



INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

BACHARELADO EM ZOOTECNIA

**METODOLOGIAS PARA ANÁLISE DA QUALIDADE BIOLÓGICA DO
SOLO**

JESSICA SOUZA ANDRADE

Rio Verde- Goiás

2021

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIENCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
BACHARELADO EM ZOOTECNIA**

**METODOLOGIAS PARA ANÁLISE DA QUALIDADE BIOLÓGICA DO
SOLO**

JESSICA SOUZA ANDRADE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal Goiano –
Campus Rio Verde, como requisito parcial
para a obtenção do Grau de Bacharel em
Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. José Milton Alves

Rio Verde – Goiás

Dezembro, 2021

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

AJ58m Andrade, Jessica
 Metodologias Para Análise da Qualidade Biológica
 do Solo / Jessica Andrade; orientador José Milton
 Alves . -- Rio Verde, 2021.
 29 p.

 TCC (Graduação em Zootecnia) -- Instituto Federal
 Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

 1. Bioanálise. 2. Qualidade do Solo. 3.
 Macrofauna. 4. Mesofauna. 5. Microfauna. I. Alves ,
 José Milton , orient. II. Título.



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

Ata nº 180/2021 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 16 dias do mês de dezembro de 2021, às 08 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Dr. José Milton Alves (orientador), Prof. Dr. Edson Luiz Souchie (IFGoiano) e MSc. Matheus Vinícius Abadia Ventura (IFGoiano - Doutorando PPGCA) para examinar o Trabalho de Curso intitulado "METODOLOGIAS PARA ANÁLISE DA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO - UMA REVISÃO DE LITERATURA" da estudante Jéssica Souza Andrade, Matrícula nº 2013102201840023 do Curso de Zootecnia do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelo orientador em nome dos demais membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Dr. José Milton Alves
Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Edson Luiz Souchie
Membro

(Assinado Eletronicamente)

MSc. Matheus Vinícius Abadia Ventura
Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Matheus Vinicius Abadia Ventura, 2019102320140026 - Discente, em 24/01/2022 18:13:08.
- Edson Luiz Souchie, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/12/2021 10:49:12.
- Jose Milton Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/12/2021 10:35:52.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/12/2021. 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: 342362

Código de Autenticação: acb34db968



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

Dedico *in memoriam* de meus amigos Arthur Rocha e Iteranis Martins

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente agradeço a Deus por ter me dado saúde, força e fé para percorrer este caminho. Sou imensamente grata à minha família, aos meus pais e irmão que não mediram esforços para me dar educação e sempre acreditarem em mim, tornando meus sonhos possíveis.

Agradeço também ao meu namorado que hoje é meu marido e que sempre me apoiou. Aos meus amigos Mariele, Janete, Iteranis e Grazielle, que foram minha segunda família. Deixo meu agradecimento em especial ao meu orientador por ser meu grande incentivador e exemplo profissional, e ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e o seu corpo docente.

RESUMO

ANDRADE, Jessica Souza. **Metodologias para análise da qualidade biológica do solo.** 2021.32p. Monografia (Curso Bacharelado em Zootecnia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2021. A qualidade do solo é fator fundamental para o sucesso da produção agropecuária. Em relação as metodologias que avaliam a qualidade biológica dos solos, estas utilizam indicadores que proporcionam uma melhor avaliação do status ambiental ou condição de sustentabilidade do ecossistema presentes no solo. Para a avaliação biológica do solo as metodologias mais aplicadas tem sido Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), Provid, Bait-Laminas e Biolog® Ecoplate™ e a bioanálise. Tais métodos apresentam-se efetivos dentro de suas propostas de avaliações e são largamente difundidos e utilizados ao nível mundial, no entanto, apresentam características e objetivos de avaliações distintas, com direcionamento específico para diferentes tipos de bioindicadores. A bioanálise (BioAS), pode ser um novo passo em relação a padronização dos métodos de análise biológica do solo, visto que, apresenta-se de fácil execução, além de maior precisão. A utilização de métodos em associação, pode ser uma boa alternativa para a avaliação biológica do solo.

Palavras Chave: Métodos. Solo. Bioanálise. Indicadores.

ABSTRACT

ANDRADE, Jessica Souza. **Methodologies for analyzing the biological quality of the soil.** 2021.32p. Monograph (Bachelor of Animal Science Course). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2021. Soil quality is a fundamental factor for the success of agricultural production. Regarding the methodologies that assess the biological quality of soils, they use indicators that provide a better assessment of the environmental status or sustainability condition of the ecosystem present in the soil. For the biological evaluation of the soil, the most applied methodologies have been Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), Provid, Bait-Laminas and Biolog® Ecoplate™ and bioanalysis. Such methods are effective within their evaluation proposals and are widely disseminated and used worldwide, however, they present different evaluation characteristics and objectives, with specific targeting for different types of bioindicators. Bioanalysis (BioAS) can be a new step in relation to standardization of soil biological analysis methods, as it is easy to perform, in addition to greater precision. The use of methods in association can be a good alternative for the biological evaluation of the soil.

Keywords: Methods. Ground. Bioanalysis. Indicators.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	Aspectos biológicos do solo	12
2.2	Método Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF)	14
2.3	Método Provid	16
2.4	Método Bait-Laminas	18
2.5	Método Biolog® Ecoplate™	20
2.6	Bioanálise	23
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
4	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

A qualidade do solo (QS) é fator fundamental para o sucesso da produção agropecuária, tal qualidade pode ser conceituada como a capacidade de funcionamento do solo, ou seja, o potencial apresentado para manter a produtividade, seja vegetal ou animal, e melhorar a qualidade da água e do ar. A qualidade do solo é determinada mediante diversas variáveis, as quais são representadas por indicadores sejam físicos (densidade do solo, porosidade e estabilidade dos agregados), químicos (pH, macro e micronutrientes, e matéria orgânica) ou biológicos (biota do solo), de modo que são mensurados através de metodologias criadas para avaliação da qualidade do solo (ARAUJO et al., 2012; SILVA et al., 2020).

Em relação as metodologias que avaliam a qualidade biológica dos solos, estas utilizam indicadores que proporcionam uma melhor avaliação do status ambiental ou condição de sustentabilidade do ecossistema presentes no solo. Para a avaliação biológica do solo as metodologias mais aplicadas tem sido Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), Provid, Bait-Laminas e Biolog® Ecoplate™ e a Bioanálise, que buscam avaliar índices através de bioindicadores como os de biomassa microbiana, mineralização de nutrientes, respiração do solo, fixação biológica de N₂ e atividades enzimáticas do solo (ARAUJO & MONTEIRO, 2007; SOBUCKI et al., 2019).

Tratando-se das metodologias para avaliar a qualidade biológica dos solos, ao longo dos anos, muitos estudos vêm sendo realizados objetivando criar e configurar metodologias que auxiliem em tal tipo de avaliação, no entanto, ainda não existe uma metodologia padrão que avalie tal critério. A falta de padronização metodológica, pode ser justificada pela ausência de limites críticos para os indicadores microbiológicos do solo (SOBUCKI et al., 2020).

A falta de limites críticos microbiológicos de avaliação da qualidade biológica do solo, pode ser um obstáculo para a padronização metodológica de avaliação da qualidade, visto que, tais limites podem facilitar a identificação quanto as condições bióticas de cada solo, além de auxiliar técnicos e produtores na tomada de decisões em relação ao manejo do solo. Sabendo da falta de padronização em relação as metodologias, o presente trabalho tem como objetivo avaliar através de uma revisão bibliográfica, a eficácia de metodologias que são utilizadas para avaliar a qualidade biológica do solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos biológicos do solo

A população microbiana do solo, é uma parcela importante dos componentes que constituem o mesmo, uma vez que, os microrganismos e a fauna atuam em sinergismo desempenhando papel fundamental, ao qual são responsáveis por 90% da decomposição de resíduos vegetais e matéria orgânica, além de atuarem na ciclagem de nutrientes e na disponibilização para as plantas (ALMEIDA, 2012; SILVA et al., 2018).

