

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS CURITIBANOS
CENTRO 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

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fernandes Junior, Marcos

Atividade da biomassa microbiana em diferentes sistemas
de plantio / Marcos Fernandes Junior ; orientador, Glória
Regina Botelho, 2021.

43 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2021.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Qualidade do Solo. 3. Biomassa
Microbiana do Solo. 4. Sistemas de Plantio. I. Botelho,
Glória Regina. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Agronomia. III. Título.

SERVICÓ PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação de Curso de Graduação em Agronomia

Rodovia Ulysses Gaboardi km3

CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibaanos - SC

TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br

MARCOS FERNANDES JUNIOR

Atividade da biomassa microbiana em diferentes sistemas de plantio

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibaanos, 26 de abril de 2020.



Documento assinado digitalmente
Samuel Luiz Fioreze
Data: 03/05/2021 08:38:27-0300
CPF: 052.258.059-90
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze

Coordenador do Curso



Banca Examinadora:
Documento assinado digitalmente
Gloria Regina Botelho
Data: 02/05/2021 16:44:41-0300
CPF: 802.241.057-87
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profª. Dra. Glória R. Botelho

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Janquieli Schirmann
Data: 04/05/2021 13:50:38-0300
CPF: 012.941.120-58
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profª. Dra. Janquieli Schirmann

Membro da banca examinadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Shantau Camargo Gomes Stoffel
Data: 02/05/2021 18:13:50-0300
CPF: 087.254.279-38
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profª. Ms. Shantau C.G. Stoffel

Membro da banca examinadora

Universidade Federal de Santa Catarina

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 me 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 principal cultura de muitos agricultores, e para obter resultados satisfatórios em produtividade são necessárias diversas operações que podem causar danos ao sistema solo. Entre os sistemas de manejos mais usuais, tem-se a adoção do sistema de plantio direto (SPD) e o sistema de plantio convencional (SPC). O SPD possui como premissas principais, a conservação das características locais, realizando as operações necessárias sem promover grandes impactos. Já o SPC costuma não estimular práticas de manejo conservacionistas, pois suas operações promovem grandes impactos ao sistema solo, gerando uma desestruturação do solo e, conseqüentemente, impactando em toda a biota ali presente. O objetivo deste trabalho foi avaliar se os fatores relacionados à atividade da BMS (C-BMS, N-BMS, RBS, qCO₂ e P-ase), podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo, em diferentes sistemas de plantio para o município de Curitiba. O experimento foi conduzido a 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 (C-BMS), nitrogênio da BMS (N-BMS), Respiração Basal do Solo (RBS), quociente metabólico (qCO₂) 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 N-BMS não apresentaram diferença significativa. Já o C-BMS e o qCO₂ apresentaram diferença estatística entre as épocas de coleta e os tratamentos. Para o C-BMS houve diferença entre 15 DAS, sendo maior que as 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 qCO₂ 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. 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 soybean crop (*Glycine max*) has great expressiveness in the national scenario, being the main crop of many farmers, and to obtain satisfactory results in productivity, several operations are necessary that can cause damage to the soil system. Among the most common management systems, there is the adoption of the no-till system (SPD) and the conventional no-till system (SPC). The SPD has as main premises, the conservation of local characteristics, carrying out the necessary operations without promoting major impacts. The SPC, on the other hand, usually does not encourage conservationist management practices, as its operations have great impacts on the soil system, generating soil disruption and, consequently, impacting the entire biota present there. The objective of this work was to evaluate whether the factors related to the BMS activity (C-BMS, N-BMS, RBS, qCO_2 and P-ase), can be used as indicators of soil quality, in different planting systems for the municipality from Curitiba. The experiment was conducted in the field 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 sowing of the soybean, 15 days after sowing (DAS), 74 DAS and 128 DAS. The following BMS components were evaluated: BMS carbon (C-BMS), BMS nitrogen (N-BMS), Basal Soil Respiration (RBS), BMS metabolic quotient (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 N-BMS showed no significant difference. C-BMS and qCO_2 , on the other hand, showed a statistical difference between the periods of collection and treatments. For the C-BMS, there was a difference between 15 DAS, being greater than the other periods in the PD. The PC showed a difference at 75 DAS and the MN at 0 DAS. Among the treatments, only the MN showed a statistical difference from the others between the times of sample collection. qCO_2 , on the other hand, 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. 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.....	32
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.	34
Tabela 3 - Quociente Metabólico referente aos sistemas de manejo do solo (Plantio direto (PD), Plantio convencional (PC), Mata nativa (MN)), e épocas de avaliação.	36
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.....	37
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.	39

