

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS CURITIBANOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Marcos Fernandes Junior

**ATIVIDADE DA BIOMASSA MICROBIANA EM DIFERENTES SISTEMAS DE
PLANTIO**

Curitibanos

2021

Marcos Fernandes Junior

**ATIVIDADE DA BIOMASSA MICROBIANA EM DIFERENTES SISTEMAS DE
PLANTIO**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia
do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de
Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dra. Gloria Regina Botelho

Curitibanos

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela dádiva da vida, e por ser a única fortaleza nos momentos difíceis.

Agradeço também aos meus pais, Andrea Fagundes França e Marcos Fernandes, por apoiarem nessa caminhada árdua, sempre incentivando a ser uma pessoa melhor, mostrando sempre o lado bom da vida.

A minha orientadora Prof.^a Dr.^a Glória Regina Botelho, pelo incentivo, pelos ensinamentos, pelas cobranças e pela parceria de trabalho durante todos os longos anos acadêmicos.

Aos meus colegas e amigos pela parceria, ajuda e incentivo ao longo da jornada acadêmica, em especial ao meu amigo Vinicius Bonato, pela ajuda com as análises laboratoriais.

A todos os técnicos do laboratório de química analítica, por sempre se apresentarem dispostos a ajudar e solucionar os problemas que surgiam.

A todos que contribuíram de alguma forma para que o objetivo fosse alcançado.

RESUMO

A biomassa microbiana do solo (BMS) possui elevada responsividade às modificações do ambiente, sendo um parâmetro que vem se consolidando como um ótimo indicador de qualidade de solo, podendo ser utilizado para detectar problemas causados por manejo incorreto ainda prematuramente. A cultura da soja (*Glycine max*) possui grande expressividade no cenário nacional, sendo a cultura principal de diversos agricultores, para obter resultados produtivos satisfatórios é necessário realizar diversas operações que podem causar danos ao sistema solo. Entre as práticas mais usuais. Tem-se o plantio direto e o plantio convencional. O plantio direto possui como premissas principais, a conservação das características locais, realizando as operações necessárias sem promover grandes impactos. Já o plantio convencional possui propostas inversas, pois suas operações não apresentam impactos sutis, promovendo toda a desestruturação do solo e, conseqüentemente, impactando em toda a biota ali presente. O objetivo com este trabalho foi avaliar a atividade da biomassa microbiana, como parâmetro de qualidade do solo, em diferentes sistemas de plantio para o município de Curitiba. O experimento foi conduzido em condições de campo, na fazenda experimental da Universidade Federal de Santa Catarina *campus* Curitiba, na safra de 2018/2019. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), sendo três tratamentos e quatro épocas distintas de avaliação. Os tratamentos foram a Mata Nativa (MN), o Plantio Direto (PD) e o Plantio Convencional (PC) e as épocas de avaliação foram no dia da semeadura da soja, 15 dias após a semeadura (DAS), 74 DAS e 128 DAS. Foram avaliados os seguintes componentes da BMS: Carbono da BMS, Nitrogênio da BMS, Respiração Basal do Solo (RBS), qCO_2 da BMS e atividade da enzima fosfatase ácida. Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativo, as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software estatístico Sisvar. Os dados obtidos de atividade da enzima fosfatase ácida e o nitrogênio da biomassa microbiana (N-BMS), não apresentaram diferença significativa. Já o carbono da biomassa microbiana (C-BMS) e o quociente metabólico (qCO_2) apresentaram diferença estatística entre as épocas de coleta e os tratamentos. Para o C-BMS houve diferença entre 15 DAS demais épocas no PD. O PC apresentou diferença aos 75 DAS e a MN em 0 DAS. Entre os tratamentos, somente a MN apresentou diferença estatística dos demais entre as épocas de coleta de amostra. Já o qCO_2 apresentou diferença entre 15 DAS e as demais épocas para PD. O PC apresentou diferença aos 75 DAS e 128 DAS e a MN em 0 DAS. Na semeadura, houve diferença estatística entre a MN, o PC e o PD. A RBS não apresentou diferença entre as épocas de avaliação, mas se observou entre os tratamentos, sendo o PD aos 75 DAS. As variações nos parâmetros da BMS entre o plantio convencional e o plantio direto não foram tão expressivos, pois fatores como matéria orgânica e tempo de uso da terra não evidenciaram significativamente as diferenças na atividade da BMS entre os sistemas. Porém, confirmaram sua eficiência, como indicador de qualidade de solo para a região.

Palavras-chave: Saúde do solo. Microrganismos do Solo. Bioindicadores.

ABSTRACT

Soil microbial biomass (BMS) has a high responsiveness to changes in the environment, being

a parameter that has been consolidated as a great indicator of soil quality, and can be used to detect problems caused by improper handling even prematurely. The culture of soy (Glycine max) has great expressiveness in the national scenario, being the main culture of several farmers, to obtain satisfactory productive results it is necessary to carry out several operations that can cause damage to the soil system. Among the most usual practices. There is no-till and conventional planting. Direct planting has as main premises, the conservation of local characteristics, carrying out the necessary operations without promoting major impacts. Conventional planting, on the other hand, has inverse proposals, since its operations do not present subtle impacts, promoting all the soil disruption and, consequently, impacting the entire biota present there. The objective of this work was to evaluate the activity of microbial biomass, as a parameter of soil quality, in different planting systems for the municipality of Curitiba. The experiment was conducted in field conditions, on the experimental farm of the Federal University of Santa Catarina campus Curitiba, in the 2018/2019 harvest. The experimental design used was randomized blocks (DBC), with three treatments and four different times of evaluation. The treatments were the Native Forest (MN), the No-Tillage (PD) and the Conventional Planting (PC) and the evaluation periods were on the day of the soybean sowing, 15 days after sowing (DAS), 74 DAS and 128 DAS. The following BMS components were evaluated: BMS carbon, BMS nitrogen, Basal Soil Respiration (RBS), BMS qCO_2 and acid phosphatase enzyme activity. The data were submitted to analysis of variance and, when significant, the means compared by the Tukey test ($p < 0.05$), using the Sisvar statistical software. The data obtained from the activity of the acid phosphatase enzyme and the nitrogen of the microbial biomass (N-BMS), did not present significant difference. The microbial biomass carbon (C-BMS) and the metabolic quotient (qCO_2), on the other hand, showed a statistical difference between the collection times and the treatments. For the C-BMS, there was a difference between 15 DAS in the other periods in the PD. The PC showed difference at 75 DAS and the MN at 0 DAS. Among the treatments, only the MN showed statistical difference from the others between the times of sample collection. qCO_2 showed a difference between 15 DAS and the other periods for PD. The PC showed difference at 75 DAS and 128 DAS and the MN at 0 DAS. At sowing, there was a statistical difference between MN, PC and PD. The RBS showed no difference between the periods of evaluation, but it was observed between the treatments, with the PD at 75 DAS. The variations in the BMS parameters between conventional and no-tillage were not as significant, as factors such as organic matter and time of land use did not show significantly the differences in BMS activity between the systems. However, they confirmed its efficiency, as an indicator of soil quality for the region.

Keywords: Soil health. Soil Microorganisms. Bioindicators.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Carbono da Biomassa Microbiana do solo (CBM) em sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação..	26
Tabela 2 - Carbono do CO ₂ emitido da RBS em sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.	28
Tabela 3 - Quociente Metabólico referente aos sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.	29
Tabela 4 - Nitrogênio da Biomassa Microbiana do solo (NBM) em sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.. 30	
Tabela 5 - Atividade Enzimática da Fosfatase Ácida em sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 OBJETIVOS	11
1.1.1 Objetivo Geral.....	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO	13
2.2 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO	14
2.3 PARÂMETROS PARA A ATIVIDADE MICROBIANA	15
2.4 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO	17
2.4.1 Sistema convencional.....	18
2.4.2 Sistema de conservação do solo: plantio direto.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS E VEGETAÇÃO DE CURITIBANOS	20
3.2.3 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO	20
3.5 COLETA E PARÂMETROS ANALISADOS	21
3.5.1 Coleta das amostras e delineamento experimental.....	21
3.5.2 Determinação do Carbono da biomassa microbiana do solo (C- BMS).....	21
3.5.3 Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS).....	23
3.5.4 Determinação da Respiração da Biomassa Microbiana do solo.....	23
3.5.6 Determinação da Atividade da Enzima Fosfatase Ácida	24
3.6 ANÁLISE DE DADOS	25
4 RESULTADOS E DICUSSÃO.....	25
4.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA.....	26
4.2 RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO	27
4.3 QUOCIENTE METABÓLICO	29
4.4 NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA.....	30
4.5 ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA FOSFATASE ÁCIDA.....	32
5 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS.....	34
ANEXOS.....	40

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos ocorreu uma grande expansão da atividade agrícola que deixou de ser uma atividade de sobrevivência para passar a ser um negócio. Isso causou um uso excessivo das áreas com a finalidade de suprir as necessidades da sociedade. Com o passar do tempo, percebeu-se a necessidade e a importância de promover práticas conservacionistas que são um conjunto de técnicas que irá melhorar a qualidade do solo, para que ocorra desenvolvimento adequado das plantas e, conseqüentemente, alta produtividade.

O termo qualidade de solo passou a ser usual, a partir de 1990, pois foi a partir desse ponto que começou a ser apresentado em pesquisas. Mais especificamente, foi abordado em um relatório, que alavancou a investigação sobre sua importância e finalidade, correlacionando-o com os sistemas produtivos (ARAÚJO *et al.*, 2012). A qualidade do solo é definida como a capacidade de sustentar a produtividade biológica do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas e/ou animais e do próprio ser humano (DORAN *et al.*, 1996; SPOSITO; ZABEL, 2003 apud ARAGÃO *et al.*, 2012).

A matéria orgânica possui um papel de grande importância para o sistema agrícola, tornando o solo um sistema sustentável e autossuficiente, quando manejado adequadamente e dependendo da sua finalidade (COSTA, *et al.* 2013). A ciclagem da matéria orgânica do solo é conduzida por taxas de deposição, decomposição, e renovação de resíduos (COSTA, *et al.* 2013). Os diferentes sistemas de plantio possuem grande impacto na ciclagem da matéria orgânica, podendo baixar seus estoques, quando o manejo do solo for conduzido de forma errônea. A diminuição do estoque de M.O afetará os microrganismos do solo, também, causando prejuízos para as plantas (COSTA, *et al.* 2013)

O manejo do solo está ligado diretamente a pontos-chave da produção agrícola. De acordo com as técnicas utilizadas no local de cultivo, pode-se ter perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica (HERNANI; KURIHARA; SILVA, 1999). No sistema convencional de cultivo ocorre tráfego intenso de maquinários e implementos agrícolas, por conta do manejo de solo empregado no local. Esse tráfego intenso pode gerar alguns danos, no decorrer dos anos, refletindo em altos custos de produção (HERNANI; KURIHARA; SILVA, 1999).

