automaticamente, uma barreira limitante para os organismos edáficos que tendem a apresentar menores valores de riqueza e diversidade (PESSOTTO et al., 2020). Isso explica o fato de os tratamentos, de modo geral, terem amostrado um baixo número de invertebrados, pois o solo revolvido e o uso de herbidas podem ser fatores que consequentemente repelem a fauna do solo. Em outro caso, em áreas com baixo acúmulo de serrapilheira ou palhada, como em lavouras, os organismos podem ter migrado para maior profundidades em busca de temperaturas menores e maior umidade do solo (ROZEN et al., 2010).

O número de indivíduos da ordem Araneae foi muito pequeno, apenas 2 na estação experimental do GAPES e nenhum na Fazenda Boa Esperança. Catanozi (2010) explica que este grupo de animais vive de preferência em serrapilheira. Isso pode explicar o motivo de a amostragem ter sido tão baixa. Este grupo é muito importante pra sociedade edáfica, pois trabalha como predadores e opera no controle biológico de pragas (BRITO et al., 2016).

Foram encontradas larvas de coleópteros nas duas áreas, com um número de indivíduos quase semelhantes, sua frequência é na serrapilheira, no caso das larvas, que cavam galerias no solo (CATONAZI, 2010) e alteram as estruturas físico-químicas, requalificando o nitrogênio, entre outros nutrientes. Dessa forma, originam-se circunstâncias convenientes para o aumento de espécies vegetais (BRAGA, 2009). Alguns coleópteros são experientes em ninho ecológico e apresentam características importantes

como bioindicadores, algumas famílias mais específicas são importantes na ciclagem de nutrientes, processando a matéria orgânica até sua deterioração (PETRONI, 2008). Estes organismos utilizam a disposição de matéria orgânica como fonte de energia, resultando em uma correlação positiva (LOURENTE et al., 2007).

O número de diplópodes capturados foi muito baixo, apenas 2 indivíduos no milho solteiro da estação experimental do GAPES. Para Antunes et al. (2016), os diplópodes decompõem detritos agrícolas e urbanos, resultando no enriquecimento do solo com cálcio, magnésio e fósforo, favorecendo substratos para a produção de herbáceas.

Os ácaros foram encontrados somente na Estação Experimental do GAPES, destacando-se no tratamento pousio. Para Hoffman et al. (2009), os ácaros são localizados de acordo com sua preferência alimentar, níveis de resistência a intemperismos, reprodução e habilidade de divisão. Esses organismos são classificados como predadores, regulando as populações de outros micro-organismos, controlando as populações de outros organismos no solo, atuando na estruturação da população de fungos e na partição de resíduos (SILVA; AMARAL, 2013). De acordo com Baretta et al. (2006), o manejo, o preparo e o revolvimento do solo influenciam bastante nas características locais, podendo, com isso, promover mudanças e/ou diminuições nas populações de indivíduos que nele vivem, podendo ser explicado que solos menos revolvidos têm uma diversidade e uma abundância maior do que solos preparados para agricultura.

De acordo com a Correlação de Pearson, o GAPES, correlacionando o número de invertebrados com o Índice de Simpson, obteve correlação significativa, pois o valor está abaixo de 0,05. Já com a variável Índice de Shannon, a correlação não é estatisticamente significativa. Não existe correlações positivas e significativas para número de invertebrados testado com as demais variáveis avaliadas (Tabela 9).