O solo apresenta uma extensa diversidade de organismos vivos em seu interior, estes caracterizados como a fauna do solo, ou fauna edáfica e epiedáfica, tal classificação abrange todos os invertebrados que vivem no interior do solo e em sua superfície. Dentre os grupos de microrganismos pertencentes a fauna edáfica, estes estão subdivididos em microfauna (nematoides, protozoários, fungos e bactérias), mesofauna (ácaros e colêmbolos), e fauna epiedáfica, ou macrofauna, esta abrange todos os invertebrados com mais de dez milímetros de comprimento e dois centímetros de diâmetro, como artrópodes, moluscos e anelídeos (SWIFT et al., 2010; BARETTA et al., 2011; FROUZ, 2018).

De acordo com Trentini et al. (2018) e Bradford (2007), a importância de organismos nos processos químicos do solo, aumenta à medida que o tamanho corpóreo dos mesmos diminui, visto que, quanto menor o organismo, maior sua atuação nos processos de transformações químicas, em contra partida, a eficiência dos organismos em processos de transformações físicas também reduz com o tamanho destes.

De modo geral, o grupo de faunas (micro, meso e macro), atuam em sinergismo com variações de funções que apresentam complementariedade entre si, de forma que, organismos da mesofauna atuam como estabilizadores de carbono no solo e induzem a atividade de outros grupos de microrganismos como a microfauna (nematoides), estes que transportam o carbono originário da matéria orgânica para a biomassa microbiana, além de liberar nitrogênio através das fezes. O grupo caracterizado como macrofauna, além de incorporar o carbono ao meio, ainda atuam como deterioradores da matéria orgânica, estimulantes e mineralizadores diretos e indiretos de nitrogênio e fosforo (ALMEIDA, 2012; SILVA et al., 2021).

A biota do solo é um importante indicador da saúde do mesmo, de modo que todos os organismos que a compõem, seja da fauna edáfica ou epiedáfica, apresentam funções importantes para a engenharia do ecossistema, aos quais protagonizam uma série de funções, que vão desde a fragmentação e transformação de material orgânica, até o predatismo. De grande importância para o solo, tais organismos podem evidenciar características resultantes de

modificações físico-químicas e/ou estruturais no ambiente em que vivem, fazendo com que a diversidade populacional e a densidade de tal fauna, sejam caracterizadas como parâmetros importantes para avaliação da qualidade do solo (SWIFT et al., 2010; ALMEIDA et al., 2017; MENDES, 2018; JOHN et al., 2021).

Rovedder et al. (2009), esclarece que a utilização da macrofauna como parâmetro para avaliação biológica do solo em algumas metodologias, pode ser justificado pelo fato de que tais organismos apresentam-se extremamente sensíveis a modificações que ocorrem no solo, como a diminuição da matéria orgânica, o sistema de cultivo implantado, utilização de insumos e as espécies de cultivo.

Segundo Alves, Lima & Fialho (2016), a avaliação da macrofauna do solo é importante para a determinação da saúde do mesmo, uma vez que, esta pode ser utilizada como um dos principais indicadores biológicos para a QS, de modo que, os organismos pertencentes a tal classe, atuam em diversos processos biológicos. Oliveira & Souto (2011), ainda ressaltam que a fauna epiedáfica é um componente que determina a sustentabilidade do ecossistema do solo, inferindo efeitos de regulação dos processos de decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, na liberação de nutrientes.

De acordo com Góes (2017), a fauna edáfica do solo exerce importantes funções, as quais regulam os sistemas agrícolas. Participando de processos essenciais para a QS, tais organismos atuam como decompositores, mineralizam, além de humificar resíduos orgânicos presentes no solo, imobilizando e mobilizando macro e micronutrientes, auxiliando na fixação de nitrogênio atmosférico; estruturação e agregação do solo e conseqüente conservação e regulação de pragas e doenças. Com isso, diversos estudos optam por avaliar a fauna edáfica afim de determinar a atividade biológica do solo.

A avaliação biológica do solo é de grande importância para a determinação da atividade microbiana, atividade esta que pode ser determinante para a QS. Atualmente a falta de padronização metodológica para tal tipo de avaliação, tem feito com que uma variedade de métodos seja utilizada para tal determinação em diferentes regiões e tipos de solos.

A falta de um padrão metodológico de avaliação biológica do solo para Steffen et al. (2013), reforça a ideia de que os métodos de coleta e avaliação de bioindicadores da QS, devem ser escolhidos de acordo com o objetivo do estudo, uma vez que as metodologias existentes atualmente apresentam nichos biológicos diferentes.

A macrofauna é uma das principais variáveis bioindicadoras da qualidade do solo, com isso, diversos estudos buscam mensurar a quantidade de tais bioindicadores afim de determinar de forma parcial a saúde biológica do solo, um dos procedimentos metodológicos mais comuns

utilizados para este tipo de quantificação é o método Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF).

Em um estudo realizado por Pinheiro, Krewer & Schiedeck (2020), objetivando averiguar através de revisão de literatura, os métodos mais utilizados para o monitoramento e avaliação de bioparâmetros do solo em diferentes sistemas, citam o método Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), o método Provid, o método Bait-Laminas e o método Biolog® Ecoplate™. Para os autores do estudo, tais métodos são complexos e codependentes um do outro, de modo que, cada método determina um nicho ecológico diferente.

2.2 Método Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF)

O método Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), proposto por Anderson e Ingram em 1993, tem por objetivo, quantificar a populações da macrofauna. Tal método pode ser feito em qualquer época do ano, sendo realizado de forma que, a amostragem do solo é feita em uma faixa de terreno a cada cinco metros, ao qual se recomenda de cinco a dez amostragens por hectare. A demarcação dos pontos deve ser realizada em uma área de 25x25 cm, de modo que, retira-se primeiro a camada de matéria orgânica sobreposta no solo e posteriormente a coleta é realizada nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Após a coleta, ainda na área, deve ser realizada a extração dos animais (macrofauna) com o auxílio de uma pinça, para evitar que os mesmos morram, o que dificulta a visualização (ANDERSON & INGRAM, 1993; AQUINO, 2005).

Os animais coletados são colocados em uma bandeja e depois transferidos para vidros contendo álcool 70%. Em laboratório, os grupos taxonômicos são identificados com auxílio de microscópio estereoscópico. A mensuração da densidade populacional dos indivíduos é realizada com base na quantidade de indivíduos por metro quadrado, ou seja, o número de animais coletados em cada monólito será multiplicado pelo valor que representa o tamanho da área de coleta, sendo a riqueza da fauna coletada é mensurada através de índices como de Shannon-Weaver e Pielou (SILVA et al., 2020).

De acordo com Simões (2017),

O índice de diversidade de Shannon baseia-se na teoria da informação e fornece uma ideia do grau de incerteza em prever, a qual espécie pertenceria um indivíduo retirado aleatoriamente da população. Já o índice de Equabilidade de Pielou é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. Seu valor apresenta uma amplitude de 0.

A metodologia (TSBF) é citada em estudo realizado por Silva et al. (2021), avaliando atributos morfológicos, físicos e biológicos do solo do Cerrado brasileiro, caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférico típico, em diferentes sucessões de culturas (soja/nabo, soja/trigo e milho/aveia) e diferentes sistemas de produção (convencional e plantio direto), além de uma área controle com vegetação típica do cerrado, para averiguar que a macrofauna edáfica encontra-se presente em maior densidade nas camadas de 0-10, com ênfase para soja/nabo e área com vegetação nativa, o que justifica sua maior participação em processos de degradação e transformação da matéria orgânica. Nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, a diversidade foi maior para os sistemas plantio direto (soja/nabo e soja/trigo) e a vegetação nativa. Os resultados demonstram que o sistema de plantio direto, favorece a população da macrofauna do solo.