De maneira geral existem diversos fatores que provocam a degradação de ambientes agrícolas, o manejo da área se caracteriza como um dos principais fatores, ou seja, os métodos de condução que são adotados irão ditar se os processos de degradação do solo ocorrem de forma mais intensa ou mais sucinta (PAULINO, 2013).

O manejo do solo, que se promove o revolvimento, possui como objetivo a adequação das características para proporcionar condições adequadas para que as culturas possam crescer

e se desenvolver (ALVES *et al.*, 2007). Porém, tal atividade pode apresentar algumas consequências ao longo dos anos, como a perda da qualidade estrutural do solo. A perda estrutural, geralmente é sofrida quando não se tem um planejamento adequado para a propriedade, e seguidamente são executadas operações de manejo em condições inadequadas, como a umidade elevada do solo, gerando a compactação (ALVES *et al.*, 2007). O detrimento do solo por erosão, a compactação e a redução da matéria orgânica são exemplos de danos, que contribuem para a degradação física do solo, resultando em perdas dessas funções, em casos mais extremos (PAULINO, 2013).

A adoção de práticas conservacionistas, como o plantio direto, tende a apresentar benefícios ao sistema solo. Quando se adota o sistema de plantio direto, e se conduz de forma correta ao longo dos anos, a tendência é que se tenha maior estoque de carbono e nitrogênio no solo, quando comparado ao sistema convencional (AMORIM, 2016). Esse acúmulo se dá pela preservação da matéria orgânica e redução na mineralização dos resíduos (AMORIM, 2016). Porém, a qualidade e quantidade da matéria orgânica, quando comparada nos dois sistemas, sofre influência de fatores como textura do solo, material de origem, clima regional e propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (AMORIM, 2016).

A biomassa microbiana do solo é definida como a parte viva da matéria orgânica e entre os microrganismos presentes estão bactérias, fungos, protozoários, algas que atuam na decomposição de resíduos animais e vegetais (JENKINSON; LADD, 1981, apud DE-POLLI, PIMENTEL, 2006). Esses microrganismos atuam nos processos de imobilização e mineralização, sendo essenciais para o desenvolvimento das plantas. Por alguns autores, a biomassa é considerada como um componente que se comporta de maneira instável, pois sua atividade sofre influência dos fatores bióticos e abióticos, servindo como um indicador de qualidade de solo (BALOTA *et al.* 1998, apud DE-POLLI; PIMENTEL, 2006). Também é considerada como um grande e importante reservatório de nutrientes para as plantas, que são, aos poucos, disponibilizados (MARUMOTO *et al.*, 1982 E KIEFT *et al.* 1987, apud DE-POLLI; PIMENTEL, 2006).

É válido salientar que a biomassa microbiana não é uma estimativa da atividade dos microrganismos, mas sim da massa microbiana viva total, tendo como base a concentração de algum elemento ou substância celular (SILVA, 2008). Sendo assim, a resultante do carbono da biomassa microbiana, refere-se ao potencial metabólico da comunidade microbiana no solo, que possuem potencial para realizar os processos de degradação de resíduos orgânicos e liberação de nutrientes para o solo (SILVA, 2008).

O nitrogênio da biomassa microbiana representa um componente significativo do N potencialmente, mineralizável disponível às plantas (SILVA, 2008). Existem solos que possuem baixos teores de nitrogênio. O volume de tal nutriente, será preferencialmente utilizado pelos

microrganismos na degradação da matéria orgânica, deixando-o imobilizado e indisponível para as plantas (SILVA, 2008). Tal fato ocorre por conta dos microrganismos não conseguirem se multiplicar e decompor a matéria orgânica, sem que o nitrogênio seja assimilado no protoplasma microbiano. (PAUL; CLARK, 1989; PEREZ *et al.*, 2005, apud SILVA, 2008).

Os microrganismos do solo realizam a decomposição de substâncias orgânicas com o intuito de obter energia para seu desenvolvimento (VILLATORO, 2004). Porém, com toda essa atividade ocorre a liberação de CO₂ oriunda de sua respiração. A qualidade do substrato e a amplitude da biomassa microbiana afetam diretamente a respiração microbiana (VILLATORO, 2004). O quociente metabólico (qCO₂), é definido como a taxa respiratória por unidade de biomassa microbiana, sendo um parâmetro utilizado para mensurar a eficiência de incorporação de carbono orgânico à biomassa microbiana e a intensidade da mineralização (WANG *et al.*, 2003; DILLY, MUNCH, 1998 apud VILLATORO, 2004). Sendo assim, quanto mais eficaz e efetiva for a biomassa microbiana do solo na utilização de carbono, menor quantidade de CO₂ é perdida pela respiração, incorporando mais C orgânico. (GAMMA RODRIGUES, DE-POLLI, 2000, apud VILLATORO, 2004).

Outro padrão para determinar o efeito do manejo empregado a um local é a atividade enzimática do solo (BALOTA *et al.*, 2013). Essa possui variações de acordo com o manejo empregado, refletindo o bom ou mal manejo do local. Como já esperado em locais com manejo convencional ocorre uma redução brusca na sua atividade, quando comparado ao sistema conservacionista (SANTOS *et al.*, 2019).

O plantio direto apresenta diversos benefícios às inter-relações biológicas do solo. Entre as melhorias, pode-se notar o incremento a atividade enzimática, como da urease e da fosfatase, caracterizando-as como importantes indicadores e qualidade do solo. (CARNEIRO *et al.*, 2013; MELO, 2017 apud SANTOS *et al.*, 2019).

Ao longo dos anos, novas tecnologias de análises são desenvolvidas pelos pesquisadores para avaliar a saúde do solo (MENDES, *et al.*, 2018). Empresas de segmento público, como a Embrapa vêm se destacando em tal segmento. Recentemente, A empresa lançou a tecnologia BioAS (Bioanálises de solo) (MENDES, *et al.*, 2018). Essa tecnologia vem com proposta de complementar à lacuna que estava faltando no setor agrícola, mais especificamente, de agregar o componente biológico às análises de solo rotineiras. A BioAS possui como foco principal, a análise das principais enzimas presentes no solo, sendo essas arilsulfatase, fosfatase ácida e beta-glicosidase, que são associados aos ciclos do enxofre, do fósforo e do carbono. Por possuírem ligação, direta ou indiretamente, com a potencialidade produtiva de um solo e a sustentabilidade do mesmo, essas servem como bioindicadores, auxiliando na avaliação da saúde do solo (MENDES, *et al.*, 2018).

Há um déficit de estudos voltados à qualidade do solo para a região de Curitiba-SC.

Apesar de ser uma região com agricultura desenvolvida e diversificada, ainda não se tem padrões comparativos para detectar possíveis perdas de matéria orgânica, devido às práticas culturais executadas nas propriedades. Neste sentido, o estudo da biomassa microbiana nos solos da região pode auxiliar no entendimento da dinâmica dos solos da região.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a atividade microbiana do solo sob dois sistemas de plantio de soja na região de Curitiba

1.1.2 Objetivos Específicos

Testar a eficiência de parâmetros para a análise da atividade microbiana.

1.2 JUSTIFICATIVA

A agricultura obteve um grande avanço ao longo dos dez mil anos em que se estabeleceu, trazendo novas técnicas de cultivo e diferentes tipos de manejo, para que fosse possível cultivar em diferentes locais, obtendo resultados satisfatórios. Com o passar do tempo, notou-se a importância de utilizar os recursos naturais de forma consciente, pois são recursos finitos e podem, em algum momento, entrar em colapso.

Um recurso crucial para a agricultura é o solo. Apresenta grande importância para o sustento de muitas famílias, sendo uma ferramenta de trabalho para os agricultores, que necessita de cuidados periódicos para manter seus padrões de funcionalidade aceitável. O manejo empregado em cada área irá refletir, diretamente, na qualidade do solo.

As práticas conservacionistas estão ganhando cada vez mais espaço dentro do setor agropecuário, pois, nos dias atuais, preza-se por produzir, cada vez mais, com o mínimo de impacto para o sistema.

Ainda existem sistemas de plantio em que ocorrem perdas da biodiversidade do solo, sendo necessário implantar estudos que avaliem o grau de prejuízo causando aos organismos ali presentes. A deficiência de estudos voltados a qualidade do solo é evidentes para região de Curitiba, sendo necessário aferir a efetividade dos sistemas adotados, buscando estabelecer novos parâmetros para a adoção de práticas conservacionista para o local. Levando em consideração as características da região, essas proporcionam um acúmulo de matéria orgânica significativo, comparado com outras regiões do Brasil que está em torno de 5%. Isso é possível, pois a região apresenta temperaturas baixas e uma alta precipitação, fazendo um controle natural dos estoques de matéria orgânica, proporcionando uma desaceleração na atividade dos microrganismos, proporcionando menores perdas de carbono. Diante a necessidade de

informações concretas, percebe-se a necessidade de gerar dados que instiguem o debate sobre o uso adequado do solo, e estimulem o uso de práticas conservacionistas.

2.1 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A matéria orgânica do solo possui grande importância para os sistemas produtivos, atuando diretamente no comportamento dos solos, podendo modificar aspectos físicos, químicos e biológicos (NASCIMENTO *et al.*, 2010). Sua proporção está aliada com uma série de fatores como pH, aeração, temperatura e disponibilidade de água e nutrientes, sendo, também, de grande importância, o manejo empregado no local (NASCIMENTO *et al.*, 2010).

A matéria orgânica é constituída basicamente por restos vegetais, restos animais e microrganismos (LEITE, 2004). Portanto, pode-se dizer que essa é a parte que já foi ou é viva (LEITE, 2004). Em sua constituição, há diversos componentes que irão ajudar na nutrição dos solos. Entre esses componentes estão esterco de animais, restos culturais, folhas, cascas de árvores, raízes de plantas que são responsáveis pela formação da matéria orgânica, inclusive, em profundidades maiores (LEITE, 2004). Há, também, os animais do solo, como os besouros, minhocas, cupins, e os microrganismos (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2006). Com a decomposição desses materiais ocorrerá a ciclagem natural, fazendo com que os nutrientes retirados pelas plantas sejam repostos para manter o equilíbrio e o desenvolvimento das próximas plantas (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2018).

Nos dias atuais, está interligado com a produção, o uso da mecanização para o preparo das áreas agrícolas. Isso facilita as atividades desempenhadas pelos agricultores, dando a oportunidade de trabalhar em áreas mais extensas. Porém, devem ser tomadas as devidas medidas preventivas para que não afete o sistema solo-microrganismo, pois apresentará resultados diretos nas plantas (DADALTO *et al.*, 2015).

O sistema de preparo do solo influencia diretamente as características físicas, químicas e biológicas do solo (LISBOA *et al.*, 2012, apud; DADALTO *et al.*, 2015). O manejo adotado e a cultura a ser implantada proporcionam um ambiente diferenciado para o sistema biológico encontrado (LISBOA *et al.*, 2012, apud; DADALTO *et al.*, 2015).

