

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

Vinicius Bonato

**EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA AO LONGO DO PASTEJO DA AVEIA
NA BIOMASSA MICROBIANA EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA (SIPA) EM CURITIBANOS - SC**

Curitibanos

2021

Vinicius Bonato

**EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA AO LONGO DO PASTEJO DA AVEIA
NA BIOMASSA MICROBIANA EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA (SIPA) EM CURITIBANOS - SC**

Trabalho de Conclusão de 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

VINÍCIUS BONATO

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA BIOMASSA MICROBIANA DE SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPA) EM CURITIBANOS – SC

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.

Curitibanos 31 de agosto de 2021



Documento assinado digitalmente
Samuel Luiz Fioreze
Data: 01/09/2021 15:57:13-0300
CPF: 052.258.059-90
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Samuel L. Fioreze
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Gloria Regina Botelho
Data: 31/08/2021 12:31:02-0300
CPF: 802.241.057-87
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Gloria Regina Botelho
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Curitibanos



Documento assinado digitalmente
Shantau Camargo Gomes Stoffel
Data: 31/08/2021 22:02:56-0300
CPF: 087.254.279-38
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Ms. Shantau Camargo Gomes Stoffel
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Curitibanos



Documento assinado digitalmente
Janquieli Schirmann
Data: 02/09/2021 14:11:35-0300
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
Campus Curitibanos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo o que tenho, pelo amparo e pela base para seguir sempre o melhor caminho na vida, respeitando sempre a criação como um todo.

Agradeço a minha mãe Terezinha Correa Bonato por ser o pilar que me guia pela vida, que sempre fez tudo o que pode por mim e me serve de exemplo como pessoa desde sempre.

A minha orientadora de trabalho e professora Dr.^a Glória Regina Botelho pela oportunidade de trabalhar e desenvolver mais o meu conhecimento, pelo incentivo a apresentação dos trabalhos.

Aos amigos que fiz durante o curso, Diego, Willian, Eduardo, Alex, Felipe, Vagner, Samara, Mariane, Angela, parceiros de vizinhança e muita alegria. Em especial ao meu amigo Marcos Fernandes Junior pela amizade e ajuda durante todo período de análises.

Todos os técnicos dos laboratórios que sempre foram prestativos nas duvidas técnicas e auxiliaram no que precisava.

A todos que participaram desta jornada e que contribuíram para minha construção como profissional e como pessoa.

RESUMO

A biomassa microbiana do solo (BMS), por ser sensível às mudanças que ocorrem no ambiente, é considerada um eficiente indicador de qualidade do solo. A adubação nitrogenada afeta a relação C/N e influencia o metabolismo dos microrganismos. Através da determinação dos níveis de carbono e nitrogênio da BMS, é possível estimar se o manejo do solo é adequado para sua conservação. O Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) é a integração entre produção vegetal e animal, sendo considerado um manejo conservacionista. O objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada em cultivo de aveia em SIPA. O delineamento foi o em blocos casualizados com dois fatores, sendo três épocas de coleta e três doses de N. O local de coleta foi o SIPA na área experimental do *campus* de Curitiba UFSC, com aveia em plantio direto, manejada a 15 cm de altura (o pastejo era mantido até que o pasto atingisse 15 cm, e então os animais eram trocados de piquete). A área foi dividida em 12 piquetes de 224 m² cada um e no interior, uma área de 1m² para coletas. Foram realizadas 3 coletas, somando 12 amostras por coleta, 4 repetições e 3 tratamentos (doses nitrogenadas). A primeira coleta foi realizada antes da adubação, com N e sem presença de animais. A segunda, após a aplicação das doses N (0, 75, 150kg/ha) e com presença de animais. As doses nitrogenadas foram definidas conforme trabalhos sobre fluxo de gases de efeito estufa, pois a área utilizada para o SIPA possuía dois experimentos em andamento na época de realização. A terceira coleta foi realizada após a saída dos animais. Nas três épocas foram analisados respiração basal do solo (RBS), carbono da BMS (BMS-C), quociente metabólico do solo (qCO₂) e nitrogênio da BMS (BMS-N). Os resultados foram submetidos a análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey a 10%, no programa Sisvar. A dose de N mais alta favoreceu o acúmulo de carbono pela BMS apenas na terceira época de avaliação. As doses crescentes de N e épocas de avaliação no sistema não aumentaram todos os atributos da BMS analisados. Porém na terceira coleta, observou-se maior interação entre os fatores, indicando que alguns atributos são mais sensíveis que outros às mudanças no meio.