Outro estudo que aponta a utilização do método (TSBF), foi realizado por Cordeiro et al. (2004), no estado do Rio de Janeiro, de modo que, buscando avaliar a diversidade da macrofauna edáfica como indicativo da QS em um sistema integrado de produção agroecológica, contendo cinco coberturas de solo distintas (mucuna, cebolinha, alface, gramíneas e araruta), verificou que a maiores populações dentre os grupos de indivíduos que compõem a macrofauna edáfica foram de Formicidae em todos os sistemas de cobertura, seguido de Gastropoda e Diplopoda nos sistemas de cobertura de cebolinha e alface. A população do Oligochaeta foi maior nos sistemas de cobertura com mucuna e cebolinha. Tais resultados comprovam que a densidade populacional da fauna do solo pode ser influenciada pelos sistemas de cultivo implantados, tornando-se essenciais bioindicadores da qualidade do solo.

Em um estudo buscando relacionar a usabilidade do solo e os efeitos que esta infere sobre a distribuição de grupos da macrofauna do solo, bem como a correlação desses com os atributos físicos e químicos do solo em diferentes sistemas como floresta nativa, reflorestamento de eucalipto, pastagem perene, integração lavoura-pecuária e sistema plantio direto, no estado de Santa Catarina, Rosa et al. (2015), utilizou o método (TSBF), afim de identificar a abundância e diversidade da macrofauna, tal método possibilitou averiguar informações importantes, como a identificação de 16 grupos taxonômicos distintos, diferenças significativas populacionais dos indivíduos nas coletas realizadas no inverno (4.702 indivíduos m^{-2}) e no verão (7.438 indivíduos m^{-2}) e os sistemas que apresentaram maior estabilidade populacional da macrofauna edáfica, foram floresta nativa, reflorestamento de eucalipto, pastagem perene, e os sistemas de integração lavoura-pecuária e sistema plantio direto resultaram em uma menor densidade populacional, o que pode ser justificado pelo maior grau intervenção antrópica quando comparado com os outros sistemas.

A utilização da metodologia (TSBF), mostra-se versátil em muitos estudos, e bastante difundida quando trata-se da avaliação da fauna edáfica do solo. O estudo realizado por Carvalho & Pimentel. (2007), utilizou tal método para avaliar o efeito de um coquetel de espécies vegetais de adubos verdes em cinco tratamentos, um deles sendo testemunha, e os outros quatro compostos por diferentes culturas. O método utilizado possibilitou verificar elevações consideráveis com a utilização do coquetel, sendo estas 75% na densidade populacional e de 100% na diversidade dos indivíduos, tendo grupo Formicidae como o de maior população. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos, no entanto, pode ser averiguado que a utilização de coquetéis orgânicos no solo pode ser favorável para a elevação da população e diversidade da fauna do solo.

A utilização do método (TSBF) também pode ser averiguada no estudo de Santos et al. (2016), ao qual objetivou avaliar a eficiência de três métodos distintos de análise biológica do solo aplicados a coleta de Oligochaeta em área de Floresta e de silvicultura no Paraná. Dentre os métodos utilizados na pesquisa, estão TSBF, extração por solução de formol e coleta manual. As coletas foram realizadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Mediante os resultados pode-se averiguar a coleta de 23 indivíduos, aos quais foram coletados 11 através do método de extração por solução de formol, 7 pela coleta manual e 5 pelo método TSBF. Os resultados demonstram menor eficácia do método TSBF quando comparado com os demais, no entanto, vale ressaltar que a pesquisa poderia apresentar resultados significativos com o método TSBF se utilizado como parâmetro de coleta, profundidades de 0-10, 10-20 e de 20-30 cm, uma vez que, o presente estudo buscava avaliar a população de minhocas.

O estudo realizado por Silvano, Silva & Brown (2010), aponta resultados divergentes ao estudo citado a cima, ao qual buscando avaliar a eficácia de dois métodos de coleta de Oligochaeta (TSBF e extração por solução de formol) em sistemas florestais no estado do Paraná, pôde averiguar que o método TSBF possibilitou a coleta de 156 indivíduos m^{-2} , já o método de extração por solução de formol apresentou-se significativamente inferior quando comparado com o TSBF, possibilitando a coleta de 17,75 indivíduos m^{-2} .

2.3 Método Provid

O método Provid, também citado por Krewer & Schiedeck (2020) como um dos mais usuais, foi proposto por Antonioli et al. (2006), ao qual visa a coleta de organismos epiedáficos. O método é realizado através da instalação de armadilhas feitas de garrafas PET de dois litros, com quatro janelas abertas manualmente a vinte centímetros de sua base com dimensões 6x4

cm. As armadilhas são enterradas com uma solução contendo 200 ml de álcool 70% e 4 gotas de formol 2%, com os bordos do frasco na linha da superfície. Após enterradas, estas ali permanecem por um período de 7 dias, posteriormente, retira-se as armadilhas, fazendo a contagem e classificação dos indivíduos capturados com auxílio de pinça especial e lupa binocular. A abundância, riqueza e equitabilidade são determinadas através de índices como Shannon e Pielou (ANTONIOLLI et al., 2006; POHLMANN et al., 2016).

Na literatura é possível encontrar diversos estudos que utilizaram do método de Provid para monitoramento e avaliação biológica do solo, como é o caso do estudo realizado por Antonioli et al. (2006), de modo que, objetivando testar a praticidade, viabilidade financeira e eficácia de armadilhas (Tretzel e Provid) em propriedades rurais no estado do Rio Grande do Sul, foram capturados ao todo 5.601 organismos de 19 grupos pertencentes a macrofauna, aos quais destes, 57,3% foram capturados pelo método Provid, e 42,7% pelo método Tretzel, os autores ainda apontam o método Provid como mais prático e fácil de manejar, quando comparado ao Tretzel.

Góes et al. (2019), em pesquisa buscando analisar a quantidade de grupos da fauna epiedáfica em diferentes sistemas de uso de solo (mata nativa, campo nativo de pastejo e lavoura de azevém/soja) em uma cidade localizada no interior do Rio Grande do Sul, também utilizou do método Provid, de modo que, o estudo foi realizado no ano de 2016 (setembro) e 2017 (janeiro), ao qual utilizando de 15 armadilhas, estas possibilitaram a captura de 28.322 indivíduos no total, classificados em 23 grupos. Através dos resultados, pode-se averiguar que a captura foi maior para todos os tratamentos no inverno (setembro), totalizando 23.327 indivíduos. Mediante os resultados de tal pesquisa, nota-se que no período do verão, pode ser necessário um número maior que quinze armadilhas para obter resultados mais precisos.

A utilização do método Provid também pode ser averiguada no estudo de Cherubin et al. (2015), de modo que, buscando avaliar as alterações na QS por meio de indicadores físicos, químicos e biológicos em um Latossolo Vermelho cultivado em diferentes sistemas de manejo (plantio direto, escarificação e cultivo mínimo) e diferentes fertilizantes (dejeito líquido de suíno e fertilizante mineral), utilizou-se de tal método para determinar e avaliar a fauna epiedáfica do solo como parâmetro de avaliação biológica, ao qual possibilitou identificar a presença de doze grupos diferentes da fauna epiedáfica, além de verificar que não houve significância interativa entre os diferentes tipos de manejo em relação a abundância, número de grupos, riqueza da macrofauna. A utilização de dejetos líquidos suínos proporcionou elevação no número de grupos e riqueza e diversidade principalmente no sistema de plantio direto.