Áreas onde são adotadas práticas pouco conservacionistas, sem manutenção da palhada, com revolvimento do solo e intenso uso de máquinas tendem a antecipar a oxidação da matéria orgânica do solo (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Tal fato ocorre por conta do maior acesso dos microrganismos heterotróficos ao material orgânico exposto, visto que, no princípio se apresentavam envolvidos pelos agregados do solo. A exposição do material provocará a perda de matéria orgânica do solo, e também comprometerá a saúde do solo, visto que, as condições para manutenção sustentável são comprometidas (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

A matéria orgânica sofre a influência de alguns fatores, para sua formação e até mesmo após. Esses fatores serão determinantes para adequação dos níveis de fertilidade local através da matéria orgânica (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Entre os principais fatores tem-se a

composição do material que será decomposto para formar a MOS, podendo ser de origem animal ou vegetal, que irá definir o grau de fertilidade do solo. Aliado ao material de origem tem a quantidade do mesmo presente em um local, quanto maior for a proporção, maior será a atividade biológica e dos microrganismos (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

Outro fator que se pode citar é a relação C/N, que está ligada a velocidade de decomposição sofrida pelo material de origem (SILVA, 2005). Há também, a temperatura que irá ditar a velocidade em que os processos irão ocorrer, sendo 30 a 35°C são ideais para promover a ciclagem dos nutrientes. Solos bem aerados tendem a apresentar decomposição do material orgânico mais eficiente, já solos com umidade elevada tendem a apresentar menor mineralização, por conta dos níveis de oxigênio serem menores (SILVA, 2005).

Os estoques de carbono no solo são compreendidos pelas frações fortemente associadas aos minerais, até as frações mais lábeis, com pouca associação a fração mineral ou até mesmo sem associação nenhuma (ALMEIDA; SANCHES, 2013). Como os resíduos vegetais existentes entre e dentro de agregados do solo (ROSCOE; MACHADO, 2002, apud ALMEIDA; SANCHES, 2013). Existe uma série de fatores que controlam os níveis de carbono no solo, como o clima, estrutura e textura do solo, as formas de uso e manejo dos solos. Apresentam grande relevância, principalmente, quando se transforma uma área nativa em área agrícola (SCHLESINGER, 2000, apud ALMEIDA; SANCHES, 2013).

O maior componente da matéria orgânica do solo é o carbono orgânico. As variações nas suas quantidades são utilizadas para a avaliação da qualidade do solo devido sua influência sobre as propriedades condicionantes de fertilidade (RESCK *et al.*, 2008, apud; SATO, 2013).

2.2 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO

A biomassa microbiana possui grande importância para os sistemas agrícolas, pois é através da observação de seus mecanismos que se pode indicar a qualidade do solo que é reflexo direto das práticas empregadas (RODRIGUES; RODRIGUES, 2008). Em níveis médios, a biomassa microbiana representa de 2 a 5% do C orgânico do solo (JENKINSON; LADD, 1981 apud; RODRIGUES; RODRIGUES, 2008) e de 1 a 5% do N total do solo (SMITH; PAUL, 1990 apud RODRIGUES; RODRIGUES, 2008). Nesse sentido, essa funciona como um compartimento para os ciclos do C, do N, do P e do S no solo e também pode atuar como armazenador desses nutrientes ou como catalisador na decomposição da matéria orgânica. Sendo assim, fatores ambientais, qualidade e quantidade dos resíduos vegetais podem influenciar na atividade da biomassa microbiana (SOUZA *et al.*, 2010).

Os nutrientes são encontrados na forma orgânica na serapilheira, em que, no processo de mineralização são disponibilizados para as plantas, por meio da ação dos microrganismos do solo, convertendo os nutrientes da forma orgânica para inorgânica (REIS JUNIOR; MENDES,

2007). Porém, os microrganismos também possuem necessidades fisiológicas, em que parte dos nutrientes liberados durante a decomposição podem ser imobilizados pela própria biomassa microbiana (SAGGAR *et al.*, 1982; WARING; SCHLESINGER, 1985, apud; REIS JUNIOR; MENDES, 2007).

A matéria orgânica e a biomassa microbiana possuem relações íntimas, pois alterações na matéria orgânica podem ser detectadas, com antecedência, analisando-se a biomassa microbiana (REIS JUNIOR; MENDES, 2007). Sendo assim, a avaliação da biomassa microbiana tem sido proposta como um fator do estado e das alterações da matéria orgânica (TÓTOLA; CHAER, 2002, apud REIS JUNIOR; MENDES, 2007).

2.3 PARÂMETROS PARA A ANÁLISE DA ATIVIDADE MICROBIANA

A metodologia utilizada para estimar a quantidade de biomassa microbiana do solo, normalmente é baseada nos teores de carbono presentes no local, pois está presente em maiores proporções nas células microbianas (NICODEMO, 2009). Segundo Barreto *et al.* (2008), a relação entre o carbono orgânico do solo e o carbono da biomassa microbiana do solo remete a qualidade da matéria orgânica do solo e conseqüentemente, da efetividade que essa possui em transformar carbono do solo em carbono microbiano. O carbono da biomassa microbiana (CBM) está intimamente ligado aos níveis de matéria orgânica, sendo assim qualquer alteração que ocorra, mesmo a menor que seja, irá refletir nos níveis de CBM, tornando-o um ótimo indicador de saúde do solo (NUNES *et al.*, 2009).

Entre as funcionalidades da biomassa microbiana do solo, pode-se citar que essa se destaca como uma importante fonte de nutrientes para as plantas (FERREIRA, 2017). As perdas de nitrogênio para o sistema estão interligadas ao tamanho da biomassa disponível para o nitrogênio, ou seja, quanto maior for esse espaço, menores perdas ocorreram (FERREIRA, 2017).

O nitrogênio contido na biomassa microbiana representa uma parcela ativa da matéria orgânica do solo, apresentando relações diretas com os processos de mineralização e imobilização (MAIA *et al.*, 2008, apud BATISTA, 2016).

O processo de mineralização ocorre da seguinte forma, os nutrientes encontrados, estão disponibilizados na forma orgânica no solo. Para que sejam absorvidos pela planta, é necessário que esses nutrientes se encontrem na forma inorgânica, sendo assim, os microrganismos irão incorporar ao seu metabolismo, fazendo o processo de retirada da ligação de carbono deixando somente a parte inorgânica para as plantas. Já o processo de imobilização ocorre de forma a suprir as necessidades nutricionais dos microrganismos. Partes dos nutrientes decorrentes do processo de decomposição podem ser imobilizados (SAGGAR *et al.*, 1982; WARING; SCHLESINGER, 1985 apud REIS JUNIOR; MENDES, 2007).

Outro parâmetro que é utilizado para realizar a avaliação da qualidade do solo, através da quantificação da atividade microbiana, é por intermédio da respiração basal do solo. Nesse processo, é possível mesurar o CO₂ liberado, oriundo da atividade metabólica dos microrganismos, em que ocorre a oxidação da matéria orgânica, com o auxílio do oxigênio (MEIRELES *et al.*, 2019). A aferição do CO₂ emitido pelos microrganismos pode ser associado à velocidade de degradação da matéria orgânica ou de substrato aplicado ao solo (SILVA *et al.*, 2017).

A atividade enzimática desempenhada no solo é de grande importância, pois é responsável por auxiliar nos processos de ciclagem e nutrientes (NAVROSKI, 2016). Quando seu funcionamento está comprometido, os processos bioquímicos não ocorrem adequadamente, fazendo com que os ciclos biológicos fiquem comprometidos (NAVROSKI, 2016). Os organismos que degradam a matéria orgânica irão determinar a atividade enzimática exercida no solo, pois o carbono orgânico, nitrogênio e fósforo da matéria orgânica são mineralizados pelas enzimas extracelulares (WARING *et al.*, 2014, apud SILVA, 2017).

Existem alguns fatores que afetam a atividade enzimática do solo, entre eles, está a disponibilidade e composição de carbono, pH, temperatura, umidade, textura e mineralogia (SILVA, 2017). Outro ponto que influencia a atividade enzimática é a sazonalidade, visto que as alterações climáticas modificam a estrutura dos microrganismos do solo (SILVA, 2017).

A atividade dos microrganismos do solo pode ser monitorada com o auxílio da atividade de algumas enzimas específicas, como beta-glicosidade, arilsulfatase e fosfatases (SILVA, 2017; MENDES, *et al.*, 2018). Além de auxiliar na contabilização dos microrganismos, essas podem indicar a ocorrência do processo de mineralização em um substrato específico, estabelecendo parâmetros em relação ao sistema solo-planta (SILVA, 2017; MENDES, *et al.*, 2018).

Nos solos, a enzima com maior ocorrência é a beta-glicosidase (LOPES, 2012). Tal enzima possui como principal função, auxiliar na hidrólise de celobiose, agindo na etapa final de degradação da celulose, tendo como produto a glicose, que irá ser incorporada no metabolismo microbiano para fornecer energia (MAKOI; NDAKIDEMI, 2008, apud LOPES, 2012).

A enzima arilsulfatase é responsável por hidrolisar ésteres de sulfato orgânico e desempenha um importante papel, promovendo a ciclagem do enxofre, e posteriormente liberando o SO₄⁻, disponibilizando para as plantas (SILVA, 2014).. Essa enzima também pode ser associada à presença de fungos no solo, visto que bactérias não apresentam éster de sulfato em sua composição (SILVA, 2014).

As enzimas fosfatases desempenham um papel muito importante no ciclo do fósforo nos solos, podendo ser correlacionada à deficiência de fósforo e ao crescimento das plantas (BALOTA *et al.*, 2013; MELO, 2017). As fosfatases são incumbidas de hidrolisar o fósforo

orgânico, fazendo com que esse seja transformado em diferentes formas inorgânicas, sendo essas utilizadas pelas plantas (AMADOR *et al.*, 1997; BAKER *et al.*, 2011, apud SANTOS *et al.*, 2019). A sintetização da enzima ocorre em determinadas situações, mais especificamente, ocorre quando se tem condições de baixa disponibilidade de fósforo inorgânico no solo (ALLISON *et al.*, 2011; MILANESI, 2015, apud SANTOS *et al.*, 2019). Sendo assim, nota-se que ocorre uma liberação maior das fosfatases, visando o incremento na mineralização e remobilização do fosfato (LISBOA *et al.*, 2012; BALOTA *et al.*, 2013). Em contrapartida, quando ocorre a situação contrária, ou seja, quando há alta disponibilidade de fósforo no solo, percebe-se a redução da atividade da enzima fosfatase (YE *et al.*, 2017; LAROCA *et al.*, 2018, apud SANTOS *et al.*, 2019). Há duas classificações de fosfatases, sendo essas classificadas como ácidas ou alcalinas, e se referem a faixa ótima de pH para sua atuação (SANTOS *et al.*, 2019).

A enzima fosfatase ácida tem a tendência de ser mais utilizada em estudos e pesquisas, pelo fato que os solos presentes em nosso ecossistema, em um contexto geral, não apresentam faixas de pH elevadas (BALOTA *et al.*, 2013). Nesse sentido, os solos utilizados para a agricultura apresentam tendências de ter faixas de pH baixo se caracterizando como solo ácidos, dando ênfase a utilização da fosfatase ácida, ao invés da alcalina (BALOTA *et al.*, 2013).