Palavras-chave: Pastagem. Qualidade do solo. Produção integrada.

ABSTRACT

Soil microbial biomass (BMS), as it is sensitive to changes that occur in the environment, is considered an indicator of soil quality. Nitrogen fertilization affects the C / N ratio and influences the metabolism of microorganisms. All of the determination of carbon and nitrogen levels in the BMS, it is possible to estimate whether the soil management is adequate for its conservation. The Integrated Agricultural Production System (SIPA) is an integration between plant and animal production, being considered a conservationist man. The objective of this work was to evaluate the effect of nitrogen fertilization on SIPA oat cultivation. The design was in randomized blocks with two factors, three collection times and three N doses. The collection site was the SIPA in the experimental area of the campus of Curitibanos UFSC, with oats under no-tillage, managed at a height of 15 cm (grazing was maintained until the pasture reached 15 cm, and then the animals were changed to paddocks). The area was divided into 12 paddocks of 224 m² each and inside, an area of 1 m² for collections. Three collections were performed, adding 12 procedures per collection, 4 repetitions and 3 treatments (nitrogen doses). The first collection was carried out before fertilization with N and without the presence of animals; the second, after the application of N doses (0, 75, 150 kg / ha), and with the presence of animals. Nitrogen doses defined on the flux of gases according to the greenhouse effect, as the area used for the SIPA had two experiments in progress at the time of execution, and the third collection was carried out after the animals had left. In the three periods, basal soil respiration (RBS), BMS carbon (BMS-C), soil metabolic quotient (qCO₂) and BMS nitrogen (BMS-N) were formed. The results were found in the analysis of variance, and as means compared by the Tukey test at 10%, in the Sisvar program. The highest N dose favored carbon accumulation by BMS only in the third evaluation period. As increasing doses of N and evaluation times in the system did not increase all attributes of the BMS push. However, in the third collection, there is a tendency for greater interaction between the factors, indicating that some attributes are more specific than others to changes in the environment.

Keywords: Pasture. Soil quality. Integrated production.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Carbono da Biomassa Microbiana do solo (BMS-C) em sistemas integrado de produção agropecuária, com diferentes dosagens de nitrogênio e épocas de avaliação.....	24
Tabela 2 - Nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS-N) em sistema integrado de produção agropecuária, com diferentes dosagens de nitrogênio e épocas de avaliação	27
Tabela 3 - Carbono do CO ₂ emitido da RBS em sistema integrado de produção agropecuária, com diferentes dosagens de nitrogênio e épocas de avaliação.....	29
Tabela 4 - Quociente metabólico referente às épocas de coleta e dosagens de nitrogênio em sistema integrado de produção agropecuária.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	11
1.1.1 Objetivo geral	11
1.1.2 Objetivos específicos	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS) E ADUBAÇÃO NITROGENADA	13
2.2 BMS E FORMAÇÃO DA MATÉRIA ORGANICA DO SOLO (MOS)	14
2.3 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO	16
2.3.1 Sistema plantio direto	16
2.3.2 Sistema de Integração Lavoura Pecuária (SIPA)	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	18
3.2 COLETA E DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS	18
3.2.1 Coleta das amostras e delineamento experimental	18
3.2.2 Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)	20
3.2.3 Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS-N)	21
3.2.4 Determinação da respiração da biomassa microbiana do solo	22
3.3 ANÁLISE DE DADOS	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA (BMS-C)	24
4.2 RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO (RBS).....	29
4.3 QUOCIENTE METABOLICO (qCO ₂).....	30
4.4 NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS-N).. Erro! Indicador não definido.	
5 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

No início dos anos 90, com as novas descobertas da agricultura, novos conceitos, como a qualidade do solo (QS) surgiram, pois o solo tem uma enorme influência na qualidade ambiental e para a sustentabilidade agrícola (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Assim, surgiu o conceito de QS, como a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, mantendo sua capacidade para exercer funções de produção biológica, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e das pessoas (DORAN; PARKIN, 1994).