LISTA DE FIGURAS

Figura: Figura 1: Área destinada ao experimento.....	26
Figura:Figura 2: Imagem de satélite do delineamento experimental.	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
2REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO.....	16
2.2 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO.....	17
2.3 PARÂMETROS PARA A ATIVIDADE MICROBIANA.....	18
2.4 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO	20
2.4.1 Sistema convencional	21
2.4.2 Sistema de conservação do solo: plantio direto	22
3.MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS E VEGETAÇÃO DE CURITIBANOS.....	24
3.2.3 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO	24
3.5 COLETA E PARÂMETROS ANALISADOS	25
3.5.1 Coleta das amostras e delineamento experimental	25
3.5.2 Determinação do Carbono da biomassa microbiana do solo (C- BMS)	27
3.5.3 Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS)	28
3.5.4 Determinação da Respiração da Biomassa Microbiana do solo	29
3.5.6 Determinação da Atividade da Enzima Fosfatase Ácida	30
3.6 ANÁLISE DE DADOS	31
4.RESULTADOS E DICUSSÃO	32
4.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA.....	32
4.2 RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO	34
4.3 QUOCIENTE METABÓLICO.....	35
4.4 NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA.....	37
4.5 ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA FOSFATASE ÁCIDA	39
5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42
ANEXOS	51

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 10 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, implementando um conjunto de técnicas que melhoram a qualidade do solo, para que ocorra um desenvolvimento adequado das plantas e conseqüentemente, alta produtividade.

O termo qualidade de solo passou a ser usual a partir de 1990, pois passou a ser apresentado em pesquisas científicas, como no relatório que alavancou a investigação sobre sua importância e finalidade, correlacionando-o com os sistemas produtivos (ARAUJO *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 e 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 (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 de MOS quando o manejo é conduzido de forma inadequada, resultando na redução do estoque de MOS, afetando o crescimento dos microrganismos do solo, e 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, *et al.* 1999). No sistema convencional de cultivo ocorre tráfego intenso de maquinários e implementos agrícolas por conta do manejo de solo empregado no local. Este tráfego intenso pode gerar alguns danos no decorrer dos anos, refletindo em altos custos de produção (HERNANI, *et al.* 1999). De maneira geral existem diversos fatores que provocam a degradação de ambientes agrícolas, o manejo da área é caracterizado como um dos principais fatores, pois os métodos de condução que são adotados ditam 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, químicas 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, que geralmente ocorre quando não se tem um planejamento adequado para a propriedade, conjuntamente a 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 as definidas como premissas do sistema de plantio direto, tendem a apresentar benefícios ao sistema agrícola. Quando se adota o SPD e se conduz o solo de forma adequada 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 organismos 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 aos poucos são 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 incorporação de carbono, menor quantidade de CO₂ é perdida pela respiração (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 públicas 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

como proposta de complementar à lacuna que estava faltando nas análises de solo no setor agrícola, mais especificamente, de agregar o componente biológico às análises rotineiras. A BioAS possui como foco principal a análise das principais enzimas presentes no solo, sendo essas a arilsulfatase 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 de variáveis que podem ser utilizadas como indicadores de qualidade e atividade biológica do solo da região, podem auxiliar no entendimento da dinâmica dos solos da região.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a atividade e o crescimento da biomassa microbiana do solo sob dois sistemas de plantio de soja e uma área de mata nativa na região de Curitiba

1.1.2 Objetivos Específicos

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

Avaliar se o SPD e SPC impõem condições diferentes sobre a comunidade microbiana através da avaliação de C-BMS, N-BMS, RBS, qCO₂ e atividade da fosfatase ácida e se estas se diferem da MN.