2.4 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Os diferentes sistemas de cultivo possuem grande significância nos teores de matéria orgânica (MO) do solo, podendo gerar perdas que causam impactos diretos na comunidade de microrganismos do solo, pois a MO é a principal fonte de nutrientes para o desenvolvimento dos microrganismos (CUNHA, MENDES, GIONGO, 2018).

Um dos sistemas ainda em uso é o plantio convencional. Esse método consiste no preparo da área promovendo o revolvimento do solo, causando o rompimento dos agregados e gerando maior contato entre os resíduos vegetais e o solo. O manejo convencional pode causar a degradação do solo, pois irá estimular a microbiota a consumir a matéria orgânica (LISBOA *et al.*, 2012, apud; DADALTO *et al.*, 2015).

Em contrapartida, há os sistemas classificados como conservacionistas, como o plantio direto, que vêm ganhando adeptos há algum tempo pelos benefícios trazidos ao solo (TEIXEIRA *et al.*, 2018). É uma prática em que os danos são minimizados. Nesse sistema, o revolvimento do solo é mitigado, mantendo-se sempre a cobertura vegetal, reduzindo impactos como a erosão hídrica (PALMEIRA *et al.*, 1999, apud; TEIXEIRA *et al.*, 2018).

Os diferentes tipos de utilização do solo podem acarretar em variações nos estoques de carbono orgânico. Essas variações são reflexo do manejo adotado, que muitas vezes é ineficaz,

provocando um decréscimo nos estoques de carbono orgânico (CARDOSO et al., 2013).

2.4.1 Sistema convencional

O sistema convencional de cultivo consiste em promover o revolvimento das camadas superficiais do solo com objetivo de reduzir a compactação, incorporar corretivos e fertilizantes (SILVA, 2011). Aumentando os espaços porosos, que, em consequência, aumentará a permeabilidade e o armazenamento de água, promovendo, condições para a semeadura e emergência da cultura. (SANTIAGO; ROSSETTO, 2007, apud SILVA, 2011).

O preparo convencional do solo pode ser realizado tanto com tração animal, quanto com tração mecânica. Geralmente, o revolvimento é feito com uma aração, seguida de uma gradagem em que a primeira tem a função de cortar e elevar o solo e a outra, a função de separá-lo em proporções menores. Entretanto, tal prática pode acarretar sérios problemas com o passar dos anos (GABRIEL FILHO *et al.*, 2000, apud SILVA, 2011). O revolvimento do solo pode promover alteração da agregação, fazendo com que as argilas fiquem dispersas, auxiliando o seu deslocamento pela ação da chuva e do vento, causando erosão (WÜRSCHÉ; DENARDIN, 1980). A incorporação dos restos vegetais, deixa o solo descoberto e propenso à erosão. Também promove a atividade dos microrganismos, ocasionando perda de carbono na forma de CO₂ e aumento da evaporação da água armazenada no solo (BENATTI JÚNIOR et al., 1983).

2.4.2 Sistema de conservação do solo: plantio direto

O uso intensivo da mecanização, agrotóxicos, corretivos e adubos químicos solúveis, juntamente com o monocultivo, trouxeram inúmeros prejuízos aos sistemas de cultivo brasileiros, conduzindo as lavouras a uma intensa degradação, apresentando processos erosivos agudos (FREITAS, 2005)

O sistema de plantio direto, baseia-se na ausência de revolvimento do solo, na rotação de culturas e na cobertura permanente do solo (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998). Esse sistema traz inúmeros benefícios à agricultura, sendo fundamental para evitar eventuais problemas como a erosão, a compactação do solo, a perda de umidade, e o crescimento de plantas daninhas (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998).

O sistema de plantio direto vem ganhando espaço no Brasil desde 1970, quando se começou a se realizar pesquisas para mitigar os impactos causados pela agricultura extensiva. Essas pesquisas estavam concentradas no sul do país, mais especificamente no Rio Grande do Sul e Paraná (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998). Porém, a adoção desse sistema possuía algumas limitações como, a disponibilidade e arquitetura das máquinas, para que fosse possível minimizar os impactos causados por essas, além da necessidade de herbicidas que atendessem

a demanda (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998).

O primeiro produtor a adotar o sistema de plantio direto foi Herbert Bartz, no Estado do Paraná em Rolândia, no ano de 1972. Para conseguir realizar o plantio em sua propriedade, o produtor teve que buscar recurso em outro país, sendo ele os Estados Unidos, de onde importou os equipamentos e começou utilizá-los experimentalmente (FIDELIS et al., 2003, apud FERNANDES; TEJO; ARUDA, 2019).

No ano seguinte foram conduzidos diversos trabalhos na região de Ponta Grossa, no estado do Paraná, onde foram testados distintos métodos de preparo do solo, e também foi testado o cultivo sem a prática de revolvimento do solo (FERNANDES; TEJO; ARUDA, 2019).

Após a divulgação dos resultados dos testes realizados, o plantio direto chamou a atenção dos outros produtores que perceberam que tal sistema possuía potencial para ganhar notoriedade e expressividade dentro dos sistemas de produção. O clube da minhoca, assim chamado pelos fundadores, tinha como premissas principais a expansão do sistema de plantio direto para todo o território nacional e países vizinhos (MOTTER; ALMEIDA, 2015). Com a adoção da nova tecnologia surgiram novos problemas. Como era uma tecnologia desconhecida e que estava passando por testes, problemas como controle de plantas daninhas e de pragas e doenças foram relatados pelos produtores. Esses problemas foram sendo solucionados ao longo do tempo, em que houve maior incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias, findando os pontos negativos do sistema (MOTTER; ALMEIDA, 2015).

O sistema de plantio direto vem galgando seu espaço ao longo das décadas, sendo uma prática que norteou e ainda norteia diversas pesquisas sobre sua influência aos atributos do solo (PASSOS; ALVARENGA; SANTOS, 2018). Sua notoriedade é tão expressiva que de acordo com a FEBRAPDP (2020), a Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação, o sistema de plantio direto ocupa aproximadamente 35 milhões de hectares das áreas cultivadas, correspondendo a 90% das áreas de plantio de grãos no país.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina que está situada no interior do município de Curitibanos-SC, no Planalto Catarinense, cujas coordenadas são 27° 16' 3" S e 50° 50' 16" O e altitude de aproximadamente 1000 metros.

3.1 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS E VEGETAÇÃO DE CURITIBANOS

O município de Curitibanos possui condições climáticas bem específicas. O inverno é caracterizado por geadas, ventos fortes e temperaturas baixas, causando limitações no desenvolvimento de algumas espécies de plantas. O verão apresenta clima ameno com temperaturas de 25°C não atingindo extremos. Segundo a Secretaria do Estado de Desenvolvimento Regional (2003), a temperatura média anual está em torno de 16-17 °C, com precipitação média anual de 1500-1700 mm. A umidade relativa do ar média está em torno de 80-82%, de acordo com a classificação de Koeppen, o tipo climático do município é Cfb-Temperado (mesotérmico úmido e verão ameno).

O solo é classificado como Cambissolo Háplico de textura argilosa, apresentando uma topografia suavemente declivosa e boa drenagem (EMBRAPA, 2006).

O município de Curitibanos possui uma alta diversidade em espécies de plantas, em razão da vegetação local, mata de Araucária que se destaca e que compõem o bioma Mata Atlântica (IBGE, 1992, apud GRANEMANN, 2012)

3.2.3 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Foram adotados três tipos de manejo ou uso do solo, sendo esses o plantio direto, o plantio convencional e a mata nativa, como padrão. O plantio direto foi caracterizado pela realização da semeadura sem promover o revolvimento do solo, preservando suas características estruturais, em que foi feita a semeadura da soja em sucessão a aveia. como cobertura de solo no inverno, amenizando os impactos causados pelas ações ambientais e antrópicas.

Para conduzir o plantio convencional foi realizado o revolvimento do solo, para tal operação foi utilizado um escarificador, que foi conduzido por toda área seguido de uma gradagem leve, assim preparando o local para receber a semeadura. A semeadura foi realizada com o auxílio de uma semeadora de fluxo contínuo, sendo a mesma utilizada no sistema de plantio direto.

Em ambos os sistemas de manejo adotados, foram conduzidos com a mesma cultura, sendo a soja em sucessão da aveia preta. A cultivar de soja utilizada foi da Brasmax (Brasmax Lança

IPRO (58i60 RSF IPRO)), e a adubação foi calculada de acordo com a análise do solo (Anexo A) do local.

A mata nativa foi utilizada como padrão, pois nesse ambiente os ciclos biológicos não são corrompidos. Foi utilizada a mata nativa que se encontrava próxima ao experimento. Essa apresentava características de ser uma floresta secundária, e com mediana antropização, visto que sua vegetação não era totalmente fechada, possibilitando a passagem por essa. O local também apresentava alguns caminhos e até mesmo alguns objetos, enfatizando a interação do homem no local. Apesar de sofrer influência dos fatores externos, a ciclagem de nutrientes no local, aparentemente, estava preservada.

3.5 COLETA E PARÂMETROS ANALISADOS

3.5.1 Coleta das amostras e delineamento experimental

Foram coletadas as amostras em quatro diferentes épocas do ciclo da cultura da soja que foi implantada no dia 21/11/2018. A primeira coleta foi realizada após da semeadura da cultura, no dia 21/11/2018 (0 DAS – Dias Após a Semeadura). A segunda coleta foi realizada 15 dias após a semeadura (15DAS - Dias Após a Semeadura), no dia 05/12/2018 e a terceira coleta foi realizada 74 dias após o a semeadura (74 DAS - Dias Após a Semeadura), no dia 31/02/2019. Por fim, a quarta coleta foi realizada 128 dias após a semeadura (128 DAS - Dias Após a Semeadura), no dia 29/03/2019, ao final do ciclo da cultura.

O delineamento empregado para realizar as coletas de solo foi proposto por Alves *et al.* (2011), em que consideraram cada sistema como um tratamento. Para o delineamento experimental foi utilizado blocos casualizados em esquema fatorial, sendo quatro épocas de avaliação e três manejos distintos. As áreas foram divididas conforme o delineamento experimental proposto, cada uma apresentava uma demarcação, representando o ponto de coleta. Esse ponto compreendia uma área de aproximadamente 1m². De cada uma foram retiradas cinco sub-amostras simples na profundidade de 0 - 10 cm. A partir dessas sub-amostras foi retirada uma amostra composta com aproximadamente 300g de solo.

Após realizada a coleta do material, houve o processamento das amostras no laboratório de química, iniciando a limpeza do solo para retirada de impurezas presentes. Em seguida, foi verificada a umidade das amostras pela metodologia gravimétrica descrita por Silva, Azevedo e De-Polli (2007). A verificação da umidade do solo é importante para os demais procedimentos, pois é desejável que a capacidade de campo esteja o mais próximo de 70%.

3.5.2 Determinação do Carbono da biomassa microbiana do solo (C- BMS)

A extração do carbono foi realizada pelo método de fumigação-extração proposto por Vance *et al.* (1987) apud Silva; Azevedo; De-polli, (2007) a.