Em condições nativas, o solo se organiza em uma estrutura bem definida pela sua composição granulométrica, química e atuação dos agentes biológicos (ANDREOLA; COSTA; OLSZEWSKI, 2000). Sua conversão para agricultura convencional impõe mudanças drásticas nessa estabilidade, refletindo-se na perda de matéria orgânica solo (MOS) e dos agregados mais complexos (VIEIRA et al., 2014). O intenso revolvimento do sistema de plantio convencional favorece a decomposição de MOS, com efeitos negativos sobre os atributos físicos do solo e ocasiona redução nos teores de C e de N, (MATIAS et al., 2012).

Considerando que é preciso produzir evitando o revolvimento excessivo do solo dentro dos sistemas de manejo, o plantio direto é o mais utilizado (CERETTA; AITA, 2012). Esse é utilizado como a base conservacionista para outros sistemas de manejo, como o Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA), associado a práticas, como uso eficiente de insumos e utilização de pastagem em intensidade adequada (DOMINSCHEK et al., 2018). Além de proteger toda a estrutura física e química do solo, também condiciona ambiente adequado para os microrganismos presentes, mesmo com ação humana (CUNHA et al., 2012). As premissas do SIPA são o aumento da diversidade e o uso de práticas conservacionistas, integrando tecnologias que auxiliem com benefícios os agro ecossistemas (DOMINSCHEK et al., 2018). A melhoria nos atributos físicos, químicos e biológicos que esse sistema proporciona é responsável pelo aumento no rendimento das culturas em relação a sistemas convencionais (DOMINSCHEK et al., 2018). O SIPA pode ser uma alternativa para diversificação e intensificação sustentável de produção, alternando entre grãos e pastagens, melhorando o sistema produtivo e aumentando a eficiência dos fatores envolvidos que são: solo, planta e animal (CANDIOTTO et al., 2020).

Um sistema de manejo como o SIPA, com o plantio direto como base conservacionista, tende a oferecer um ambiente estável para a microbiota do solo, favorável no sentido de

balanceamento entre retenção e liberação de nutrientes. Apesar disso, ainda é necessário que adubações químicas ou orgânicas sejam realizadas para que seja possível alta produção, visto que em geral, os solos brasileiros possuem baixa fertilidade natural e parte dos nutrientes é exportada pelo consumo dos animais. Portanto, adubos químicos nitrogenados, por exemplo, são amplamente utilizados (WADT; SILVA; FURTADO, 2005).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelas culturas pelo mundo, e no solo, parte se encontra complexado na forma orgânica e depende da BMS para ser ciclado e aproveitado pelas plantas (COSER et al., 2007). Esse pode provocar mudanças na microbiota, alterando o metabolismo e tamanho da BMS, através de adições de fontes de carbono ou nitrogênio no solo, seja de forma natural com decomposição de resíduos orgânicos, seja pela adição de fertilizantes por ação humana. Fertilizantes nitrogenados podem causar aumento da biomassa e imobilizar os nutrientes na constituição celular dos microrganismos (GRAHAM et al., 2002). A BMS atua como um importante reservatório e fonte de nutrientes para as plantas, esses microrganismos também são responsáveis pelos ciclos biogeoquímicos de nutrientes e regulam a mineralização e imobilização de nutrientes (SILVA; RESCK, 1997; VARGAS et al., 2005).

A adubação nitrogenada é utilizada para aumentar o valor nutricional das forragens. A produção de biomassa e a carga animal suportada na área, quando utilizada corretamente pode melhorar o desempenho de culturas semeadas em sucessão, devido ao nitrogênio residual (ASSMANN et al., 2003). Porém, parte do nutriente aplicado nas culturas não é realmente aproveitado. Há sempre uma perda. Cerca de 40 a 60% do N aplicado via adubação é aproveitado, e ainda, 20 a 50% é usado pela microbiota, ciclado e imobilizado no solo como N orgânico (FURTINI NETO et al., 2001).