Ludwing et al. (2012), também utilizou do método Provid para avaliar os efeitos de diferentes sistemas de uso do solo (campo nativo melhorado, campo nativo sob sistema extensivo de pastejo, cana-de-açúcar, sistema de integração lavoura-pecuária, eucalipto, mata nativa, amendoim forrageiro, Tifton 85, amendoim forrageiro em consorcio com Tifton 85) na população e diversidade biológica, na região central do Rio Grande do Sul. O estudo foi realizado em dois períodos distintos (novembro de 2010 e fevereiro de 2011), ao qual pode-se averiguar a presença de onze grupos de organismos nos nove ambientes do estudo, de modo que a diversidade foi maior no campo nativo melhorado no mês de novembro, e no mês de fevereiro, a diversidade apresentou-se mais elevada no campo nativo sob sistema extensivo de pastejo. O destaque para a diversidade da macrofauna nos períodos estudados, pode estar diretamente ligado ao fator alimentação, uma vez que, a densidade populacional e a diversidade dos indivíduos podem ser diretamente influenciadas pela qualidade e quantidade de alimentos disponíveis em cada campo de cultivo.

2.4 Método Bait-Laminas

O método Bait-Laminas, é muito utilizado em estudos que buscam avaliar os aspectos biológicos do solo. Este método foi proposto por Von Törne (1990), de modo que, objetiva averiguar a atividade alimentar da biota do solo. Tal método consiste na utilização de lâmina de plástico (cloreto de polivinil) resistente, com dimensões 120 mm x 6 mm e 1mm de espessura, contendo 16 orifícios de 2 mm com espaçamento de 5 mm entre si. As lâminas são enterradas no solo nas profundidades de 0,5 a 8 cm, contendo um composto nutritivo resultante da mistura de 70% celulose em pó, 27% de farinha de trigo e 3% carvão ativado. O período em que lâminas permaneceram enterradas oscila de acordo com a proposta do estudo podendo variar de 7 a 28 dias, de modo que após o período determinado as lâminas são retiradas, e posteriormente é realizada a contagem com o auxílio estereomicroscópio, de todos os orifícios que foram consumidos, dos não consumidos e dos parcialmente consumidos, para a quantificação de consumo. Após a quantificação, é realizado o cálculo de análise de variância bifatorial (VON TÖRNE, 1990; PODGAISKI, SILVEIRA & MENDONÇA JUNIOR, 2011).

Na literatura é possível encontrar diversos estudos, que utilizam o método Bait-Laminas para a avaliar atividades microbiológicas no solo, um destes estudos foi realizado por Gongalsky et al. (2004), ao qual o método foi utilizado com o intuito de estimar a atividade biótica de solos aráveis e contaminados em variadas regiões da Rússia. O estudo foi dividido em três ambientes diferentes, sendo floresta de pinheiros, floresta de abetos e floresta de

carvalho. A utilização de tal método, possibilitou verificar que o maior consumo alimentar foi detectado na floresta de abetos, no entanto a abundância da macrofauna (287 indivíduos m^{-2}) foi a menor quando comparada com os outros tratamentos. A maior densidade de indivíduos, foi detectada na floresta de carvalho (1380 indivíduos m^{-2}), os autores ainda enfatizam que a maior atividade alimentar em todos os tratamentos, foi verificada nas lâminas enterradas a 0-4 cm da superfície do solo, e o período de dez dias em que as lâminas permanecem enterradas é suficiente para resultados satisfatórios.

Outro estudo que utilizou do método Bait-Laminas, foi realizado na Polônia por Pasternak (2012), de modo que, buscando avaliar a atividade de invertebrados no solo em uma floresta de Niepołomicka nos arredores de Cracóvia, pode averiguar que os principais invertebrados que habitam o local são Enchytraeidae, Acari e Collembola, os resultados ainda apontam a maior atividade alimentar resultante do grupo Enchytraeidae nas camadas mais profundas do solo (8 cm), seguida de Acari nas camadas mais superficiais (1 cm). Abundâncias de todos os invertebrados estudados foram significativamente correlacionadas com as taxas de respiração do solo. A participação da respiração da mesofauna como componente heterotrófico da respiração total do solo foi de apenas 0,1%.

A literatura deixa nítida a difusão a nível global da utilização do método de lâminas em diversos estudos, um destes foi realizado na Indonésia por Wahyuningsih et al. (2019), de modo que buscando avaliar o impacto da aplicação de fertilizantes inorgânicos na atividade biológica do solo em plantações de dendezeiros localizadas na província de Riau em Sumatra. As observações foram realizadas em um ensaio fatorial contendo três fertilizantes, sendo estes, ureia, triplo super fosfato e muriato de potássio, no período de julho a dezembro de 2017. Em relação aos resultados, estes demonstram que a aplicação de ureia a curto prazo, ou seja, dois dias após a aplicação, resultou no aumento significativo da atividade alimentar da fauna do solo, já para os tratamentos com fosfato e potássio, a atividade alimentar apresentou elevação cinco dias após aplicação dos fertilizantes. Também pode ser verificado no estudo, que a atividade alimentar dos organismos, se intensifica dependendo da taxa de aplicação dos fertilizantes. A aplicação de fertilizantes potássicos em longo prazo aumentou significativamente a atividade alimentar da fauna do solo.

No Brasil, a utilização do método Bait-Laminas, também pode ser conferida em estudo como de Munhoz (2021), ao qual buscando estudar as mudanças sofridas pelos grupos da fauna edáfica e epiedáfica em relação a diferentes tipos de manejo como transição de campo natural para lavoura de soja (verão) e pastagens (inverno), utilizando de diferentes metodologias como (TSBF, Bait-Laminas, armadilhas pitfall e anéis de mesofauna). Os resultados demonstram que

em relação a riqueza, destacou-se o campo natural (28 ordens) quando comparado com a pastagens (9 ordens) e lavoura de soja (8 ordens), e para a atividade alimentar, destacou-se lavoura de soja (60,1%), seguido de pastagens (59,2%) e campo natural (15,5%).

As diferenças em relação ao maior número de ordens e a menor atividade alimentar para o tratamento campo natural no estudo citado a cima, pode ser justificada pela menor atividade antrópica no local quando comparado aos demais, e a maior atividade alimentar para os tratamentos lavoura de soja e pastagens pode ser em razão da utilização de fertilizantes em tais campos de cultivo, o que pode favorecer a atividade alimentar dos organismos, como descrito a cima no estudo de Wahyuningsih et al. (2019).

Para Alves et al. (2020), a utilização do método Bait-Laminas, pode ser facilmente justificada de forma que, este método configura-se como de simples execução, além de proporcionar resultados rápidos e de considerável relevância ecológica. É inegável a importância da avaliação das atividades bióticas do solo, principalmente no âmbito alimentar. A atividade alimentar, pode determinar a quantidade de organismos presentes no solo, tal quantidade determina fatores importantes para a QS, como decomposição da matéria orgânica, mineralização do nitrogênio, ciclagem de nutrientes, entre outros.

2.5 Método Biolog® Ecoplate™

Outro método utilizado para avaliar indicadores biológicos do solo, é o método Biolog® Ecoplate™, de modo que, de acordo com Sofo e Ricciuti (2019), o Biolog® Ecoplate™, foi proposto por Garland e Mills (1991) e desenvolvido com o intuito de avaliar através da medição da oxidação de substratos do carbono, a diversidade funcional de populações bacterianas no solo. Dentre as vantagens e desvantagens da utilização de tal método, os autores citam a possibilidade de avaliar as atividades de comunidades bacterianas em diferentes tipos de solo, no entanto comentam a dificuldade na reprodução e padronização da metodologia que decorre da carência de procedimentos e protocolos detalhados.