Cada amostra de solo foi fracionada em seis sub-amostras de 20g cada, acondicionadas em frascos com capacidade de 100mL com tampas. Foram destinadas três sub-amostras ao processo de fumigação, seguido de extração (FE), e outras três, para o processo sem fumigação, havendo triplicatas para cada processo.

Os frascos referentes ao processo de fumigação (F) receberam um mL de CHCl_3 (clorofórmio isento de etanol), sendo devidamente tampados e armazenados em local isento de luminosidade por 24 horas e com temperatura em torno de 25 a 28°C. No dia seguinte, foram retiradas as tampas em capela para a exaustão do clorofórmio.

Os frascos que não foram submetidos à fumigação foram mantidos à temperatura ambiente, até início do processo de determinação do C.

Encerrado o período de fumigação, tanto as amostras fumigadas (F), quanto as não fumigadas (NF), receberam 50 mL de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (Sulfato de potássio) a 0,5 mol/L, com pH ajustado na faixa de 6,5 a 6,8. Posteriormente, as amostras foram submetidas a agitação horizontal por 30 minutos a 220 rpm. Após a decantação por, aproximadamente, 30 minutos, procedeu-se à filtragem lenta em filtro de papel, para a determinação de C ou armazenamento a 4 °C por, no máximo 10 dias.

O carbono das amostras F e NF foi determinado por dicromatometria, a partir da retirada de uma alíquota de 8 mL da amostra, adicionando 2 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (dicromato de potássio) a 0,066 mol L⁻¹, 10 mL de H_2SO_4 (ácido sulfúrico) concentrado e 5 mL de H_3PO_4 (ácido fosfórico) concentrado. A mistura foi aquecida por 5 minutos, usando-se refluxo em dedo de água. Após o seu resfriamento foi adicionado 70 mL de água destilada e quatro gotas de difenilamina. Após, procedeu-se à titulação com $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (sulfato ferroso de amônio hexahidratado) 0,033 mol L⁻¹, ao final da titulação a coloração passa de púrpura para o verde.

O carbono extraído, nas amostras F e NF, será calculado pela fórmula:

$$C \text{ (mg C kg}^{-1} \text{ Solo)} = [(vb - va) \cdot M \cdot 0,003 \cdot V1 \cdot 10^6] / Ps \cdot V2$$

Onde: C = carbono extraído do solo; vb (mL) = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da solução controle (branco); va (mL) = volume gasto na titulação da amostra; M = molaridade exata do sulfato ferroso amoniacal; V1 = volume do extrator $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$; V2 = alíquota pipetada do extrato para a titulação; 0,003 = miliequivalente do carbono; Ps (g) = massa de solo seco.

O cálculo do C- BMS é dado pela fórmula:

$$C\text{- BMS (mg} \cdot \text{Kg}^{-1}) = FC / kc$$

Onde: BMS = biomassa de carbono microbiano do solo em mg de C por Kg de terra; FC

= diferença entre a quantidade de C (mg. Kg⁻¹) da amostra fumigada para a amostra não fumigada; Kc = fator de correção, no valor de 0,33, descrito por Tate et al. (1988 apud SILVA; AZEVEDO; DE- POLLI, 2007).

3.5.3 Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS)

Para a extração do N da biomassa do solo, foi utilizado o procedimento de fumigação extração. Foram utilizados os mesmos extratos obtidos da fumigação-extração realizada para a determinação do C da BMS, conforme descrito por Silva, Azevedo e De-polli, (2007)b.

Para a determinação do N se utilizaram 10 a 20 mL do extrato, acrescidos de 2 g da mistura catalisadora (500,00g de sulfato de potássio + 1,500g de selênio + 25,000 g de sulfato cúprico, homogeneizados) e 5 mL de ácido sulfúrico. Realizou-se a digestão por 2 h em bloco digestor à temperatura controlada de 350°C. Em seguida, procedeu-se a destilação por arraste a vapor e à neutralização por volumetria ácido base, empregando ácido sulfúrico 0,005 M.

O N BMS é dado pelas seguintes equações:

$$N \text{ (mg N kg}^{-1} \text{ solo)} = ((va - vb) \cdot (MAC \cdot 2) \cdot 0,014 \cdot V1 \cdot 106) / (V2 \cdot PS)$$

Onde: N = nitrogênio extraído do solo; va (mL) = volume de ácido sulfúrico gasto na titulação da amostra; vb (mL) volume de ácido sulfúrico gasto na titulação da solução padrão (branco); MAC = molaridade exata do ácido sulfúrico, dado por:

$$MAC = [MTHAM \cdot VTHAM) \cdot 0,5] / VAC$$

Onde: MTHAM = molaridade da solução Tris hidroxí amino metano (THAM); VTHAM = volume de alíquota de Tris hidroxí amino metano (THAM) utilizado na titulação; 0,5 - razão estequiométrica; VAC = volume de ácido sulfúrico gasto na titulação.

O N da BMS é dado por:

$$N\text{-BMS (mg N kg}^{-1} \text{ solo)} = FN \cdot KN^{-1}$$

Onde : N - BMS = nitrogênio da biomassa microbiana do solo; FN = diferença entre a quantidade de N (mg . Kg⁻¹) da amostra fumigada para a amostra não fumigada; KN = fator de correção, no valor de 0,54 sugerido por Brookes et al. (1985) apud Silva; Azevedo; De-polli, (2007).

3.5.4 Determinação da Respiração da Biomassa Microbiana do solo

A determinação da respiração BMS será determinada pelo método de respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂), descritos originalmente por Jenkinson e Powelson (1976) apud Silva; Azevedo; De-polli, (2007).

Foram utilizados os mesmos métodos de peneiramento das amostras e verificação da

umidade do solo, descritos para os métodos de determinação de C e N. As amostras foram analisadas em triplicatas. Cada amostra de solo coletada foi dividida em três subamostras de 50g cada, caracterizando as triplicatas, e acondicionada em frascos de vidro de 100 mL.

Cada sub-amostra foi acompanhada de um frasco com 10 mL de NaOH 1 M, ambos acondicionados em frasco de vidro de 2 L, para que evitar entrada ou fuga de CO₂. Um frasco de NaOH 1M foi acondicionado em recipiente de vidro de 2 L separadamente, como a prova branca ou padrão. O período de incubação foi de sete dias em local isento de luminosidade e com temperatura em torno de 26° C.

Após a incubação, os frascos contendo NaOH foram acrescidos de 2 mL de BaCl₂ 10% (m/v) induzindo a completa precipitação do CO₂. Em seguida, cada amostra foi titulada, adicionando se duas gotas de fenolftaleína 1 % (m/v), com solução de 0,5 M de ácido clorídrico.

Para aferir a molaridade foi adicionado 50 mL de Tris hidroxí amino metano (THAM) e 10 mL de ácido bórico em um erlenmeyer, e sob agitação magnética titular ácido clorídrico.

O cálculo da molaridade exata do HCl é dado pela equação:

$$MAC = (MTHAM \cdot VTHAM) / VAC$$

Onde: MAC = molaridade do ácido clorídrico a ser determinada; MTHAM = molaridade da solução THAM e VTHAM = volume de THAM utilizado na titulação; VAC = volume do ácido clorídrico gasto na titulação.

O cálculo da Respiração Basal do Solo é dado pela equação:

$$RBS(\text{mg de C-CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ solo hora}^{-1}) = \{[(vb - va) \cdot M \cdot 1000] / PS\} / T$$

Onde: RBS = carbono oriundo da respiração basal do solo; vb (mL) = volume do ácido clorídrico gasto na titulação da solução controle branco; va (mL) = volume gasto na titulação da amostra; M = molaridade exata do HCl; Ps (g) = massa de solo seco e T = tempo de incubação da amostra em horas.

O cálculo qCO₂ é dado pela seguinte equação:

$$q\text{CO}_2 (\text{mg C} - \text{CO}_2 \cdot \text{g BMS}^{-1} - \text{C} \cdot \text{h}^{-1}) = RBS / \text{BMS-C}$$

Onde: qCO₂ = Quociente metabólico do solo; RBS = respiração basal do solo; BMS-C = carbono da biomassa do solo.

3.5.6 Determinação da Atividade da Enzima Fosfatase Ácida

A atividade enzimática da fosfatase no solo é baseada na determinação colorimétrica da p-nitrofenol.

Para realizar o procedimento de determinação da enzima fosfatase ácida foram peneirados

todos os solos coletados, utilizando uma peneira de 4mm e, com auxílio de uma pinça, foi retirada todas as impurezas que se encontravam nas amostras coletadas. Com a retirada das impurezas do material, as amostras foram levadas a geladeira até o momento da utilização.

Os frascos Erlenmeyer de 50 mL, depois de serem lavadas com água da torneira, foram mergulhados na solução de HCl a 10%, onde ficaram por um período de 30 minutos. Em seguida, é realizado o enxágue, por cinco vezes, com água da torneira e três vezes, com água destilada, utilizando de luvas.

Um grama de solo livre de resíduos foi acondicionado nos frascos previamente limpos. Para cada amostra de solo foram feitas três subamostras. Foram adicionados 0,2 mL de tolueno, 4ml de MUB pH 6,5 (12,1g de Tris hidroximetil aminometano + 11,6g de ácido malêico + 14,0g ácido cítrico + 6,3g ácido bórico – dissolvido em 488 mL de solução de NaOH 1 mol L⁻¹) e 1 mL de p-nitrofenol (PNF) em todas as amostras. No frasco com o branco, não houve a adição de PNF.

As amostras prontas foram incubadas em banho-maria, por 1 hora a 37°C. Com o tempo de incubação alcançado, as amostras foram retiradas e receberam 1 mL CaCl₂ 0,5M, 4 mL de NaOH 0,5M. Nessa fase, ao branco foi adicionado 1 mL de PNF. Com os reagentes adicionados as amostras foram agitadas manualmente e filtradas em papel filtro Whatman N°2. O material filtrado foi coletado em Beckeres e transferido para as cubetas de vidro. Realizou-se a leitura, da absorbância em espectrofotômetro da marca BEL-2000UV, em comprimento de onda de 410 nm, utilizado-se o branco como o zero da leitura.

O volume de p-nitrofenol foi determinado através da curva padrão de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 µg de p-nitrofenol. Para realizar a curva foi diluído cerca de um mL da solução padrão de p-nitrofenol em 100 mL de água destilada. Logo após, foram pipetadas alíquotas de 0, 1, 2, 3, 4 e 5 mL e ajustado para 5 mL com água. A atividade da enzima é produzida por hora por grama de solo (µg p-nitrofenol g⁻¹ de solo seco h⁻¹).

O cálculo da concentração da enzima fosfatase ácida é dado pela seguinte equação:

$$y=a+bx$$

Onde: y= Absorbância; x = Concentração (unidade); a= coeficiente linear; e b= coeficiente angular.

3.6 ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% utilizando-se o *software Sisvar*.

4 RESULTADOS E DICUSSÃO

4.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA

De acordo com a análise de variância realizada (tabela 1), pode-se notar que houve diferença estatística significativa para a variável em estudo, sendo esta, o Carbono da Biomassa Microbiana do Solo, apresentando diferença entre os tratamentos e as épocas de avaliação.