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 com 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 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, e que necessita de cuidados periódicos para manter seus padrões de funcionalidade, sendo que 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 à qualidade do solo é evidente para a 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, o acúmulo de matéria orgânica é significativo comparado à outras regiões do Brasil, e 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 REFERENCIAL TEÓRICO

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 estes 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 ocorre 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 o uso da mecanização para o preparo das áreas agrícolas está interligado com a produção, pois 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 (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 provoca perdas de MOS, e também compromete 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 durante e após sua formação. 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, em teoria, quanto maior for a quantidade, maior será a atividade biológica e dos microrganismos (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

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).

Outro fator é a relação C/N, que está ligada a velocidade de decomposição sofrida pelo material de origem (SILVA, 2005). Há também, a temperatura que influencia a velocidade em que os processos metabólicos irão ocorrer, sendo de 30 a 35 °C a faixa ideal para promover a ciclagem dos nutrientes (SILVA, 2005). A disponibilidade de oxigênio também é um fator relevante, onde solos bem aerados tendem a apresentar decomposição do material orgânico mais eficiente, enquanto 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 definidos pelas frações fortemente associadas aos minerais, até as frações mais lábeis, com pouca adsorção a fração mineral ou até mesmo sem adsorção nenhuma (ALMEIDA; SANCHES, 2013). Existem uma série de fatores que controlam a quantidade de carbono no solo, como o clima, estrutura, textura, e as práticas de manejo dos solos. Estes fatores são muito relevantes quando consideramos a transformação de uma área nativa em área de cultivo agrícola, pois interferem diretamente na manutenção e deposição de MOS (SCHLESINGER, 2000, apud ALMEIDA; SANCHES, 2013).

2.2 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO

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).

A biomassa microbiana possui grande importância para os sistemas agrícolas, pois através da observação de seus mecanismos pode-se indicar a qualidade do solo diretamente influenciada pelas práticas empregadas (RODRIGUES; RODRIGUES, 2008). 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). Em média, 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, a biomassa microbiana funciona como um compartimento de C, N, P e S no solo, como catalisador nos ciclos destes nutrientes e na decomposição da matéria orgânica. Sendo assim, fatores ambientais, qualidade e a quantidade dos resíduos vegetais podem influenciar na atividade da biomassa microbiana (SOUZA *et al.*, 2010).

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 quantidade 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 pela 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 por unidade de tempo pode ser relacionada à velocidade de degradação da matéria orgânica ou de substrato aplicado ao solo (SILVA *et al.*, 2017).

A atividade enzimática do solo é responsável por auxiliar nos processos de ciclagem e nutrientes (NAVROSKI, 2016), e 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 C, N e P da MOS são mineralizados pelas enzimas extracelulares de plantas e microrganismos e animais (WARING *et al.*, 2014, apud SILVA, 2017). Existem alguns fatores que alteram a atividade enzimática do solo, entre eles, estão a disponibilidade e composição de carbono, pH, sazonalidade e variáveis climáticas (temperatura, umidade, incidência solar, precipitação), textura e mineralogia das partículas do solo (SILVA, 2017)

A atividade dos microrganismos do solo pode ser monitorada com a determinação da atividade de algumas enzimas, como beta-glicosidade, arilsulfatase e fosfatases (SILVA, 2017; MENDES, *et al.*, 2018). Além de auxiliar na atividade dos microrganismos, 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 como fonte de 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 SO_4^- , 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 síntese 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 apresenta a tendência de ser mais utilizada em estudos e pesquisas, pelo fato que os solos presentes em nossos ecossistemas, 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 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 (CUNHA, MENDES, GIONGO, 2018).