O método tem como objetivo avaliar a atividade funcional do solo, analisando as comunidades de bactérias presentes no mesmo, caracterizado como um método complexo. Tal método consiste na utilização de placas contendo 31 grupos carbônicos (polímeros, ácidos carboxílicos, aminoácidos carboidratos e amidos) repetidos 3 vezes em forma de cavidade. Após a coleta do solo a profundidade de 10 cm, o material é diluído em NaCl (0,85%) e transferido para as placas, as quais são encaminhadas para incubadora à 25°C na ausência de luminosidade por 24h, após este período, as placas são interpretadas com auxílio de

colorímetros a 590 nm e 750 nm, em intervalos 12h ou 24h, até sua estabilização. Comunidades de microrganismos darão uma característica padrão de reação denominado impressão digital metabólica. Os padrões de reação da comunidade são normalmente analisados em intervalos de tempo definidos durante 2 a 5 dias. As mudanças nos padrões são comparadas e analisadas usando análise estatística. O método mais popular de análise dos dados é via Análise de Componentes Principais (PCA) de poço médio e dados de desenvolvimento de cor (AWCD), mas métodos alternativos também podem oferecer vantagens (GARLAND & MILLS 1991; FIRESTONE, BALSER & HERMAN, 1998; LEE e HONG, 2013).

Alguns estudos demonstram que a utilização do método Biolog® Ecoplate™, pode ser uma ferramenta muito promissora no âmbito da determinação de perfis fisiológicos em nível de comunidades microbianas. Outro ponto importante é que a utilização de tal método pode ser notada através de estudos em diferentes países com características de solos distintas.

A utilização de tal método é descrita no estudo de Souza et al. (2012), de modo que, buscando avaliar atividades de comunidades bacterianas em Latossolo de Cerrado tanto em solos cultivados (soja e milho) em plantio convencional e plantio direto, quanto em vegetação nativa, utilizou-se de tais placas para determinar o perfil metabólico e mensurar a atividade de comunidades de bactérias do solo, com isso foi possível averiguar que, nos campos de cultivo de soja sob plantio convencional, as comunidades de bactérias apresentaram padrão de utilização das fontes de carbono diferentes quando comparado com os demais tratamentos. Em relação aos grupos de bactérias em cada sistema de plantio e na vegetação nativa, para todos os tratamentos foram notadas distinções de grupos.

Ribeiro (2012), buscando avaliar como o cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejos (orgânico e convencional com queima, convencional sem queima e campo nativo de cerrado), pode influenciar na qualidade biológica de solos do Cerrado, utilizou-se do método Biolog® Ecoplate™, ao qual coletou amostras nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Os resultados demonstram que a redução da matéria orgânica (MO) do solo para os cultivos convencional com queima e convencional sem queima em relação aos cultivos orgânicos dentre as profundidades analisadas, foi em média 48% menor, e que a matéria orgânica do solo reduziu a média que se aumentou a profundidade, já para o cerrado nativo, os níveis MO foram superiores em relação a todos os tratamentos. O carbono da biomassa microbiana também foi uma variável que sofreu influência em relação aos diferentes tipos de manejo, visto que, o sistema de cultivo orgânico e o campo nativo, apresentaram elevações similares quanto as atividades enzimáticas e o carbono da biomassa microbiana, em contrapartida, nos tratamentos

de cultivo convencional com ou sem queima, pode ser notada uma redução significativa em tanto nas atividades enzimáticas quanto no carbono da biomassa microbiana.

Estudos apontam a utilização do método Biolog® Ecoplate™ em diversos países, como o realizado por Capó-Bauçà et al. (2019), em uma região da Espanha, de modo que, objetivando analisar os efeitos a longo prazo da cobertura verde natural estabelecida ao longo de 7 anos, nas características biológicas e físico-químicas de um solo franco-argiloso em condições mediterrâneas, pode averiguar que a cobertura verde natural, resultou em um incremento anual de 1% no conteúdo de carbono orgânico, maior tamanho de agregado seco e uma redução de $0,36 \text{ g cm}^{-3}$ na densidade do solo. Os autores ainda afirmam que a comunidade microbiana do solo sob cobertura verde foi capaz de degradar dez substâncias a mais do que os micróbios dos, além de apresentar o dobro de esporos de fungos micorrízicos.

A utilização do método Biolog® Ecoplate™, também pode ser verificada em estudo realizado por Pelissaro et al (2020), ao qual, buscando avaliar as características microbiológicas de solos caracterizados como Neossolo Quartzarênico hidromórfico sob sistemas de pastagens em áreas úmidas no Pantanal da Nhêcolândia no estado do Mato Grosso do Sul, classificou as áreas com base nos estados de conservação e produtividade das pastagens (ECP), sendo estas (ótimas > 80%, regular 80 a 65% e marginal < 65%), as análises foram realizadas com solo coletado na profundidade de 0-10 cm. Os resultados demonstram que as pastagens classificadas como ótimas, ou seja, com um melhor estado de conservação, apresentaram teores de carbono microbiano, massa seca, cobertura de forragem e atividades enzimáticas significativamente superiores quando comparados com solos regulares ou marginais, aos quais não se diferenciaram significativamente na pesquisa.

A utilização destes métodos mesmo que esteja difundida em vários países como aponta a literatura, ainda é questionada por autores quanto a sua eficácia. Para Pierce, Ward & Dobbs (2014), o método mostra-se eficiente, no entanto, fatores como a interferência do cátion cálcio na química da microplaca, podem proporcionar resultados falso positivo. Xu, Ge & Poudel (2015), também ressaltam a necessidade do aprimoramento e do conhecimento da biotecnologia no estudo da diversidade funcional microbiana do solo.

De acordo com Zhang, Qu e Chen (2009), o método é eficaz, porém, como todo outro apresenta algumas ressalvas, como dificuldades interpretativas e alta complexidade na execução, os autores ainda enfatizam que os erros decorrentes de tal utilização, podem ser justificados pela má interpretação dos pesquisadores, ainda sugerem que para que seja feita uma interpretação adequada dos resultados, estes devem lidos através da tabela de classificação de

fontes de carbono da metodologia Biolog® Ecoplate™, com base na fisiologia e ecologia microbiana.

Os métodos de monitoramento e avaliação de bioparâmetros citados a cima, mesmo já consolidados e muito utilizados no âmbito de avaliações biológicas do solo, ainda apresentam inconsistência quanto a padronização, e são nichados para grupos de indicadores de qualidade diferentes, podendo apresentar uma subjetividade em relação aos resultados em um amplo aspecto da análise.

2.6 Bioanálise

Sabendo da importância da saúde biológica do solo para a QS e o sucesso da produção, muitos estudos tem sido realizados, afim de criar metodologias que padronizem e facilitem a análise biológica do solo, de forma que possa favorecer na captação de informações de relevância para a tomada de decisão de técnicos e produtores ao que tange os sistemas de produção. Um método resultante dos contínuos e incansáveis estudos em busca de melhores metodologias para proporcionar um melhor conhecimento da biologia do solo, é a bioanálise, metodologia esta desenvolvida pela Embrapa, que permite uma visão ampla dos aspectos biológicos do solo (BORGES, 2020).

De acordo com Mendes et al. (2019), a bioanálise configura-se como um método que permite determinar importantes indicadores que estão associados diretamente ao funcionamento biológico do solo, como é o caso das enzimas. Tal método traz consigo a vantagem da interpretação facilitada dos resultados, através de tabelas de interpretação, estas por sua vez, elaboradas com afinco, tendo como base, análises de regressão, que possibilitaram delimitar classes de suficiência para os bioindicadores. Para Mendes et al. (2020), o método apresenta grandes vantagens, uma vez que, permite mediante análise, reconhecer diferenças nos componentes biológicos, mesmo em solos que apresentam grandes semelhanças químicas.