O principal objetivo de um sistema de cultivo, além da produtividade, deve ser a manutenção das funções do solo, afinal é esse que comporta a maioria dos componentes para o desenvolvimento da planta e serve de ambiente aos microrganismos. A construção de uma grande e ativa biomassa microbiana é importante para manter o reservatório de nutrientes disponíveis (ARAÚJO; MELO, 2010). Uma alternativa para manter ou melhorar os estoques de MOS, de C, de N e, conseqüentemente, a fertilidade, é a utilização de sistemas de culturas que adicionam material orgânico, como o SIPA (VIEIRA et al., 2014). A manutenção dos resíduos culturais na superfície proporciona decomposição gradual e acúmulo do material orgânico no perfil do solo (FRANZLUEBBERS et al., 2007).

Estudos vêm sendo realizados para se entender a influência da adubação nitrogenada na BMS, como esse fator influencia na mineralização e imobilização dos nutrientes. Porém, no

meio oeste catarinense, ainda há poucas informações sobre o comportamento da microbiota nos solos cultivados. Por isso, é importante enfatizar a relevância desse estudo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da adubação nitrogenada e épocas de coleta sobre a BMS em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA)

1.1.2 Objetivos específicos

Avaliar os efeitos de épocas de avaliação e dosagens crescentes de nitrogênio no SIPA na BMS através dos atributos: respiração basal do solo (RBS), carbono da BMS (BMS-C), quociente metabólico do solo (qCO_2) e nitrogênio da BMS (BMS-N).

1.2 JUSTIFICATIVA

Mesmo com o avanço das tecnologias para o cultivo agrícola, nos dias atuais, ainda é demonstrado que muitas vezes o manejo empregado no solo é insuficiente para manter a produtividade ao longo do tempo, pois ainda ocorrem grandes perdas de matéria orgânica e nutrientes, através de processos como erosão e lixiviação (DOMINSCHEK et al., 2018).

É necessário que se defina indicadores de qualidade do solo para que seja possível verificar se um determinado sistema de cultivo está sendo benéfico ou não ao sistema solo-planta. A BMS, por ser sensível às mudanças que ocorrem no meio, é considerada uma indicadora eficiente de qualidade do solo (JACKSON et al., 2003).

A fertilidade natural dos solos brasileiros em geral é classificada como baixa, e em função disso é necessário o uso de fertilizantes para que seja possível produzir (EMBRAPA, 2006). Alguns nutrientes são absorvidos em maior quantidade do que outros, como por exemplo o nitrogênio, que é classificado como um macronutriente primário. Então, a cada cultivo, o uso do nutriente é necessário (WADT; SILVA; FURTADO, 2005). Para cultivo no SIPA também é necessário uso de adubação, como em qualquer outro sistema de manejo, no qual ainda deve-se ter mais atenção ao nitrogênio, conforme Assmann e Pin (2008) afirmaram, pois, sistemas que são conduzidos com alta diversidade vegetal, necessitam de mais nutriente disponível. As

doses nitrogenadas foram definidas em conjunto com outros alunos que estavam realizando um experimento na mesma área, sobre emissão de gases de efeito estufa em SIPA. Os valores das doses foram escolhidos de acordo com um trabalho encontrado na literatura, que foi realizado sob condições semelhantes ao do experimento dos gases de efeito estufa. As épocas de coleta foram definidas conforme o ciclo da cultura, a primeira época apenas depois da estabilização da cultura na área, a segunda foi aproximadamente no meio do ciclo da cultura e a terceira foi logo após a saída dos animais da área, para que fosse possível monitorar se a presença dos animais interfere nos resultados.