O sistema de plantio convencional consiste no preparo da área com o revolvimento do solo, causando o rompimento dos agregados e gerando maior exposição de resíduos vegetais e MOS do 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 ganhado adeptos há algum tempo pelos benefícios trazidos ao solo (TEIXEIRA *et al.*, 2018). É uma prática em que os danos são minimizados, o revolvimento do solo é reduzido ou não praticado, 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 manejo do solo podem acarretar em variações nos estoques de carbono orgânico que muitas vezes por serem ineficazes, provocam um decréscimo nos estoques de carbono orgânico (CARDOSO *et al.*, 2013).

2.4.1 Sistema convencional

O sistema convencional de cultivo permite práticas como 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, aumentam a permeabilidade e o armazenamento de água, promovendo, condições para a semeadura e emergência da cultura (SANTIAGO; ROSSETTO, 2007, apud SILVA, 2011). 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 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 promove alteração da agregação das partículas do solo, fazendo com que as argilas fiquem dispersas, favorecendo o seu deslocamento pela ação da chuva e do vento, causando

erosão por escoamento superficial (WÜRSCHÉ; DENARDIN, 1980), e além disso, a incorporação dos restos vegetais deixa o solo descoberto e mais propenso ainda 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 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 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 elas, 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 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 ganhando 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 Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação (FEBRAPDP, 2020), 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 %,e 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 uma de plantio direto, uma de plantio convencional e a terceira de 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 planta de cobertura de inverno.

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, sendo a mesma área utilizada para realizar o experimento. A cultivar de soja utilizada foi da Brasmax Lança IPRO (58i60 RSF IPRO), e a adubação foi calculada de acordo com a análise do solo do local (Anexo A).

A mata nativa foi utilizada como padrão, pois nesse ambiente os ciclos biológicos não são alterados. Foi utilizada a mata nativa que se encontrava próxima ao experimento. Essa apresentava características de ser uma floresta secundária, e com mediano grau de antropização, visto que sua vegetação não era totalmente fechada, possibilitando a passagem. O local também apresentava algumas trilhas 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 aos 0 dias após a semeadura (DAS), a segunda coleta foi realizada 15 DAS, sendo o estágio fenológico V2, no dia 05/12/2018 e a terceira coleta foi realizada 74 74 DAS, sendo o estágio fenológico R2, no dia 31/02/2019, e a quarta coleta foi realizada 128 DAS, estágio fenológico R8 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 o blocos casualizados em esquema fatorial, sendo quatro épocas de avaliação e três manejos distintos, sendo que cada bloco continha 10 linhas de plantio. 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.

Foram distribuídos os quatro blocos de cada tratamento, sendo eles PD e PC de forma que ocupassem uma área que possuísse as mesmas características, para que não ocorressem divergências. Nas figuras 1 e 2 pode-se observar a maneira que foram

distribuídos os blocos PD, PC e também a Mata Nativa, utilizada como padrão. Cada bloco do PD e PC possuíam dimensões de 6x4m, sendo que a área útil para coleta foi de 1m². A área escolhida para realizar o experimento era de uso recente, sendo o terceiro ano de cultivo agrícola. A cultura escolhida foi a soja e a adubação utilizada foi 300Kg do formulado 09-33-12.

Figura 1: Área destinada ao experimento.



Fonte: Autor.

Figura 2: Imagem de satélite do delineamento experimental.



Fonte: Google Earth.

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, (2007a). 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 1 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 K_2S_0_4 (Sulfato de potássio) a $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, 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 30 minutos, procedeu-se à filtragem lenta em filtro de papel, as amostras foram armazenadas a 4 °C para a determinação de C.