A BioAS é uma tecnologia desenvolvida pela Embrapa lançada em julho de 2020, que propõem em sua metodologia, a análise e interpretação de enzimas como a β -glicosidase e arilsulfatase. Tal método permite um monitoramento amplo da saúde biológica do solo, e quando utilizado associado com as análises tradicionais de solo, podem proporcionar resultados significativamente positivos. A metodologia é realizada após a colheita da safrinha, a partir da coleta de amostras do solo de 0-10 cm nas linhas e entrelinhas da última cultura, o tamanho amostral varia de acordo com o tamanho da área, recomendando-se a coleta de material suficiente para uma amostragem segura e representativa da área. O material coletado deve ser

seco ao ar e peneirado em malha 2mm, posteriormente encaminhado para o laboratório para análise e avaliação das atividades enzimáticas (β -glicosidase e arilsulfatase), ao qual os resultados são comparados aos valores de referência presentes nas tabelas de atividades enzimáticas para cada tipo de solo (MENDES et al., 2020; EMBRAPA, 2020).

A utilização de enzimas como indicadores quanto a atividade biológica do solo, pode ser justificada de forma que, estas apresentam extrema sensibilidade, facilitando então na detecção até mesmo das menores alterações que ocorrem no solo. A escolha das enzimas utilizadas no método BioAs, é de fato pelas vantagens que estas apresentam, como, maior sensibilidade, menor variabilidade temporal, facilidade na determinação analítica, estão ligadas a ciclagem de nutrientes, precisão e correlação direta que estas apresentam em relação ao rendimento dos grãos e com a matéria orgânica (EMBRAPA, 2020).

Para Bastos (2020), a nova metodologia proposta pela Embrapa, é uma inovação que pode ser caracterizada como um “exame de sangue” do solo, de modo que, as enzimas utilizadas como indicadores, podem antecipar mudanças positivas ou até mesmo problemas assintomáticos no solo, e com isso, propor alternativas para a melhor solução de tais problemas.

A utilização de enzimas como β -glicosidase e arilsulfatase como indicadores da saúde biológica do solo, podem ser justificadas de acordo com Dick (2011), de forma que, estas são caracterizadas como enzimas extracelulares presentes no solo, que por sua vez, participam do metabolismo de macromoléculas. Tais enzimas podem ser utilizadas como referenciais de alterações na biota do solo, sejam estas duradouras ou permanentes.

Para Lima (2021), tais enzimas atuam em importantes processos de mineralização no solo, de modo que a arilsulfatase faz-se atuante no ciclo do enxofre no solo, este que por sua vez, constitui-se como nutriente importante para atividades metabólicas da planta, além de produção de proteína e enchimento dos grãos. A enzima β -glicosidase também apresenta funções importantes no solo, principalmente tratando-se da degradação da celulose que posteriormente é utilizada como fonte energética pelos microrganismos.

A existência da utilização das enzimas β -glicosidase e arilsulfatase como bioindicadores da QS pode ser averiguada em estudos como de Binde et al (2021), ao qual buscando estudar de forma quantitativa e qualitativa a restauração de um Latossolo Vermelho no estado do Mato Grosso, com base nas atividades microbianas do mesmo em sistemas agroflorestais, utilizou como parâmetro bioindicador as enzimas arilsulfatase e β -glicosidase. Os autores analisaram três tipos de solos distintos (horta, roça e área de regeneração espontânea/controle) na profundidade de 0-10 cm, em dois períodos de implantação (12 e 18 meses). Em relação aos resultados obtidos, foi possível verificar uma significativa melhora quantitativa para as enzimas

arilsulfatase e β -glicosidase, em ambos períodos analisados, aos quais os valores médios respectivos foram, horta (491 e 822 μg de p-nitrofenol g^{-1} solo h^{-1}) roça (546 e 733 μg de p-nitrofenol g^{-1} solo h^{-1}) e controle (168 e 668 μg de p-nitrofenol g^{-1} solo h^{-1}). Os autores ainda afirmam que a enzima β - Glicosidase apresentou maior atividade em todos os tratamentos, elevando sua concentração à medida que se aumenta o tempo de implantação das culturas.

Outro estudo que aponta a utilização de tais enzimas como bioindicadores, foi realizado no estado da Bahia, por Maciel (2018), de modo que, buscando avaliar a correlação de indicadores da QS com a taxa de crescimento do mogno africano cultivado em solo Argissolo Amarelo distrófico, utilizou como indicadores biológicos testes, o carbono da biomassa microbiana, respiração basal e atividade de β -glicosidase e de arilsulfatase. Os resultados demonstram que quando as atividades enzimáticas da β -glicosidase e principalmente arilsulfatase apresentam-se superiores a 1123 $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$, ocorreu um *feedback* positivo em relação ao vigor da planta que conseqüentemente apresentou maior incremento volumétrico (5 576 $\text{cm}^3 \text{ano}^{-1}$), com isso, os autores afirmam que as enzimas β -glicosidase e arilsulfatase foram os bioindicadores que explicaram melhor as mudanças nas taxas de crescimento do mogno africano.

Rocha (2021), buscando selecionar indicadores biológicos e avaliar a sensibilidade destes em solos sob práticas agroflorestais, também utilizou as enzimas β -glicosidase e arilsulfatase em sua pesquisa. O estudo partiu de duas áreas (cultivo agroecológico e pastagem), as quais foram coletadas amostras de 0-20 cm de profundidade. Os bioindicadores analisados foram carbono da biomassa microbiana, respiração basal, colônias de bactérias, β -glicosidase e arilsulfatase. Mediante os resultados, pode ser averiguado que em relação as enzimas, existiu uma elevação nas concentrações de β -glicosidase e arilsulfatase nos solos sob cultivo agroecológico quando comparado com solos de cultivo de pastagens. Os autores ressaltam que todos os bioindicadores avaliados no estudo, apresentaram boa sensibilidade para avaliação biológica do solo em ambos os sistemas avaliados, ainda pontuam que as enzimas β -glicosidase e arilsulfatase são bioindicadores sensíveis, que permitem avaliar com maior precisão a saúde do solo em diferentes práticas agrícolas.

A utilização das enzimas β -glicosidase e arilsulfatase como importantes bioindicadores norteadores da saúde do solo, também está apresentada no estudo de Ferreira (2021), ao qual avaliou a atividade das mesmas em solos com características de desertificação no estado do Ceará. O estudo foi composto de três tratamentos (vegetação natural, recuperação natural e processo avançado de degradação pelo sobre pastejo), as quais foram coletadas amostras de 0-10 cm de profundidade. Os resultados apontaram elevações significativas nas atividades de β -

glicosidase e arilsulfatase na área de recuperação natural, e atividade intermediária na área de vegetação natural, já para as áreas de degradação sobre pastejo, as atividades de ambas enzimas foram baixas quando comparadas com os outros tratamentos. Visto os resultados de tal estudo, é possível notar a sensibilidade das enzimas em relação aos processos de degradação do solo, e as mudanças ocorridas quando inicia-se um processo de recuperação das áreas degradadas, isso faz com que tais enzimas sejam potenciais bioindicadores do solo.

Em uma concepção atual, a bioanálise apresenta-se como uma tecnologia inovadora que despõem de um grande potencial no âmbito de padronização de metodologias de análise biológica do solo, visto que, está fornece uma padronização em relação aos limites mínimos, médios e máximos para parâmetros de auxílio a técnicos e produtores. A sensibilidade que as enzimas inferem em relação aos resultados, também pode ser um ponto positivo em relação a utilização de tal metodologia, de modo que tal sensibilidade pode caracterizar-se como um filtro, proporcionando resultados mais precisos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), Provid, Bait-Laminas e Biolog® Ecoplate™, apresentam-se efetivos dentro de suas propostas de avaliações e são largamente difundidos e utilizados ao nível mundial, no entanto, apresentam características e objetivos de avaliações distintas, com direcionamento específico para diferentes tipos de bioindicadores.

A nova metodologia proposta pela Embrapa, denominada como Bioanálise (BioAS), pode ser um novo passo em relação a padronização dos métodos de análise biológica do solo, visto que, apresenta-se de fácil execução, além de maior precisão devido a utilização de enzimas sensíveis a modificações discretas ocorridas no solo, além de tabelas de auxílio a interpretação de dados para diferentes tipos de solo.