**Tabela 9.** Resultados para Correlação de Pearson da Estação Experimental do GAPES (Rio Verde-GO).

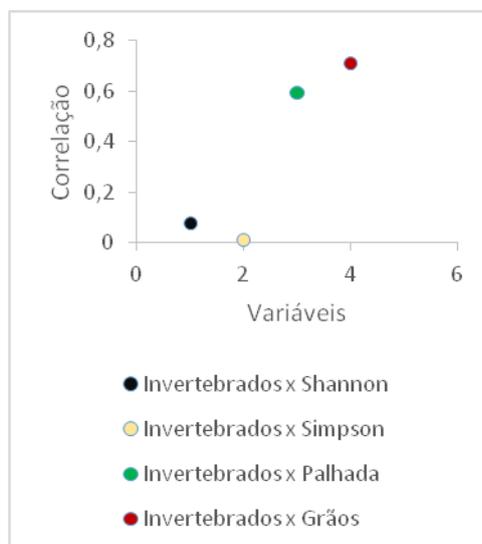
<b>CORRELAÇÃO DE PEARSON</b>	<b>VALOR</b>
Invertebrados x Shannon	0,0769
Invertebrados x Simpson	0,0131
Invertebrados x Palhada	0,595
Invertebrados x Grãos	0,71

**Tabela 10.** Resultados para Correlação de Pearson da Estação Experimental Fazenda Boa Esperança (Montividiu-GO).

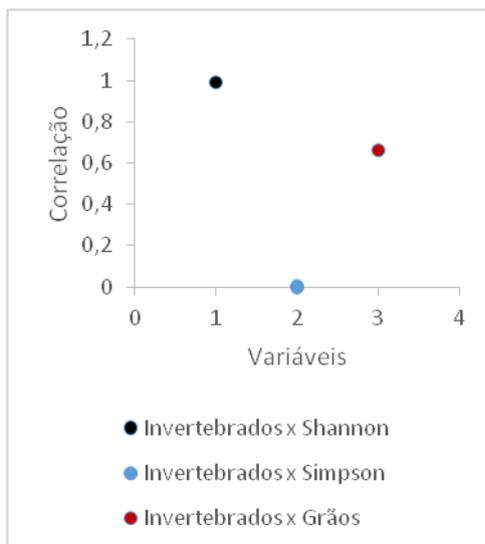
<b>CORRELAÇÃO DE PEARSON</b>	<b>VALOR</b>
Invertebrados x Shannon	0,99
Invertebrados x Simpson	0,00179
Invertebrados x Grãos	0,663

Na Fazenda Boa Esperança, o número de invertebrados e o Índice de Simpson também obtiveram correlação significativa. Igualmente para número de invertebrados e Índice de Shannon, a correlação não foi estatisticamente significativa. Não existem correlações positivas e significativas entre número de invertebrados testado e demais variáveis avaliadas (Tabela 10).

Comparando a correlação entre a produtividade de palhada da estação experimental do GAPES e o número de invertebrados, a correlação não é estatisticamente significativa, assim como a produtividade de grãos de ambas áreas com o número de invertebrados também não é significativa.



**Figura 5.** Diagrama de Dispersão ilustrando as correlações feitas pelo programa SIGMAPLOT das variáveis na Área Experimental GAPES, Rio Verde-GO.



**Figura 6.** Diagrama de Dispersão ilustrando as correlações feitas pelo programa SIGMAPLOT das variáveis na Fazenda Boa Esperança, Montividiu-GO.

Segundo Peguero et al. (2019), são registrados níveis baixos de atividades das enzimas aminopeptidases e fosfatases quando a biomassa microbiana é mais baixa ou são menores teores de substratos presentes no hábitat, concluindo que a fauna do solo é importante no controle da decomposição da serapilheira, e essa atividade aumenta na medida em que a disponibilidade de nutrientes no habitat diminui. A fauna do solo se conecta com os processos físico-químicos e biológicos do solo, pois os invertebrados do solo estilhaçam a matéria orgânica do solo e os detritos vegetais, promovendo processos no solo como decomposição microbiana, ciclagem de nutrientes e capacidade de retenção de água (POMPEO et al., 2016; ZAGATTO et al., 2020).

De acordo com Pessotto et al. (2020), o uso do solo afeta sua abundância e sua riqueza da fauna, por isso, pode-se dizer que florestas nativas exibem maior riqueza de organismos, com realce para Collembola. Porém essa abundância é afetada em área de ação antrópica, caracterizada pelo baixo e homogêneo aporte de serapilheira, por isso, o Cerrado é um ambiente mais favorável em termos de variedade de micro-habitats e disposição de benefícios, comportando grande diversidade e abundância de organismos edáficos.