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 $0,066 \text{ mol L}^{-1}$, 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) $0,033 \text{ mol L}^{-1}$, ao final da titulação a coloração passa de púrpura para o verde.

O carbono extraído, nas amostras F e NF, foi 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 K₂S₀₄; 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 (C mg kg⁻¹ solo); 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 Depolli, (2007b).

Para a determinação do N foram utilizados 13 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:

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

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 Powlson (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:

$$\text{MAC} = (\text{MTHAM} \cdot \text{VTHAM}) / \text{VAC}$$

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:

$$\text{RBS (mg de C-CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ solo hora}^{-1}) = \{[(v_b - v_a) \cdot M \cdot 6 \cdot 1000] / \text{PS}\} / T\}$$

Onde: RBS = carbono oriundo da respiração basal do solo; v_b (mL) = volume do ácido clorídrico gasto na titulação da solução controle branco; v_a (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 $q\text{CO}_2$ é dado pela seguinte equação:

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

Onde: $q\text{CO}_2$ = 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 todos os solos coletados foram peneirados em peneira de 4mm e, com auxílio de uma pinça, foram retiradas todas as impurezas que se encontravam nas amostras coletadas. Com a retirada das impurezas do material, as amostras foram armazenadas em geladeira até o momento da avaliação.

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 e 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 DISCUSSÃO

4.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA

De acordo com a análise de variância (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 bA	464,40 cA	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) obtiverem resultados diferentes em seu estudo, avaliando dois sistemas de manejo, sendo eles o plantio direto e plantio convencional, e 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.

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, tende 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 e exportação de nutrientes.

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 a 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 foram realizados 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. Quando empregado o manejo de solo, a tendência é que agregados do solo fiquem expostos, facilitando a ação dos microrganismos, gerando maiores perdas de carbono, visto que os mesmos são influenciados pela taxa de MO disponível. 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 4,9 vezes maior do que os 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. 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.

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.

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 (49,88 g/dm³), 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).

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 quando altos, pois influenciaram na decomposição dos resíduos orgânicos, promovendo ciclagem dos nutrientes e, posteriormente, na 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 (qCO_2)

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 12,96
75	16,24 bA	12,18 abA	11,36
128	18,75 bA	17,39 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 qCO₂. Foi observado que a MN possui o menor valor, e o maior valor foi apresentado pelo PC, na época de semeadura da soja (0 DAS). A MN apresentou valor de 3,46 mg C-CO₂.g⁻¹ BMS-C.h⁻¹, indicando que as perdas de carbono através da respiração são mais controladas em um sistema natural estável. Porém, esse valor aumentou nas outras épocas de avaliação significativamente, sugerindo que fatores abióticos ou bióticos estimularam a respiração da 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).

O sistema de PC 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, alterando o equilíbrio de 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, explicando a elevação inicial dos valores, e nas avaliações subsequentes esses voltaram a baixar, justificando a oscilação de acordo com as épocas de coleta.

Segundo Rosa *et al.* (2010) quando há valores de quociente metabólico baixos, é indicativo de 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.

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.

Épocas de avaliação (DAS)	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 aA	214,04 aA
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 sugerem que a MN 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 avaliação 0 DAS, e o maior da mata nativa, na 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 teor de matéria orgânica considerado alto (Anexo A). Os resultados obtidos (Tabela 4), nos dois sistemas de manejos, 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 ao crescimento 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. Neste estudo, os autores apresentaram dados que indicavam que o sistema de plantio direto possuía valores de NBMS superior ao sistema de plantio convencional.

4.5 ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA FOSFATASE ÁCIDA

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 (TRANNNIN 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). De acordo com a análise realizada (Tabela 5), pode-se notar que não houve diferença estatística significativa entre os tratamento 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 ($\mu\text{g p-nitrofenol. g}^{-1}$ 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 aA	69,89 aA	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.