Dentre os métodos avaliados no presente estudo, a bioanálise mesmo configurando-se como uma novidade no campo de análises biológicas do solo, destaca-se por apresentar características promissoras em função de fatores como a facilidade na replicação metodológica e a maior sensibilidade que confere elevada precisão nos resultados.

A utilização de métodos em associação, pode ser uma boa alternativa para a avaliação biológica do solo, visto que, todos os métodos analisados apresentam avaliação de bioindicadores diferentes, e quando utilizados de forma combinada, podem amplificar o número de bioparâmetros analisados inferindo maior significância e veracidade nos resultados obtidos.

4 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. O. **Fauna edáfica e atributos microbiológicos de solos sob sistemas de manejo no subtropical brasileiro**. 2012.
- ALMEIDA, H. S. SILVA, R. F.; GROLLI, A. L.; SHEID, D. L. Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob diferentes sistemas de uso do solo. **Revista brasileira de tecnologia agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 15-23, 2017.
- ALVES, F.; LIMA, A. R. & FIALHO, J. Fauna edáfica em agroecossistema semiárido com 17 anos de pousio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, 2016.
- ALVES, P. R. L.; CASSOL, P. B.; SEGANFREDO, M. A.; SPAGNOLLO, E. Contribuição da fauna do solo para os serviços ambientais. **Embrapa Suínos e Aves-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2020.
- ANDERSON, J. M. & INGRAM, J. S. I. Tropical Soil Biology and Fertility: a handbook of methods. 2.ed. **Wallingford: CAB International**, 1993. 171 p.
- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O.; SILVA, D. M. D. & SILVA, R. F. D. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006.
- AQUINO, A. M. **Minhocas: aspectos gerais e ecológicos em sistemas agrícolas**. Embrapa Agrobiologia, 2005.
- ARAÚJO, A. S. F. & MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, 2007.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; & LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. P. C.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. L. & ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos em Ciências do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, p. 141-192, 2011.
- BASTOS F. Cientistas desenvolvem tecnologia que faz avaliação biológica do solo. **Embrapa**. 2020.
- BINDE, D.R. Eficiência do uso de sistemas agroflorestais sucessionais na recuperação do solo em flor de ibez/Barra do Garças-MT. **Revista Panorâmica online**, v. 2, 2021.
- BORGES S. Bioanálise indica a memória do solo. **Revista Cultivar**. 2020. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/bioanalise-indica-a-memoria-do-solo>. Acesso em 5 de nov 2021.
- CAPÓ-BAUÇÀ, S; MARQUÊS, A; LLOPIS-VIDAL, N; BOTA, J; & BARAZA, E.O estabelecimento de cobertura verde natural a longo prazo fornece serviços de agroecossistema, melhorando a qualidade do solo em um vinhedo mediterrâneo. **Engenharia Ecológica**, v. 127, p. 285-291, 2019.

CARVALHO, L. M. V. M; PIMENTEL, M. S. Diversidade da macrofauna edáfica em sistema de produção orgânico de melão com a utilização de coquetéis vegetais no semi-árido baiano. **Sociedade de Ecologia do Brasil**, VIII CEB. 2007.

CASSOL, P.B; ALVES, P.R.L. **Avaliação da atividade alimentar dos invertebrados de solo em áreas com aplicação intensiva de dejetos de suínos.** 2017.

CHERUBIN, M. R; EITELWEIN, M. T; FABBRIS, C; WEIRICH, S. W; SILVA, R. F; SILVA, V. R; BASSO, C. J. Qualidade física, química e biológica de um latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, v. 39, n. 2, pp. 615-625, 2015.

CORDEIRO, F. C; DIAS, F. C; MERLIN, A. O; CORREIA, M. E. F; AQUINO, A. M; BROWN, G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. **Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida. Seropédica, RJ, EDUR**, v. 24, n. 2, p. 29-34, 2004.

DINIZ, C. V. C. **Diversificação de sistemas de cultivo sob plantio direto e bioindicadores de qualidade do solo nas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

EMBRAPA. BioAS - Tecnologia de Bioanálise de Solo. **Embrapa**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6047/bioas--tecnologia-de-bioanalise-de-solo->. Acesso em: 05 de nov 2021.

FERREIRA, D. F. **A exclusão do pastoreio e sua influência na atividade enzimática de solos da Caatinga em processo de desertificação.** 2021. 34f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

FIRESTONE, M.; BALSER, T.; HERMAN, D. Defining soil quality in terms of microbial community structure. **Ann. Rep. Res. Proj., UC Berkeley**, 1998.

FROUZ, J. Efeitos da macro e mesofauna do solo na decomposição da serapilheira e estabilização da matéria orgânica do solo. **Geoderma**, v. 332, p. 161-172, 2018.

GARLAND, J. L.; MILLS, A. L. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level sole-carbon source utilization. **Applied and Environmental Microbiology**, v.57, n.8, p. 2351- 2359, 1991.

GÓES, Q. R; BARBOSA, B. W; BOLIGON, A. A; LORENTZ, L. H; VIEIRA, F. C. B; & WEBER, M. A. Suficiência amostral para avaliação da fauna epiedáfica com o método Provid. **Ciência Florestal**. 2019, v. 29, n. 1, pp. 444-450.

GÓES, Q. R. **Fauna epiedáfica em áreas de diferentes tipos de uso do solo: avaliação quantitativa, qualitativa e suficiência amostral.** 2017.

GONGALSKY, K. B; POKARZHEVSKII, A; SAVIN, F. A. Estratificação e dinâmica da perfuração da lâmina-isca em três solos de floresta ao longo de um gradiente norte-sul na Rússia. **Ecologia Aplicada do Solo**, v. 25, n. 2, pág. 111-122, 2004.

JOHN, K; ZAITSEV, A. S; WOLTERS, V. Os grupos da fauna do solo respondem de forma diferenciada às mudanças nos ciclos de rotação de culturas nos sistemas de produção de arroz. **Pedobiologia**, v. 84, p. 150703, 2021.

LEE, E. Y. & HONG, S. H. Avaliação das mudanças na comunidade microbiana em solos alcalinos usando biológ ecoplate e DGGE. **Jornal KSBB**, v. 28, n. 5, pág. 275-281, 2013.

LUDWIG, R. L.; PIZZANI, R.; SCHAEFER, P. E.; GOULART, R. Z.; LOVATO, T. Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, 2012.

MACIEL, T. F. M. **Identificação de variáveis biológicas do solo associadas ao crescimento de mogno africano em sistema agroflorestal**. 2018.

MENDES, I.C; CHAER, G; SOUSA, D. M. G; REIS JUNIOR, F. B; SILVA, O. D. D; OLIVEIRA, M. I. L; SOUZA, L. M Bioanálise de solo: a mais nova aliada para a sustentabilidade agrícola. **Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2020.

MENDES, I.C; BORIN, A. L. D. C; OLIVEIRA, M. I. L; REIS JÚNIOR, F. B; CHAER, G. M. Diagnóstico da saúde do solo nas áreas de produção de algodão no Estado de Goiás. In: **Embrapa Agrobiologia-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 12., 2019, Goiânia, GO. Anais... Goiânia: Abrapa, 2019., 2019.

MUNHOZ, A. **Alterações na comunidade de invertebrados do solo de uma área de campo natural convertida em área agrícola na região do Vale do Rio Pardo, RS**. 2021.

NIVA, C. C. Atividade alimentar de invertebrados de solo em um Sistema Lavoura-Pecuária-Floresta na região do Cerrado medida pelo método da lâmina de isca. In: **Embrapa Cerrados-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO MUNDIAL DE SISTEMAS INTEGRADOS CULTURA-PECUÁRIA-FLORESTA; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SISTEMAS INTEGRADOS DE CULTURA-PECUÁRIA, 3., 2015, Brasília, DF. Rumo à intensificação sustentável: procedimentos. Brasília, DF: Embrapa, 2015., 2015.