Apesar dos ganhos de qualidade ambiental comprovados que são obtidos quando se usa um sistema conservacionista como o SIPA, pesquisas sobre indicadores biológicos ainda são necessárias para detecção de mudanças na qualidade do solo no sistema. Pouco se sabe sobre a influência da adubação nitrogenada na BMS, especialmente em solos da região do planalto serrano de Santa Catarina, então analisar se um fertilizante nitrogenado afeta a BMS, aumentando ou não seus atributos, é importante para que se conheça melhor a dinâmica da microbiota do solo e o que pode influenciar seu metabolismo.

Os estudos para determinação de parâmetros para avaliar qualidade do solo ainda são muito escassos na região de Curitiba. O SIPA pode ser utilizado como padrão para estudos posteriores de avaliação da BMS da região. Além de suas características de conservação do solo, a utilização de adubação N no sistema, pode auxiliar a compreender a dinâmica de C e N na BMS, pois a adição do nutriente pode mudar as relações que ocorrem no solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS) E ADUBAÇÃO NITROGENADA

A biomassa microbiana é um componente essencial da matéria orgânica que, entre outras funções, regula a ciclagem de nutrientes no solo (FIALHO et al., 2020). É considerada a parte viva e mais ativa da matéria orgânica, geralmente expressa em μg de C g^{-1} de solo seco ou mg de C kg^{-1} de solo seco. Essa biomassa é constituída por fungos, bactérias e actinomicetos que atuam em processos que vão desde a formação do solo até a decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, biorremediação de áreas contaminadas por poluentes, entre outros (REIS JUNIOR; MENDES, 2007).

A BMS é um dos componentes que controla a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica e as transformações envolvendo os nutrientes minerais (VASQUES et al., 2020). Por atuarem nos processos de mineralização/imobilização, os microrganismos são considerados fonte e dreno de nutrientes (REIS JUNIOR; MENDES, 2007). Representam, em média, 2% a 5% do C orgânico e 1 a 5% do N total do solo (CARDOSO, 2004). Os microrganismos são os grandes responsáveis pelos estoques e fornecimento de alguns nutrientes no solo para as plantas. Os principais nutrientes regulados por esses são o N, P e S (DELBEM et al., 2011).

O crescimento microbiano é limitado, além de outros fatores, pela quantidade de nutrientes disponíveis no ambiente. Adições de fertilizantes nitrogenados por exemplo, podem estimular o aumento da biomassa, bem como o seu metabolismo (GRAHAM et al., 2002). A adubação nitrogenada também pode alterar o metabolismo da BMS, através da alteração na relação C/N (DELBEM et al., 2011). A alteração pode induzir a imobilização quando a relação estiver maior que 30:1 e mineralização quando a relação é menor que 20:1. O ideal é que essa relação esteja entre 20:1 e 30:1, pois assim os processos de liberação e retenção de nutrientes estarão balanceados (ZUFFO; AGUILERA, 2020).

De acordo com Jackson et al (2003), perturbações no solo a curto prazo podem prejudicar a qualidade do solo, havendo aumento na emissão de gases de efeito estufa, por isso cuidados na aplicação de fertilizantes nitrogenados são importantes para evitar que ocorram processos de degradação. A redução do pH do solo em função da aplicação de nitrogênio no sistema, tem sido associada às mudanças na quantidade de nitrogênio da biomassa microbiana (N-BMS) (MOORE et al., 2000). Associações com o aumento de N-BMS e fertilidade do solo também foram relacionadas com a adição de fertilizantes nitrogenados e degradação de restos

vegetais (SILVAN et al., 2003). Zaman et al. (2002) afirmaram que adição de nitrogênio em forma de fertilizantes na superfície do solo afeta a atividade da BMS, tanto em camadas superficiais, quanto nas camadas mais profundas.

A BMS tem se mostrado um eficiente indicador de qualidade de solos em sistemas de manejo, pois é muito sensível às mudanças, tornando mais evidente a identificação de degradação do solo ou não. O trabalho de Silveira (2017) demonstrou a eficiência da BMS como indicador de qualidade do solo para a região de Curitiba. O autor analisou a atividade da biomassa microbiana em um sistema de plantio convencional (PC) e em sistema de plantio direto (PD), através do teor de carbono da biomassa (BMS-C) e quociente metabólico da BMS (qCO_2), que representa a eficiência metabólica com que os microrganismos mantêm sua biomassa e permite monitorar rapidamente as alterações que ocorrem no meio (MONTEIRO; GAMA-RODRIGUES, 2004). O teor de carbono inferior observado no sistema de plantio direto em relação ao plantio convencional mostrou como o monitoramento dos níveis de C, pode detectar erros de manejo, mesmo em sistemas de menor impacto como PD, pelo menor teor de carbono (SILVEIRA, 2017).