A formação da fauna edáfica tem sua origem nos teores de nitrogênio, fósforo e carbono e pH do solo, entendendo que os atributos do solo e da serapilheira estão relacionados à nutrição. A acidez e o microclima afetam a propagação e a sobrevivência da comunidade da fauna sob diferentes coberturas vegetais, assim, a abundância da fauna pode ser influenciada positiva ou negativamente pelos atributos químicos do solo

(MANHAES; FRANCELINO, 2012). De acordo com Lubbers et al. (2020), quando a fauna do solo é diversa e abundante, a emissão de gases de efeito estufa é menor em sistemas agroflorestais, por consequência, o grande número de espécies acelera os processos do ecossistema, resultando em grandes emissões de gás carbônico.

Os organismos do solo são responsáveis pelos processos gerais e fundamentais para a sustentabilidade global, diante disso, podemos concluir que as práticas de manejo e uso do solo afetam diretamente as populações e a atividade da fauna edáfica; sendo de muito importância a obtenção de conhecimento acerca desta comunidade, além da conservação e da promoção de sua abundância e diversidade (ANTUNES; AQUINO; ASSIS, 2019), ou seja, os organismos do solo são decisivos para o desempenho dos ecossistemas naturais e agrossistemas, pois agem nos principais processos iniciais e cooperam para avanços na qualidade do solo e para um sistema balanceado (BATISTA et al., 2018).

## 6. CONCLUSÕES

1. Os grupos taxonômicos mais abundantes em ordem decrescente, na área Experimental do GAPES, foram os coleópteros e os ácaros; na Fazenda Boa Esperança, os himenópteros e os isópteros.
2. A comunidade edáfica do solo é um biondicador sensível aos tipos de sistemas de produção, o que permite seu uso como indicador na determinação de manejos sustentáveis de sistemas agropecuários.
3. Há efeito das plantas de cobertura sobre os grupos taxonômicos e a densidade relativa da macrofauna edáfica em razão do manejo do solo adotado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTI, Donat et al. **Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press; p. 280, 2000.

ALMEIDA, Wilk Sampaio de et al. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1110-1119, 2016.

ALVES, Francisco Abel Lemos et al. Caracterização da macro e mesofauna edáfica sobre um fragmento remanescente de “mata atlântica” em Areia-PB. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 384-391, 2014.

ANTUNES, Luiz Fernando de Sousa et al. Production and efficiency of organic compost generated by millipede activity. **Ciência Rural**, v. 46, n. 5, p. 815-819, 2016.

ANTUNES, Tayana Galvão Sheiffer de Paula; DE AQUINO, Adriana Maria; DE ASSIS, Renato Linhares. In: Embrapa Agrobiologia-Resumo em anais de congresso (ALICE). Bioeconomia, diversidade e riqueza para o desenvolvimento sustentável. Caderno de resumos... **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2019.

ARBUCKLE, J. Gordon; ROESCH-MCNALLY, G. Cover crop adoption in Iowa: The role of perceived practice characteristics. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 70, n. 6, p. 418-429, 2015.

ARAÚJO, Fernando S. et al. Chemical attributes and microbial activity of soil cultivated with cassava under different cover crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 8, p. 614-619, 2019.

BACH, Elizabeth M. et al. Soil Biodiversity Integrates Solutions for a Sustainable Future. **Sustainability**, v. 12, n. 7, p. 2662, 2020.

BARETTA, Dilmar et al. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, 2006.

BARETTA, Dilmar; BROWN, George Gardner; CARDOSO, Elke Jurandy Bran Nogueira. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, Número Especial 2: 135-150, 2010.

BARETTA, Dilmar et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.