Na tabela 5 são apresentados os valores médios obtidos para a atividade da enzima fosfatase ácida, e 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 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 do C-BMS, qCO_2 , RBS, N-BMS, P-ase que sugerem que a BMS é um indicador eficiente de qualidade do solo para a região de Curitiba.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, Flavia A.; MADEIRA, Nuno Rodrigo. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. 12 p.

ALVES, Marlene Cristina; SUZUKI, Luiz. Gustavo Akihiro Sanches; SUZUKI, Luiz. Eduardo Akihiro Sanches. 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, Tatiane dos Santos; CAMPOS, Lizia Lenza; ELIAS NETO, Nicolau *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, Risley Ferraz; SANCHES, Bruna Cristina. 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.

AMORIM, Fabio Farias. **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, Debora. Veiga. 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, Edson. Alves 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, Tais dos Santos.; GALLO, Anderson de Souza.; ARAÚJO, Faguiner dos Santos. *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, Elcio L.; NOGUEIRA, Marco A.; MENDES, Iêda Carvalho. *et al.* Enzimas e seu papel na qualidade do solo. **Tópicos Ciência do Solo**, v. 8, p. 221-278, 2013.

MENDES, Iêda Carvalho; SOUSA, Djalma. Martinhão Gomes; REIS JUNIOR, Fabio Bueno 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, Patricia Anjos Bittencuort; GAMA-RODRIGUES, Emanuela Forestieri; GAMA-RODRIGUES, Antioio Carlos; BARROS, Nairam Felix; FONSECA, Sebastião. 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, Suellen Gomes Monteiro. **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, Osvaldino. **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, Romeu.; 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, José Alberto Ferreira et al. Carbono orgânico nas frações humificadas da matéria orgânica de solos arenosos sob cultivo de mangueira no semiárido Brasileiro. In: **Reunião Nordestina de Ciência 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, Elke Jurandy Bran Nogueira; ANDREOTE, Fernando Dini. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. 221p.

COSTA, Elaine Martins; SILVA, Helane França; RIBEIRO, Paula Rose de Almeida. 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, Tony Jarbas; MENDES, Alessandra Monteiro Salviano; GIONGO, Vanderlise. **Matéria orgânica**. Disponível

em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137613/1/Tony-2015.pdf>>.

Acesso em: 17 set. 2018.

DADALTO, Juliana 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, Helvécio; PIMENTEL, Márcio Sampoio. **Indicadores de qualidade do solo**. 2006. Disponível em:<<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap1ID-Lnm7OIMsPM.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

DIONÍSIO, Jair Alves; PIMENTEL, Ida Chapaval; SIGNOR, Diana *et al.* **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba:SBCS/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, Priscila Fonseca. **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, Carlos Henrique dos Santos; TEJO, Débora Perdigão; ARRUDA, Klever Márcio Antunes. Desenvolvimento do sistema de plantio direto no Brasil: histórico, implantação e culturas utilizadas. **UNICIÊNCIAS**, v. 23, n. 2, p. 83-88, 2019.n

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

FIGUEIREDO, Cícero. Célio; RESCK, Dimas Vital Siquera; GOMES, Antonio Carlos *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, Jamili Silva; GOMES, Vânia Felipe Freire; OLIVEIRA, Teógenes Senna *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, Diego Luiz Figer. **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, Ricardo Bezzera; MOREIRA, Évellyn Eunice Amorim; 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, Bruno Brito; VARGAS, Luciano Kayser; SILVEIRA, Andressa Olivera; MARTINS, Adriana Ferreira; SELBACH, Pedro Alberto. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 45-55, 2012.

LOPES, André Alves de Castro. **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, Ivan Edson da Silva; Silva, Tâmara Moreira ; Matos, Paula e Silva *et al.* Respiração basal do solo em consorcio de cafeeiro com grevília. In: **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. 2019, Vitória – ES.