Tabela 1- Carbono da Biomassa Microbiana do solo (CBM) em sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.

Épocas de avaliação (DAS)	Carbono BMS (mg C.Kg de solo)		
	PD	PC	MN
0	190,72 aA	51,70 aA	879,72 bB
15	345,96 bAB	464,40 cAB	309,76 aA
75	142,32 aA	162,56 bA	272,58 aB
128	135,02 aA	103,02 abA	241,18 aB
	CV	11,35%	

DAS – Dias Após a Semeadura. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas, comparação entre épocas. Letras maiúsculas comparação entre tratamentos. Os valores da tabela foram submetidos a raiz quadrada para análise estatística. PD – Plantio Direto; PC – Plantio Convencional e MN – Mata Nativa.

Pode-se observar na tabela 1 que os valores mais elevados se encontraram na mata nativa, como o esperado, indicando que em ecossistemas preservados, a deposição de material orgânica mantém os níveis de carbono microbiano do solo (PEREZ; RAMOS; MACMANUS; 2004). Em estudo realizado por Hoffmann *et al.* (2018) em que utilizaram a mata nativa como padrão de comparação ao plantio convencional de mandioca e área com cultivo de pastagem, obtiveram resultados semelhantes, com o valores de C da mata nativa se sobressaindo aos demais. Porém, no estudo desses autores, os valores obtidos foram superiores em todas as épocas de avaliação. Muniz e Pinheiro (2018) obtiveram resultados diferentes em seu estudo, sendo avaliado dois sistemas de manejo, sendo eles o plantio direto e plantio convencional, como padrão de comparação foi utilizado a floresta secundária, os resultados obtidos na floresta foram iguais ao sistema de plantio direto e o sistema e plantio convencional. Áreas que não possuem influência antrópica tendem a apresentar resultados superiores de C da biomassa microbiana, pois as condições ambientais encontradas favorecem o desenvolvimento dos microrganismos do solo, mas variações podem ocorrer.

A média mais alta foi obtida na primeira época de avaliação pela mata nativa, 879,72 mg C kg⁻¹ de solo e a mais baixa foi obtida no plantio convencional, 51,70 mg C kg⁻¹ de solo, na mesma época, fato já esperado. Essa diferença entre valores é decorrente da forma como é conduzido o ambiente. O ambiente natural é rico em matéria orgânica oriunda dos processos de ciclagem

natural dos resíduos vegetais que proporcionam condições adequadas para que tal ambiente esteja em constante renovação de seus recursos, tornando-se autossustentável. Já em um ambiente antropizado, em que se emprega o revolvimento solo, como o sistema de plantio convencional, tendem a apresentar resultados inferiores, reflexo do manejo inadequado do local, sendo que não se prioriza a renovação dos recursos naturais, somente a exploração dos mesmos.

Em relação aos valores apresentados pelos dois sistemas de manejo, notou-se que o plantio direto possuiu algumas variações no decorrer das épocas de análise, não apresentando um comportamento constante. Na segunda e terceira época de avaliação, aos 15 DAS e 75 DAS (Tabela 1), apesar de não apresentarem diferença estatística, verificou-se que o sistema de plantio direto apresentou valor inferior ao sistema de plantio convencional, fato que dá ênfase à relação entre o revolvimento do solo, com a atividade da BMS.

Entre os dados obtidos na literatura, há inúmeros relatos de melhores condições fornecidas pelo plantio direto, proporcionando aumento na biomassa microbiana do solo (SILVA, 2008; HOFFMANN, 2018). Silva (2008) desenvolveu um estudo no estado do Paraná, em que se realizou quatro ensaios diferentes. O primeiro era sucessão trigo/soja, o segundo com oito sistemas de rotação diferentes, o terceiro era composto por dois sistemas de rotação e um de sucessão, e o quarto por dois sistemas de manejo de solo diferentes e três sistemas de rotação de culturas, que também foram analisados em duas épocas diferentes, inverno e verão. Todos os ensaios demonstraram resultados superiores para o sistema de plantio direto e sua correlação com o incremento do carbono da biomassa microbiana do solo.

Dentro do tratamento PC pode-se observar na tabela 1, o maior incremento de carbono da biomassa microbiana aos 15 DAS, apresentando um valor médio de 464,40 mg C kg⁻¹, a superioridade apresentada pode ser justificada pelo fato do revolvimento do solo fracionar a matéria orgânica. Resultados semelhantes foram encontrados por Figueiredo et al. (2007), que 30 dias após a emergência da cultura do milho, houve maior atividade da biomassa microbiana do solo em uma área em que foi promovido o revolvimento com auxílio de um escarificador. Porém, esse resultado diminuiu no decorrer das épocas de coleta. Perez, Ramos e Macmanus (2004), também apresentaram resultados semelhantes em sua pesquisa, em que avaliaram diferentes manejos do solo em diferentes épocas de desenvolvimento da cultura da soja. Os dados afirmaram que 30 dias após a germinação da cultura, a área que sofreu o manejo de subsolagem apresentou uma superioridade de 4,9 vezes aos demais manejos.

4.2 RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO

De acordo com a análise de variância realizada (tabela 2) não houve diferença estatística

significativa dentro das épocas de avaliação, somente entre os tratamentos.

Tabela 2 Carbono do CO₂ emitido da RBS em sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.

Épocas de avaliação (DAS)	Respiração Basal (mg C/g de solo)		
	PD	PC.	MN
0	2,53 aA	2,50 aA	2,56 aA
15	2,31 aA	2,62 aA	2,69 aA
75	6,30 aB	1,90 aA	2,56 aAB
128	2,31 aA	2,34 aA	2,40 aA
	CV	30,15%	

DAS – Dias Após a Semeadura. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas, comparação entre épocas. Letras maiúsculas comparação entre tratamentos. Os valores da tabela foram submetidos a raiz quadrada para análise estatística. PD – Plantio Direto; PC – Plantio Convencional e MN – Mata Nativa.

Na tabela 2, os dados refletiram a taxa de dióxido de carbono liberado durante do período de avaliação, sendo que não houve variações significativas entre as épocas de avaliação somente entre tratamentos, constatando que as perdas de carbono por dióxido de carbono foram praticamente iguais para todas as variáveis em estudo.

Ao contrário do que se esperava, o sistema de plantio convencional demonstrou resultados iguais ao sistema de plantio direto e mata nativa. Esse fato pode ser justificado pelos altos teores de matéria orgânica encontrados no local, juntamente com umidade e temperatura, que proporcionaram condições adequadas para que os processos de ciclagem de nutrientes ocorressem de forma homogênea (SANTOS; FIORELLI, MACHADO *et al.*, 2020). Outro fator pertinente que pode ser correlacionado aos valores iguais, é o fato da área em estudo, ser um local de utilização recente, não apresentando desgaste do sistema solo, sendo esse utilizado somente para dois plantios anteriores.

Diversos autores citaram em seus estudos a maior atividade respiratória da biomassa microbiana nos tratamentos com menor ação antrópica (ARAUJO; GALLO; ARAUJO, 20019; CORDEIRO; TAVARES; MUNIZ, 2019). Fialho *et al.* (2006) confirmaram essa observação em seu estudo e justificaram que a maior atividade respiratória em sistemas ambientalmente conservados, ocorreu por conta do tamanho da biomassa ali existente.

Entretanto, no presente trabalho, a atividade respiratória da biomassa microbiana foi igual para todos os tratamentos. Dadalto *et al.* (2015) também não observaram diferenças estatísticas entre os tratamentos utilizados, plantio direto, plantio convencional e cultivo mínimo. Alves *et al.* (2011 apud DADALTO, 2015) também encontraram resultados semelhantes, em que os diferentes manejos não influenciaram na taxa respiratória.

Roscoe *et al.* (2006 apud ALVES, 2011) relataram que os níveis respiratórios dos microrganismos do solo podem ser vistos de forma positiva, desde que sejam altos, pois influenciaram na decomposição dos resíduos orgânicos, promovendo ciclagem dos nutrientes e, posteriormente, a disponibilização para as plantas.

Para Isman e Domsh (1988 apud ALVES, 2011), a biomassa microbiana sofre com as condições impostas, como manejo, temperatura, disponibilidade hídrica, entre outras, podendo resultar em aspectos positivos, desde que os fatores estejam alinhados e forneçam condições adequadas que corroborem com seu rendimento. Os autores citaram também que quando a biomassa microbiana se adapta e se torna mais eficiente, as perdas de carbono por dióxido de carbono pela respiração dos microrganismos são reduzidas, fazendo com que uma fração do carbono seja incorporado à biomassa microbiana.

Apesar de se encontrarem contradições na literatura e ideia de que a biomassa se adapta a um certo ambiente e se torna mais eficiente, pode justificar os resultados obtidos na tabela 2, em que as perdas de carbono pela respiração dos microrganismos foram igualadas pelo fato da modificação ambiental ser recente.

4.3 QUOCIENTE METABÓLICO (q CO₂)

De acordo com a análise de realizada (tabela 3), pode-se notar que houve diferença estatística significativa para o Quociente Metabólico, apresentando diferença entre os tratamentos e as épocas de avaliação.

Tabela 3- Quociente Metabólico referente aos sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.

Épocas de avaliação (DAS)	Quociente Metabólico (mg C – CO ₂ . mg C-BMS ⁻¹ h ⁻¹)		
	PD	PC	MN
0	13,76 abA	48,30 cB	3,46 aC
15	6,55 aA	5,76 aA	10,30 bA
75	16,24 bA	12,18 abA	12,96 bA
128	18,75 bA	17,39 bA	11,36 bA
	CV	16,20%	

DAS – Dias Após a Semeadura. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas, comparação entre épocas. Letras maiúsculas comparação entre tratamentos. Os valores da tabela foram submetidos a raiz quadrada para análise estatística. PD – Plantio Direto; PC – Plantio Convencional e MN – Mata Nativa.

Na tabela 3, pode-se observar os valores médios para a variável quociente metabólico. Foi observado que a mata nativa possui o menor valor, e o maior valor foi apresentado pelo plantio convencional, na época de semeadura da soja (0 DAS). A mata nativa apresentou valor de 3,46

mg C-CO₂.g⁻¹ BMS-C.h⁻¹, indicando que as perdas de carbono são controladas em um sistema natural. Porém, esse valor aumentou nas outras épocas de avaliação significativamente, sugerindo que fatores abióticos ou bióticos estressaram a microbiota. Em solos mais ácidos, os microrganismos tendem a ter um gasto energético maior, pois possuem a necessidade de manter seu pH celular em torno de 6,0, aumentando os valores de qCO₂ (NICODEMO, 2009). Além da acidez do solo, fatores como mudanças de temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes tendem a alterar o valor do quociente metabólico (NICODEMO, 2009).