BATISTA, Éder Rodrigues et al. Atributos biológicos do solo em sistema integrado de produção agropecuária. **Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil. Tubarão, Copiart**, p. 71-90, 2018.

BARTZ, Marie Luise Carolina et al. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 59-70, 2014.

BARZOTTO, Ivan. Avaliação da fauna edáfica em pomares de macieiras e em campos nativos, conduzidos nos sistemas orgânico e convencional de produção. In: **XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Recife, PE. Resumos... CD-ROM, 2005.

BLANKINSHIP, Joseph C.; NIKLAUS, Pascal A.; HUNGATE, Bruce A. A meta-analysis of responses of soil biota to global change. **Oecologia**, v. 165, n. 3, p. 553-565, 2011.

BONETTI, João de Andrade et al. Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 104-112, 2015.

BOLICO, Cristiane Ferras et al. Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de duas marismas do Estuário da Lagoa dos Patos, RS: diversidade, flutuação de abundância e similaridade como indicadores de conservação. **EntomoBrasilis**, v.5, p.11-20, 2012.

BRAGA, Rodrigo Fagundes. **Efeitos da alteração do uso do solo na Amazônia brasileira sobre serviços ecológicos proporcionados pelos Scarabaeinae (Coleoptera, Escarabeidae)**. 2009. 61p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências - Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG, 2009.

BRITO, Maria Fabiana de et al. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 253-260, 2016.

BROWER, James E., ZAR, Jerrold H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2nd ed. W.C. Brown, Dubuque, Iowa. 1984.

CASTRO-HUERTA, Ricardo A. et al. Differential contribution of soil biota groups to plant litter decomposition as mediated by soil use. **PeerJ**, v. 3, p. e826, 2015.

CATANOZI, G. **Análise espacial da macrofauna edáfica sob diferentes condições ambientais dos trópicos úmidos**. 2010. 141 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências - Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP, 2010.

CHERUBIN, Maurício Roberto et al. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 39, n. 2, p. 615-625, 2015.

COELHO, Juliana Vogado et al. Diversidade da fauna edáfica de um latossolo vermelho-amarelo sob diferentes usos no cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 655-663, 2018.

CONAB. **Perspectivas para agropecuária**. v. 5 - Safra 2019/20. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/perspectivas-para-a-agropecuaria/item/12264-perspectivas-para-a-agropecuaria-volume-7-safra-2019-2020>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2021.

COSTA, Nídia Raquel et al. Produtividade da soja sob palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 8-16, 2015.

CORSTANJE, Ron et al. Physical soil quality indicators for monitoring British soils. **Solid Earth**, v. 8, n. 5, p. 1003-1016, 2017.

DANTAS, Joana d'Arc N. et al. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 16, n. 1, 2012.

DA SILVA, P.; DA SILVA, Franciéle Carneiro Garcês. Besouros (Insecta: Coleoptera) utilizados como bioindicadores. **Revista Congrega Urcamp**, p. 1-16, 2011.

DA SILVA, Danilo Cândido et al. Fauna edáfica como indicadora de qualidade do solo em fragmentos florestais e área sob cultivo do cafeeiro/Edaphic fauna as a soil quality indicator in forest fragments and coffee growing area. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14795-14816, 2020.

DE CARVALHO MENDES, Iêda; DE SOUSA, Djalma Martinhão Gomes; DOS REIS JUNIOR, Fábio Bueno. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 191-209, 2017.

DE OLIVEIRA FILHO, Luís Carlos Luñes et al. Collembola community structure as a tool to assess land use effects on soil quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-18, 2016.

DA FONSECA, Januário Edson et al. Poluição da água e solo por agrotóxicos. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 15, p. 25-25, 2019.

DA SILVA, Gerônimo Ferreira et al. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 25-35, 2015.

DORAN, John W.; PARKIN, Timothy B. Defining and assessing soil quality. **Defining soil quality for a sustainable environment**, v. 35, p. 1-21, 1994.

DOS SANTOS, Marcos Paulo et al. Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. **PUBVET**, v. 10, p. 001-110, 2015.