FRAIAS, Fronza de Jesus; SILVA, Thaiane Caroline Costa Barros; MENEZES, Vanessa Marisa Miranda et al. Qualidade microbiológica do solo em sistema agroecológico de produção. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

MELO, Izabelle Gonçalves. **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, Paulino; ALMEIDA, Herlon Goelzer. **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, Paulo César 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, Jacqueline Barbosa; CARVALHO, Glaucilene Duarte.; CUNHA, Euraimé de Queiroz *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, Maria Luiza Franceschi. **Uso de biomassa microbiana para avaliação de qualidade do solo em sistemas silvipastoris**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.

NAVROSKI, Deisi; COLOZZI FILHO, Arnaldo; MOREIRA, Adônis. *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, Luís Alfredo Pinheiro Leal; ARAÚJO FILHO, João Ambrósio; HOLANDA JUNIOR, Evandro Vasconcelos; MENEZES, Rony Ítalo de Queiroz. 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, Alexandre Martins Abdão; ALVARENGA, Ramon Costa; SANTOS, Flávia Cristina. 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, Kátia Sueli Sivek; RAMOS, Maria Lucrecia Gerosa; MCMANUS, Concepta. 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, Fábio Bueno; MENDES, Iêda de Carvalho. **Biomassa microbiana**

do solo. Brasília: Embrapa Cerrados, 2007. 40 p.

ROSA, Douglas Bergmann; HOLANDA NETO, Monoel Ribeiro; CASTILHOS, Danilo Dufech *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, Julio Cesar; HERNANI, Luis Carlos; FONTES, Clarise Zanoni. **Sistema plantio direto:** o produtor pergunta à embrapa responde. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1998. 254 p. (500 perguntas 500 respostas).

SANTOS, Flávia Cristina; VIANA, João Herbert Moreira; ALBUQUERQUE FILHO, Manoel Ricrdo *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, Weverton Peroni, FIORELLI, Elaine Cosma, MACHADO, Caio Basto. **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, Juliana Hiromi. **Métodos para determinação do carbono orgânico em solos do Cerrado.** Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 90 páginas. Dissertação.

SILVA, Edmilson Evangelista; AZEVEDO, Pedro Henrique Sabadin; DE-POLLI, Helvécio. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C).** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007 a. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 96).

SILVA, Edmilson Evangelista; AZEVEDO, Pedro Henrique Sabadin; DE-POLLI, Helvécio. **Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS-N).** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007 b. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado

Técnico, 96).

SILVA, Juliana Cristina. 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, José Ribas. **Matéria orgânica**. Universidade Federal do Acre. 2005.

SILVA, Érica de Oliveira. **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, Victor Costa. **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, Edicarlos Damacena. 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, Ivana Maria Zeni. **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.p df>. Acesso em: 17 set. 2018.

STIEVEN, Ana Carla; MENDES, Wilian Mesquita; WRUCK, Flávio Jesus *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, Letícia Honda; MUNIZ, Aleksander Westphal. (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, María Antonieta Alforo. **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.



Av. Rocha Pombo, 170 - Jd. Gramado
 Cascavel - PR CEP 85.816-540
 Telefone / Fax: 45 3227 1020
 CNPJ: 85.473.338/0001-13
 E-mail: solanalise@solanalise.com.br
 Home Page: www.solanalise.com.br



Cliente: CULTIVAR DISTRIBUIDORA DE INSUMOS AGRICOLAS LTDA Data Entrega: 07/05/2018
 Nome: UFSC
 Propriedade: FAZ. EXPERIMENTAL
 Lote Rural: SDE
 Matrícula: SDE
 Localidade: SDE
 Município: Curitibaanos - SC Data Coleta: 07/05/2018
 Amostra: 00-20 A12A

Controle: 63984 / 2018

Resultado de Análise de Solos			INTERPRETAÇÃO		
ELEMENTOS	mg/dm ³	Cmol _c /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 _c /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