Já o sistema de plantio convencional apresentou valor médio de 48,30 mg C-CO₂.g⁻¹ BMS-C.h⁻¹, na primeira época de avaliação. Tal resultado já era esperado, pois a área trabalhada foi submetida a uma escarificação, que promoveu corte e incorporação da palhada no solo. A incorporação de resíduos ao solo gera instabilidade na biomassa microbiana, fazendo com que sofra um estresse e, conseqüentemente, acelere as perdas de carbono (NASCIMENTO; CARVALHO; CUNHA *et al.*, 2009).

O fato de incorporar a palhada ao solo gera muitos prejuízos ao sistema, quebrando ciclos biológicos já estabelecidos, impactando a funcionalidade dos seres macro e microscópicos. Segundo Brandão Junior (2005), os valores obtidos de quociente metabólico aumentaram após realizar o manejo de solo no local do estudo, em que foi realizada uma aração. Houve elevação inicial dos valores, mas nas avaliações subsequentes, esses voltaram a baixar, justificando a oscilação de acordo com as épocas de coleta.

Segundo Rosa *et al.* (2010), descrevem que quando há valores de quociente metabólico baixos, é indicativo que ocorre economia no gasto energético, teoricamente, refletindo em um ambiente mais estável ou atingindo seu estado de equilíbrio. Em contrapartida, quando são apresentados valores elevados, isto pode indicar que aquele ambiente em questão está passando por um período de adversidade, gerando aspectos de estresse à biomassa microbiana.

4.4 NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA

De acordo com a análise realizada (tabela 4), pode-se notar que não houve diferença estatística significativa para o nitrogênio da biomassa microbiana, apresentando diferença entre os tratamentos e as épocas de avaliação.

(Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.

Épocas de avaliação	Médias Nitrogênio (mg N Kg ⁻¹ de solo)		
	PD	PC	MN
0	98,01 aA	24,11 aA	118,81 aA
15	56,85 aA	144,48 aAB	214,04 aAB
75	179,29 aA	67,73 aA	88,74 aA
128	69,22 aA	106,09 aA	120,56 aA
	CV	32,07%	

DAS – Dias Após a Semeadura. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas, comparação entre épocas. Letras maiúsculas comparação entre tratamentos. Os valores da tabela foram submetidos a raiz quadrada para análise estatística. PD – Plantio Direto; PC – Plantio Convencional e MN – Mata Nativa.

O nitrogênio da biomassa microbiana do solo, não apresentou diferença estatística entre os tratamentos. Porém, os dados obtidos sugeriram que a mata nativa possuiu resultados superiores aos demais (tabela 4). As médias são bem distintas, apesar de não apresentarem diferenças significativa, elas variam de 24,11 a 214,04 mg kg⁻¹ de solo, sendo o menor valor obtido do sistema de plantio convencional, na época de avaliação 0 DAS, e o maior da mata nativa, na época de avaliação 15 DAS.

Os dados apresentados (Tabela 4) podem ser justificados pelas condições locais da área em estudo, visto que os dois sistemas de plantio foram conduzidos em um local que apresentava teores de matéria orgânica taxados em 49,88 g/dm³ (Anexo A). Esse fato também pode ser justificado pelo tempo de uso da área, sendo uma área pouco explorada, somente com dois cultivos anteriores. Os resultados obtidos (Tabela 4), nos dois sistemas de manejo, podem indicar que o ambiente pouco explorado agrega valores para o tamanho do compartimento do NBM, apresentando grandes dimensões, indicando que as perdas são diminutivas (SOUZA, 2005).

Brandão Junior (2005) avaliou diferentes sistemas de manejo, e diferentes rotações de cultura, e relatou que os valores entre os tratamentos não se diferiram estatisticamente. Porém, as médias superiores foram obtidas pelo sistema de plantio direto, pois as práticas culturais são minimizadas, com o intuito de melhorar a funcionalidade do sistema solo como um todo.

Já Silva (2008) demonstrou resultados diferentes para variáveis estudadas, que foram duas épocas de avaliação, inverno e verão, e quatro ensaios, em que o plantio direto se diferiu significativamente nas duas épocas de avaliação, e entre os manejos que foi promovido o revolvimento do solo. Afirmando que em sistemas que os fatores abióticos, como o revolvimento do solo, são mitigados, promovem um aumento na biomassa microbiana do solo.

Entre os estudos desenvolvidos, relacionados à atividade da biomassa microbiana do solo pode-se citar a pesquisa desenvolvida por Nascimento *et al.* (2009), que avaliaram dois sistemas de manejo sendo esses, o plantio direto e o plantio convencional, tendo como padrão a mata

nativa. Em tal estudo, os autores apresentaram dados que indicavam que o sistema de plantio direto possuía valores de NBM superior ao sistema de plantio convencional.

4.5 ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA FOSFATASE ÁCIDA

De acordo com a análise realizada (Tabela 5), pode-se notar que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos e as épocas de avaliação para a variável em estudo, sendo ela a Atividade Enzimática da Fosfatase.

Tabela 5- Atividade Enzimática da Fosfatase Ácida em sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.

Épocas de avaliação (DAS)	Atividade Enzimática da Fosfatase Ácida ($\mu\text{g p-nitrofenol. g}^{-1} \text{ solo.h}^{-1}$)		
	PD	PC	MN
0	46,37 aA	30,25 aA	33,87 aA
15	62,88 aA	63,20 aA	20,61 aA
75	41,73 aA	47,47 aA	32,49 aA
128	64,16 aAB	69,89 aAB	17,85 aA
	CV	28,54%	

DAS – Dias Após a Semeadura. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas, comparação entre épocas. Letras maiúsculas comparação entre tratamentos. Os valores da tabela foram submetidos a raiz quadrada para análise estatística. PD – Plantio Direto; PC – Plantio Convencional e MN – Mata Nativa.

A enzima fosfatase desempenha um papel importante no solo, pois é através dessa que processos como ciclagem e disponibilização de P ocorre em um ambiente natural e modificado pelo homem. A baixa disponibilidade de fósforo para as plantas e microrganismos favorece a atividade da enzima fosfatase, fazendo com que seus níveis se elevem em ambientes naturais e que apresentem baixos teores de P, com a finalidade de elevar os processos de mineralização e remobilização de fosfato (TRANNIN et al., 2007 apud SILVA, 2014; BALOTA; NOGUEIRA; MENDES *et al.*, 2013). Em ambientes em que há aplicação de pequenas doses de P exógeno, tendem a aumentar atividade enzimática, quando comparada a ambientes que se aplicam doses altas de P (BALOTA; NOGUEIRA; MENDES *et al.*, 2013).

Na tabela 5 se encontram os valores médios obtidos para a atividade da enzima fosfatase ácida. Apesar dos valores não diferirem estatisticamente, os resultados foram instigadores, visto que o tratamento com maior média foi o plantio convencional, na quarta época de avaliação, apresentando valor de 69,89 $\mu\text{g p-nitrofenol. g}^{-1} \text{ solo.h}^{-1}$. Tal resultado não corresponde com os encontrados na literatura, pois o plantio convencional é um sistema comprometido pelo revolvimento do solo e também pela aplicação de fertilizantes químicos, que elevam as

quantidades de fósforo disponível na solução do solo. Sendo assim, a atividade enzimática deveria apresentar valores inferiores aos demais tratamentos, visto que a atividade da fosfatase ácida é aumentada em ambientes que possuem déficit de fósforo inorgânico, não sendo o caso da área em estudo (VENTURA; ALMEIDA; BORTOLINI *et al.*, 2018).

O menor valor médio foi apresentado pela mata nativa, na quarta época de avaliação, sendo 17,85 $\mu\text{g p-nitrofenol. g}^{-1} \text{ solo.h}^{-1}$. Tal valor também não corresponde a literatura, pois o mesmo deveria ser superior ao sistema de plantio convencional e plantio direto. Em um estudo desenvolvido por Stieven *et al.* (2020) que avaliaram diferentes usos do sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, comparando com área de pasto e floresta nativa, mesmo utilizando tratamentos que atendem às práticas conservacionistas, a floresta nativa apresentou resultados superiores aos demais.

5 CONCLUSÃO

A BMS é responsiva a atributos como manejo, condições climáticas e ambientais, condições do solo, tempo de uso do solo, reposição de nutrientes e eficiência da ciclagem de nutrientes, quando algum desses fatores apresenta desequilíbrio, a BMS tende a sofrer alterações,

remetendo ao estresse causado. A atividade da biomassa microbiana (BMS) do solo apresentou diferença entre os sistemas de plantio convencional e plantio direto indicando que o sistema de manejo adotado afeta diretamente a dinâmica da BMS. Apesar do solo ser de uso recente, foram apresentados resultados que sugerem que a BMS é um indicador eficiente de qualidade do solo para a região de Curitiba.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. 12 p.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31: 617-625, 2007.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N. *et al.* Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, 341-347p., 2011.

ALMEIDA, R. F.; SANCHES, B. C. Disponibilidade de carbono orgânico dos solos no cerrado brasileiro. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 4, p. 259-264, 2014. Disponível em: <file:///D:/Marcos/Downloads/Disponibilidade_de_Carbono_Organico_dos_Solos_no_C.pdf>. Acesso em: 17 set. 2018.

ALVES, T. S. *et al.* Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, 2011.

AMORIM, F. F. **Agregação e estabilidade da matéria orgânica em sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2016, 80 p. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo. Porto Alegre, 2016.

ARAGÃO, D. V. *et al.* Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Revista Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 11 - 18, 2012. Disponível em: <http://orgprints.org/29029/1/Arag%C3%A3o_avaliao%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 17 set. 2018.

ARAÚJO, E. A. *et al.* Qualidade do Solo: Conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p.187-206, jan. 2012. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/270106254>>. Acesso em: 16 set. 2018.

ARAÚJO, T. D. S.; GALLO, A. D. S.; ARAÚJO, F. D. S. *et al.* (2019). Biomassa e atividade microbiana em solo cultivado com milho consorciado com leguminosas de cobertura. **Revista de Ciências Agrárias**, 42(2), 51-60.

BALOTA, E. L.; NOGUEIRA, M. A.; MENDES, I. C. *et al.* Enzimas e seu papel na qualidade do solo. **Tópicos Ciência do Solo**, v. 8, p. 221-278, 2013.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B. *et al.* **Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2018. 23p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica (INFOTECA-E))

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de Eucalipto, em sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 611-619, 2008.

BATISTA, S. G. M. **Biomassa microbiana e frações oxidáveis do carbono orgânico do solo como indicadores de sustentabilidade em caatinga submetida a manejo florestal**. 2016, 60p. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

BRANDÃO JUNIOR, O. **Atividade e diversidade da biomassa microbiana em diferentes**

sistemas de manejo do solo e de culturas no norte do estado do Paraná. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 2005, 113p. Tese de Doutorado.

BENATTI JÚNIOR, R.; FRANÇA, G. V.; MOREIRA, C. A. **Manejo convencional e reduzido em quatro tipos de solos na cultura do milho em São Paulo.** Campinas: Fundação Cargill, 1983. 68p.