DOS SANTOS, Djavan Pinheiro et al. 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.

DUTRA, Rodrigo Marciel Soares; DE SOUZA, Murilo Mendonça Oliveira. Cerrado, Revolução Verde e a Evolução no Consumo de Agrotóxicos. **Sociedade & Natureza**, v.

29, n. 3, p. 469-484, 2017.

DUTRA, Sandro et al. Paisagens e fronteiras do Cerrado: ciência, biodiversidade e expansão agrícola nos chapadões centrais do Brasil. **Estudos Ibero-Americanos**, v. 46, n. 1, p. 34028, 2020.

DUNN, Mike et al. Perceptions and use of cover crops among early adopters: Findings from a national survey. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 71, n. 1, p. 29-40, 2016.

DROBNIK, Thomas et al. Soil quality indicators—From soil functions to ecosystem services. **Ecological indicators**, v. 94, p. 151-169, 2018.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. Revista **Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, Rogério Resende Martins; TAVARES FILHO, João; FERREIRA, Vinicius Martins. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

FERREIRA, Jaqueline Balbina Gomes et al. **Rendimento de culturas agrícolas e decomposição de palhada em sistemas integrados de produção**. Dissertação – Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, 2019.

FREIRE, Arnaldo Cardoso. O BIOMA CERRADO. **RENEFARA**, v. 9, n. 9, p. 280-285, 2016.

FORTINI, Rosimere Miranda; BRAGA, Marcelo José; FREITAS, Carlos Otávio. Impacto das práticas agrícolas conservacionistas na produtividade da terra e no lucro dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 2, 2020.

GARAY, Irene. Relations entre l'hétérogénéité des litières et l'organisation des peuplements d'arthropodes édaphiques. **Publications du Laboratoire de Zoologie**, Paris,

v. 35, p.192. 1989.

GAVA, Gabriela Guttier et al. Invertebrados do solo e a influência de diferentes agroecossistemas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

GEORGE, Paul B. L. et al. Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 115, p. 537-546, 2017.

GOMES, Simone da Silva et al. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata**, v. 114, n. 3, p. 30-37, 2015.

GONG, Lu et al. A soil quality assessment under different land use types in Keriya river basin, Southern Xinjiang, China. **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 223-229, 2015.

HALABURA, Vilmar Vinicius; HAIDUK, Fernanda Maria. Avaliação da fauna edáfica como indicadora de qualidade do solo, sob diferentes condições de cultivo, no Planalto Norte de Santa Catarina. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

HOFFMANN, Ricardo Bezerra et al. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, 2009.

JANDL, Robert et al. Forest soil chemistry and mesofauna 20 years after an amelioration fertilization. **Restoration Ecology**, v. 11, n. 2, p. 239-246, 2003.

JOUQUET, Pascal; BLANCHART, Eric; CAPOWIEZ, Yvan. Utilization of earthworms and termites for the restoration of ecosystem functioning. **Applied Soil Ecology**, v. 73, p. 34-40, 2014.

JOURGHOLAMI, Meghdad; GHASSEMI, Tohid; LABELLE, Eric R. Soil physio-chemical and biological indicators to evaluate the restoration of compacted soil following reforestation. **Ecological Indicators**, v. 101, p. 102-110, 2019.

JUNIOR, Antonio Brentan Pio et al. Diversidade de fauna edáfica em um fragmento florestal no município de Chapada dos Guimarães-MT. **Connection line-revista eletrônica do UNIVAG**, n. 21, 2019.

LAL, Rattan. Soil health and carbon management. **Food and Energy Security**, v. 5, n. 4, p. 212-222, 2016.

LAMAS, Fernando Mendes. Plantas de cobertura: O que é isto?. **Embrapa**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropecuaria-oeste/busca-de-noticias//noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>. Acesso em: 01 Out. 2020.

LAVELLE, P. et al. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. **Myths and Science of Soils of the Tropics**, v. 29, p. 157-185, 1992.