SILVA, M. O.; VELOSO, C. L; NASCIMENTO, D. L; OLIVEIRA, J; FREITAS PEREIRA, D; SILVA COSTA, K. D. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.

OLIVEIRA, E. M. & SOUTO, J. S. Mesofauna edáfica como indicadora de áreas degradadas. **Revista Verde**, Pombal - PB – Brasil, v. 6, n. 1, p 01-09, 2011.

PASTERNAK, P. **Wpływ składu taksonomicznego bezkręgowców na lokalną zmienność przestrzenną tempa respiracji gleby i aktywność konsumentów według metody „bait lamina”**. 2012.

PELLISSARO, H. E. G; ZANELLA, M; SANTOS, S; CARDOSO, E; BRASIL, M. Atributos microbiológicos do solo como indicadores de conservação das pastagens nativas do Pantanal. **Embrapa Pantanal-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2020.

PES, L. Z. & MARLON H. A. **Solos**. Universidade Federal de Santa Maria UFSM, Santa Maria Rede e-Tec Brasil, 2015.

PIERCE, M. L.; WARD, J. E. & DOBBS, F. C. False positives in Biolog EcoPlates™ and MT2 MicroPlates™ caused by calcium. **Journal of microbiological methods**, v. 97, p. 20-24, 2014.

PINHEIRO, S.; KREWER, D. & SCHIEDECK, G. Metodologias para avaliação de bioindicadores de qualidade de solos em agroecossistemas. **UFPEL**. 2020.

PODGAISKI, L. R.; SILVEIRA, F. S. & MENDONÇA JR, M. Avaliação da atividade alimentar dos invertebrados de Solo em Campos do Sul do Brasil–bait-lamina test. **EntomoBrasilis**, v. 4, n. 3, p. 108-113, 2011.

POHLMANN, V.; ROSA, C.; PRADE, V.; LUCAS, E. & FILHO, B. Diversidade da fauna edáfica em diferentes ecossistemas na estação agrônômica da UERGS em Cachoeira do Sul, RS. **VI Salão Integrado Ensino, Pesquisa e Extensão, II Jornada de Pós-Graduação, I Seminário Estadual sobre Territorialidade**, Brasil, set. 2016.

RIBEIRO, G.H.S. **Qualidade biológica de solos de cerrado em áreas degradadas e sob diferentes manejos de cana-de-açúcar**. 2012.

ROCHA, A.F.B. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroecológicos no Cerrado Mineiro**. 2021.

ROSA, M.G; KLAUBERG FILHO, O; BARTZ, M. L. C;MAFRA, A. L; SOUSA, J. P. F. A; BARETTA, D. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1544-1553, 2015.

SANTOS, E; VARGAS, G. R; MELLO FILHO, N. R; BROWN, G. G. Comparação entre diferentes métodos de coleta de minhocas em dois diferentes sistemas florestais. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

SILVA, D.C; MORAIS, J. P; ORTIZ, D. C; OLIVEIRA FILHO, L. C. I; PINTO, L. V. A; BARETTA, D. Fauna edáfica como indicadora de qualidade do solo em fragmentos florestais e área sob cultivo do cafeeiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14795-14816, 2020.

SILVA, M.O; VELOSO, C. L; NASCIMENTO, D. L; OLIVEIRA, J; FREITAS PEREIRA, D; SILVA, K. D. C. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.

SILVA, R. F.; PORTILHO, I. I. R.; AQUINO, A. M.; OTSUBO, A. A.; GALLO, A. de S. & GUIMARÃES, M. F. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema plantio direto no Cerrado. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 1, p. 60–74, 2018. DOI: 10.48075/actaiguaz.v7i1.16489. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/16489>. Acesso em: 9 out. 2021.

SILVA, R.M.; SILVA, R. M.; SOUZA, J. R. M; GEDGESKI, T. P.; LIMA, S. S. & LIMA, E. Fauna do solo como bioindicador da qualidade do solo na cultura da cana-de-açúcar: um referencial teórico. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 10, pág. e239101018741, 2021. DOI: 10.33448 / rsd-v10i10.18741. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18741>. Acesso em: 29 nov. 2021.

SILVA, T.C.C.B; FARIAS, F. D. J; MENEZES, B. F; DANTAS, J. O; & PERIN, L. **População microbiana do solo em sistema agroecológico de produção**. 2018.

SILVANO, C.; LIMA, O. G. & BROWN, G. G. Abundância de oligoquetas terrestres em áreas de floresta Ombrófila Mista e plantação de *Araucaria angustifolia*, utilizando dois métodos de coleta. **Anais e Resumos**. 4º Elaetao, 2010.

SIMÕES, M. Interpretação dos Índices de Diversidade buscada em Levantamento Fitossociológico - Parte 2. **Mata Nativa**. 2017. Disponível em: <https://www.matanativa.com.br/diversidade-de-especies-e-levantamento->. Acesso em: 18 nov 2021.

SOBUCKI, L; RAMOS, R. F; BELLÉ, C; & ANTONIOLLI, Z. I. Manejo e qualidade biológica do solo: uma análise. **Rev. Agron. Bras**, v. 3, n. 4, 2019.

SOBUCKI, L. **Propriedades microbiológicas e índice de qualidade de um argissolo subtropical submetido a sistemas de manejo**. (Dissertação) Universidade Federal de Santa Maria – (UFSM) 2020.

SOFO, A. & RICCIUTI, P. Um método padronizado para estimar a diversidade funcional da comunidade bacteriana do solo pelo ensaio biológico EcoPlates™ — O estudo de caso de um pomar de oliveiras sustentável. **Ciências Aplicadas**, v. 9, n. 19, p. 4035, 2019.

SOUZA, L.M; SCHLEMMER, F; ALENCAR, P. M; LOPES, A. A. D. C; PASSOS, S. R; XAVIER, G. R; REIS JUNIOR, F. B. D. Estrutura metabólica e genética de comunidades bacterianas em solo de cerrado sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 269-276, 2012.

SOUZA, M.H; VIEIRA, B; OLIVEIRA, A. P; AMARAL, A. Macrofauna do solo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B. & JACQUES, R. J. S. Importância ecológica e ambiental das minhocas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p.137-14, 2013

SWIFT, M. J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F. M. S. & HUISING, J. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. **Enciclopédia Biosfera**. Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade. Lavras: Editora da UFLA, p. 23-41, 2010.

TRENTINI, C.P; VILLAGRA, M; PÁMIÉS, D.G; LABORDE, V.B; BEDANO, J.C; CAMPANELLO, P.I. Efeito da adição de nitrogênio e remoção de serapilheira na vegetação de sub-bosque, mesofauna do solo e decomposição de serapilheira em plantações de pinheiro-bravo na Argentina subtropical. **Forest Ecology and Management** , v. 429, p. 133-142, 2018.

VON TÖRNE, E. Assessing feeding activities of soil-living animals: bait-laminatets. **Pedobiologia**, Jena, v. 34, n. 2, p. 89-101, 1990.

WAHYUNINGSIH, R; MARCHAND, L; CALIMAN, J.P. Impact of inorganic fertilizer to soil biological activity in an oil palm plantation. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2019.

XU, W.; GE, Z. & POUDEL, D.R. Application and optimization of biolog ecoplates in functional diversity studies of soil microbial communities. In: **MATEC Web of Conferences**. EDP Sciences, 2015. p. 04015.

ZHANG, Y.; QU, L. & CHEN, L. Improvement of Biolog EcoPlate™ Experimental Information Extraction Method. **Microbiology Bulletin**, n. 7, p. 1083-1091, 2009.