CARDOSO, J. A. F. et al. Carbono orgânico nas frações humificadas da matéria orgânica de solos arenosos sob cultivo de mangueira no semiárido Brasileiro. In: Reunião Nordestina de Ciencia do Solo, 1., 2013, Areia. Disponível em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/973984/1/carbonoorganico.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo.** 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. 221p.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013. Disponível em:<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/materia%20organica.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

CUNHA, T. J.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. **Matéria orgânica.** Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137613/1/Tony-2015.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

DADALTO, J. P. et al. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 506-513, 2015. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v35n3/1809-4430-eagri-35-3-0506.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M. S. **Indicadores de qualidade do solo.** 2006. Disponível em:<<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap1ID-Lnm7OIMsPM.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

DIONÍSIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D. *et al.* **Guia prático de biologia do solo.** Curitiba:SBCE/NEPAR, 2016. 152p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

Ferreira, P. F. **Biomassa microbiana de um latossolo amarelo sob cultivos de açaí (Euterpe oleracea Mart.) em comparação com solos de floresta secundária no município de Maracanã-Pará (PA).** 2017, 40p. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará. Belém, 2017.

FERNANDES, C. H. S.; TEJO, D. P.; ARRUDA, K. M. A. Desenvolvimento do sistema de plantio direto no Brasil: histórico, implantação e culturas utilizadas. **UNICIÊNCIAS**, v. 23, n. 2, p. 83-88, 2019.

FREITAS, P. L. **Sistema Plantio Direto: Conceitos, Adoção e Fatores Limitantes.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 9 p.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. *et al.* Carbono e nitrogênio da

biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em um latossolo vermelho no cerrado. . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 551-562, 2007.

FIALHO, J. S.; GOMES, V. F. F.; OLIVEIRA, T. S. *et al.* Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE1. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, n.3, p.250-257, 2006.

GRANEMANN, D. L. F. **Conflitos do uso do solo nas áreas de preservação permanente ao longo do rio correntes no reassentamento novo amanhecer (Curitibanos – SC)**. 2012, 61p. (Dissertação Mestrado) - Especialista em Geoprocessamento, Centro Integrado de Estudos em Geoprocessamento, Universidade Federal do Paraná . Curitiba, 2012.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA; W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Dourados**, v.23, p.145-154, 1999. . Disponível em:<<https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v23n1/18.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2020.

HOFFMANN, R. B.; MOREIRA, E. E. A.; HOFFMANN, G. S. S. *et al.*Efeito do manejo do solo no carbono da biomassa microbiana. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 168-178, 2018.

Leite, L. F. C. **Matéria orgânica do solo**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2004. 31p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos: 971).

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. da; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 45-55, 2012.

LOPES, A. A. C. **Interpretação de indicadores microbiológicos em função da matéria orgânica do solo e dos rendimentos de soja e milho**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2012, 96 p. Dissertação de Mestrado.

Meireles, I. E. S.; Silva, T. M. ; Matos, P. S. *et al.* Respiração basal do solo em consórcio de cafeeiro com grevília. In: **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. 2019, Vitória – ES. FRAIAS, F. J.; SILVA, T. C. B.; MENEZES, V. M. M. et al. Qualidade microbiológica do solo em sistema agroecológico de produção. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

MELO, I. G. **Atividade microbiana de solo de cerrado submetido a diferentes estratégias de integração Lavoura-Pecuária**. 2017. 68 p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei, 2017.

MOTTER, P; ALMEIDA, H. G. **Plantio direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015

MUNIZ, A. W.; PINHEIRO, L. M. Manejo do solo / nutrição de plantas. In: **Carbono da biomassa microbiana em diferentes sistemas de cultivo de milho em latossolo amarelo em Manaus, AM**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

NASCIMENTO, P. C. et al. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Espírito Santo, v. 34, n. 1, p. 339-348, 2010. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n2/v34n2a07.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

NASCIMENTO, J. B.; CARVALHO, G. D.; CUNHA, E. D. Q. *et al.* Determinação da biomassa e atividade microbiana do solo sob cultivo orgânico do feijoeiro-comum em sistema

de plantio direto e convencional após cultivo de diferentes espécies de adubos verdes. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, 2009.

NICODEMO, M. L. F. **Uso de biomassa microbiana para avaliação de qualidade do solo em sistemas silvipastoris**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.

NAVROSKI, D.; COLOZZI FILHO, A.; MOREIRA, A. *et al.* Atividade da enzima fosfatase ácida em diferentes manejos de solo na região oeste do Paraná. In: **XX Rbmcsa Reunião Brasileira De Manejo e Conservação do Solo E da Água**. Foz do Iguaçu, 2016.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; HOLANDA JUNIOR, E. V.; MENEZES, R. I. Q. Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solo sob caatinga no semi-árido nordestino. **Revista Caatinga**, v. 22, p. 131-140, 2009.

PASSOS, A. M. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, F. C. Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação. In: **Sistema de plantio direto**. Cap.3, 2018. **Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha** (Febrapdp). Disponível em: <<https://febrapdp.org.br/>>. Acesso em: 05 nov. 2020.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39 n.6, p.567-573, 2004

REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, I. C. **Biomassa microbiana do solo**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2007. 40 p.

REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, I. C. **Biomassa microbiana do solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 40 p.

ROSA, D. B.; HOLANDA NETO, M. R.; CASTILHOS, D. D. *et al.* **Biomassa microbiana e respiração basal de um solo construído e submetido a diferentes cultivos na área de mineração de carvão de Candiota/RS**. Disponível: <https://www.ufrgs.br/rede-carvao/Sess%C3%B5es_A7_A8_A9/A7_ARTIGO_01.pdf>. Acesso em: 07/11/2020.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z.. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta à embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1998. 254 p. (500 perguntas 500 respostas).

SANTOS F. C.; VIANA, J. H. M.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. *et al.* **Caracterização química, física e microbiológica de solo arenoso do Sudoeste Baiano**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 40 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 232).

SANTOS, W. P., FIORELLI, E. C., MACHADO, C. B. **Atividade microbiana sob o sistema de preparo do solo**. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2016&q=quociente+metabolico++da+biomassa+microbiana+&btnG>. Acesso: 07/11/20

SATO, J.H. **Métodos para determinação do carbono orgânico em solos do Cerrado**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 90 páginas. Dissertação.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007 a. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 96).

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS-N)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007 b. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 96).

SILVA, J.C. Análise comparativa entre os sistemas de preparo do solo: aspectos técnicos e econômicos. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.7, n.12, p. 1-11, 2011. Disponível em:<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/analise%20comparativa.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

SILVA, A. P. **Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo e de culturas típicas da região norte do Paraná**. 2008, 67 p. (Dissertação de Mestrado) - Programa de PósGraduação, em Biotecnologia da Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2008.

SILVA, J. R. **Matéria orgânica**. Universidade Federal do Acre. 2005.

SILVA, E. O. **Dinâmica do carbono e atividades enzimáticas em solo do trópico semi-árido sob diferentes usos**. 2017, 100p. (Tese Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciências do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, 2017.

SILVA, V. C. **Atividade enzimática no solo e dinâmica de carbono e nitrogênio em pastos de capim-tanzânia sob índices de área foliar residual**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014, 90 p. Tese de Doutorado.

SOUZA, E. D. et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Porto Alegre, v. 34, n. 1, p. 79-88, 2010. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n1/a08v34n1.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

SOUZA, I. M. Z. **Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo em áreas reflorestadas comparadas ao campo e mata nativa no planalto dos campos gerais, SC**. 2005, 61p. (Dissertação Mestrado) - Mestre em Ciências do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina - Centro de Ciências Agroveterinárias. Lages, 2005.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Caracterização regional**. Disponível em:<http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/diagnostico/CURITIBANOS.pdf>. Acesso em: 17 set. 2018.

STIEVEN, A. C.; MENDES, W. M.; WRUCK, F. *et al.* Atributos do solo em sistemas diferenciados de uso e manejo do solo em Mato Grosso, MT, Brasil. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n.2, p.1-15, 2020.

TAVARES, L.; MUNIZ, A. (2019). Atividade microbiológica em solo cultivado no sistema plantio direto em terra firme no Amazonas. In *Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: **Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental**, 14., 2018, Manaus. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2019.

TEIXEIRA, A. et al. **Plantio direto x plantio convencional**. Cerro Largo: Convibra, 11 p. Disponível em:<http://www.convibra.com.br/upload/paper/2017/83/2017_83_13556.pdf>. Acesso em: 17 set. 2018.

WÜRSCHÉ, W.; DENARDIN, L. E. Conservação e manejo dos solos - I. Planalto Rio-grandense. Considerações gerais. **Circular Técnica Nacional de Pesquisa do Trigo**, Passo Fundo, n. 2, p. 1-20, 1980.

VILLATORO, M. A. A. **Matéria orgânica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura do café sob manejo agroflorestal e orgânico**. 2004, 176p. (Tese de Doutorado) - Doutor em Ciências em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo. Seropédica, 2004.

ANEXOS

ANEXO A – Análise de solo da área que foi destinada ao plantio da soja nos dois sistemas de manejo.



Cliente: CULTIVAR DISTRIBUIDORA DE INSUMOS AGRICOLAS LTDA
 Nome: UFSC
 Propriedade: FAZ. EXPERIMENTAL
 Lote Rural: SDE
 Matrícula: SDE
 Localidade: SDE
 Município: Curitibaanos - SC
 Amostra: 00-20 A12A

Data Entrega: 07/05/2018

Data Coleta: 07/05/2018

Controle: 63984 / 2018

Resultado de Análise de Solos			INTERPRETAÇÃO		
ELEMENTOS	mg/dm ³	Cmol _e /dm ³	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Cálcio	Ca	2,30		■■■■	
Magnésio	Mg	1,83			■■■■
Potássio	K	62,40		■■■■	
Alumínio	Al	2,11			■■■■
H + Alumínio	H + Al	12,13			■■■■
Soma de bases	S	4,29		■■■■	
C T C pH 7.0	T	16,42			■■■■
C T C efetiva	t	6,40			■■■■
g / dm ³					
Carbono	C	29,00			■■■■
M. Orgânica	MO	49,88			■■■■
%					
Sat. Alumínio	Al	32,97			■■■■
Sat. Bases	V	26,13	■■■■		
Argila	Arg				
mg/dm ³					
Boro	B				
Enxofre	S				
Ferro	Fe	53,20		■■■■	
Manganês	Mn	13,50			■■■■
Cobre	Cu	7,80			■■■■
Zinco	Zn	1,20		■■■■	
pH Água		4,80			
pH SMP		4,80			
pH CaCl ₂		4,30			

Observação:

GRANULOMETRIA %	
Areia:	22,50
Silte:	23,75
Argila:	53,75
Classificação do Solo, Tipo: 3	
FÓSFORO	
mg/dm ³	
Fósforo	P 6,83
Fósforo Rem.	6,70
Nível Crítico de Fósforo	NCP 6,87
%	
Fósforo Relativo	PR 99,45

RELAÇÕES Cmol _e /dm ³			
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K/(Ca+Mg)
1,26	14,37	11,44	0,08

K%	Ca%	Mg%	H%	Al%
0,97	14,01	11,14	61,02	12,85

Cascavel, 11 de Maio de 2018