LOSS, Arcângelo et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

LOURENTE, Elaine Reis Pinheiro et al. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 17-22, 2007.

LUBBERS, Ingrid M. et al. Soil fauna diversity increases CO<sub>2</sub> but suppresses N<sub>2</sub>O emissions from soil. **Global change biology**, v. 26, n. 3, p. 1886-1898, 2020.

LUCERO, Eduarda Mott; VIEIRA, Renan Costa Beber; VIEIRA, Ângela Denise Hübert Neufeld. Invertebrados edáficos em culturas de verão e inverno no Noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 67-74, 2020.

MACÊDO, Alberto Jefferson da Silva. et al. Potencialidades e limitações de plantas forrageiras para ensilagem: Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**,

v. 13, n. 2, p. 320-337, 2019.

MAGURRAN, Anne E. **Ecological diversity and its measurements**. Princeton: PUP, p.179, 1988.

MANHAES, Carmen Maria Coimbra; FRANCELINO, FMA. Estudo da inter-relação da qualidade do solo e da serapilheira com a fauna edáfica, utilizando análise multivariada. **Nucleus**, v. 9, n. 2, p. 21-32, 2012.

MARTINS, Eline Matos et al. O uso de sistemas agroflorestais diversificados na restauração florestal na Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 632-648, 2019.

MARTINS, Izaac Alves et al. Áreas de proteção ambiental e a preservação do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Estudos de Segurança Pública**, v. 12, n. Especial, p. 10-19, 2019.

MATOS, Patricia Francisca; PESSÔA, Vera Lúcia Salazar. A apropriação do Cerrado pelo agronegócio e os novos usos do território. **CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária**, v. 9, n. 17, 2014.

MENDONÇA, Veridiana Zocoler de et al. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 183-193, 2015.

MESQUITA, Felipe Nunes; SILVESTRE, Karina Serra; STEINKE, Valdir Adilson. Urbanização e degradação ambiental: análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 03, p. 722-734, 2017.

MOREL, Jean Louis; CHENU, Claire; LORENZ, Klaus. Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas (SUITMAs). **Journal of Soils and Sediments**, v. 15, n. 8, p. 1659-1666, 2015.

NELSON, Karen Lindsey et al. Influence of agricultural soils on the growth and

reproduction of the bio-indicator *Folsomia candida*. **Pedobiologia**, Jena, v.54, p.79-86, 2011.

ODUM, Eugene. P. **Fundamentos de Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

OLIVEIRA, Victor Hugo Fonseca et al. Variação na fauna de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) entre habitats de cerrado, mata seca e mata ciliar em uma região de transição Cerrado-Caatinga no norte de Minas Gerais. **INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - MG**, p. 4, 2011.

PACHECO, Leandro Pereira et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.

PANT, Madhuri; NEGI, Girish CS; KUMAR, Pramod. Macrofauna contributes to organic matter decomposition and soil quality in Himalayan agroecosystems, India. **Applied Soil Ecology**, v. 120, p. 20-29, 2017.

PARMAR, Trishala K.; RAWTANI, Deepak; AGRAWAL, Y. K. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. **Frontiers in life science**, v. 9, n. 2, p. 110-118, 2016.

PAZ-FERREIRO, Jorge; FU, Shenglei. Biological indices for soil quality evaluation: perspectives and limitations. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 1, p. 14-25, 2016.

PEARSON, D. **Laboratory techniques in food analysis**. London: Butterworths and Co (Publishers) Ltd. 1973.

PEGUERO, Guille et al. A escassez de nutrientes fortalece o controle da fauna do solo sobre a decomposição da serapilheira em florestas tropicais. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 286, n. 1910, pág. 20191300, 2019.

PEREIRA, Guilherme Henrique Almeida et al. Decomposição da serrapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em um fragmento de floresta atlântica. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, 2013.

PESSOTTO, Marciane Danniela Fleck et al. Relação do uso do solo com a diversidade e a atividade da fauna edáfica. **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 397-402, 2020.

PERES, José G.; SOUZA, Claudinei F.; LAVORENTI, Norberto A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 875-886, 2010.

PETRONI, D. M. **Diversidade de famílias de Coleoptera em diferentes fragmentos florestais no Município de Londrina, PR** – Brasil. 2008. 62p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Londrina. Londrina – PR, 2008.

PIMENTA, Karla Karoline et al. Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo no cultivo de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

PIRES, Fábio Ribeiro et al. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Ceres**, v. 55, n. 2, 2015.

POMPEO, Pâmela Niederauer et al. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina-Brasil. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, 2016.

PORTILHO, Irzo Isaac Rosa et al. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1310-1320, 2012.

RABOT, Eva et al. Soil structure as an indicator of soil functions: a review. **Geoderma**, v. 314, p. 122-137, 2018.

ROSA, Marcio Gonçalves da et al. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em

sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1544-1553, 2015.

RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M. The arboreal component of a dry forest in Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2a, p. 479-491, 2006.

ROŽEN, Anna et al. Soil faunal activity as measured by the bait-lamina test in monocultures of 14 tree species in the Siemianice common-garden experiment, Poland. **Applied Soil Ecology**, v. 45, n. 3, p. 160-167, 2010.

SCHLOTTER, Michael et al. Microbial indicators for soil quality. **Biology and Fertility of Soils**, v. 54, n. 1, p. 1-10, 2018.

SERPA, Kelvin Monson et al. Atributos físicos e teor de matéria orgânica em área de Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. e131932399-e131932399, 2020.

SILVA, Rodrigo Ferreira da et al. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 130-137, 2013.

SILVA, Luciano Nazareth; DO AMARAL, Atanásio Alves. Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 15, 2013.

SILVA, Sergio Aparecido Seixas et al. Indicadores de sustentabilidade da qualidade do solo em agroecossistemas sombreados na Amazônia. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

SILVA, Raimunda Alves et al. Diversity of edaphic fauna in different soil occupation systems. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 3, p. 647-657, 2019.

SIMPSON, Jake E. et al. Factors affecting soil fauna feeding activity in a fragmented

lowland temperate deciduous woodland. **PLoS One**, v. 7, n. 1, p. e29616, 2012.

SOARES, Bruno Souza. Práticas de manejo e conservação do solo da cultura cafeeira na bacia hidrográfica do Riacho Água Fria, Barra do Choça–Bahia. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 191-200, 2016.

SOTERRONI, Aline Cristina et al. Expanding the soy moratorium to Brazil's Cerrado. **Science advances**, v. 5, n. 7, p. eaav7336, 2019.

SOUTHWOOD, Thomas Richard Edmund. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**. London, p.391, 1966.

STEFANOSKI, Diane Cristina. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

STONE, Dorothy et al. Selection of biological indicators appropriate for European soil monitoring. **Applied Soil Ecology**, v. 97, p. 12-22, 2016.

STRASSBURG, Bernardo Baeta Neves et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 4, p. 1-3, 2017.

TORRES, José Luiz Rodrigues et al. Alterações causadas nos atributos físicos após preparo do solo com arado escarificador e enxada rotativa. **MAGISTRA**, v. 27, n. 3/4, p. 306-315, 2017.

VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 213-223, 2011.

VEZZANI, Fabiane Machado. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 673-684, 2015.

ZAGATTO, Maurício Rumenos Guidetti et al. Mesofauna and Macrofauna in Soil and Litter of Mixed Plantations. In: **Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees**. Springer, p. 155-172. Cham, 2020.

ZINN, Yuri L.; LAL, Rattan; RESCK, Dimas VS. Eucalypt plantation effects on organic carbon and aggregation of three different-textured soils in Brazil. **Soil Research**, v. 49, n. 7, p. 614-624, 2011.

ZORNOZA, Raul. et al. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health. **Soil**, v. 1, n. 1, p. 173, 2015.