2.2 BMS E FORMAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A matéria orgânica do solo (MOS) é composta de resíduos de plantas, animais e microrganismos em vários estágios de decomposição e a maior parte encontra-se intimamente associada à fase mineral do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007). Mudanças no uso e em práticas de manejo de ambientes naturais, como os de pastagem ou florestas naturais, devido ao plantio de culturas agrícolas ou florestais, influenciam na composição química e biológica da MOS. Isto ocorre por alterar a qualidade e disponibilidade de substrato e nutrientes à comunidade microbiana do solo, principal responsável pela ciclagem do C e do N no solo (GUGGENBERGER et al., 1995).

A M.O fornecerá substrato aos microrganismos da biomassa microbiana, e também participará de vários ciclos de nutrientes, como o do nitrogênio e enxofre, por exemplo. A formação de M.O é diretamente relacionada à atividade da biomassa microbiana (BOULAL et al., 2011). Sua composição e condições de formação também afetarão a BMS. Dentre essas condições, o clima está relacionado com fatores ambientais que influenciam diretamente o metabolismo da BMS (MACHADO et al., 2012). A temperatura, por exemplo, pode acelerar ou retardar o desenvolvimento microbiano. Na temperatura de 25 a 28°C, o metabolismo é

acelerado, aumentando a taxa de decomposição dos resíduos no solo e ciclando mais rapidamente os nutrientes (DINIZ FILHO et al., 2007).

Em relação aos outros fatores que influenciam no metabolismo da BMS e conseqüentemente na formação da M.O uso intensivo do solo, juntamente com condições inadequadas de manejo, acarretam a deterioração das propriedades físicas do solo e isso se deve, principalmente, às modificações em sua estrutura (FASSARELLA et al., 2012). Isso ocorre, costumeiramente, em sistemas convencionais de cultivo, em que o solo é fortemente revolvido para a produção agropecuária. De acordo com Diniz Filho et al. (2007), apesar da agricultura convencional utilizar alto nível tecnológico, como sementes melhoradas, grandes quantidades de insumos, dentre outros, vem apresentando exaustão, o que indica sinais de insustentabilidade. O manejo empregado no solo irá definir como a BMS atua. Num sistema de plantio convencional, em que há revolvimento da camada superficial, ocorre a exposição da M.O, o que leva a oxidação e liberação de CO₂ e a BMS irá utilizar uma parte do carbono da matéria orgânica em seu metabolismo, e outra parte também será perdida para a atmosfera na forma de CO₂. Já em um sistema de plantio direto, parte da palhada presente na superfície do solo será utilizada pelos microrganismos ao longo do tempo, e imobilizado pela BMS (DINIZ FILHO, et al. 2007).

O tipo de solo influenciará de acordo com seu material de origem. Em um solo argiloso haverá maior quantidade de cargas, ou seja, maior retenção de água e nutrientes, o que é favorável ao metabolismo da BMS e acúmulo de M.O. O inverso vale para solos arenosos. No entanto, se um solo argiloso for mal estruturado e manejado, e o solo arenoso for bem estruturado e manejado, o contrário pode ser verdade (LENZ et al., 2018).

A cultura implantada e o histórico da área influenciarão no tipo de resíduo produzido. Se for um material mais lignificado, que tenha alta relação C/N, como no milho, por exemplo, a BMS terá mais dificuldade em degradar, assim menos resíduo será decomposto. Se for resíduo menos complexo, como a soja, com baixa relação C/N, a BMS irá decompor mais facilmente, acumulando M.O rapidamente (EMBRAPA, 2017).

2.3 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

2.3.1 Sistema plantio direto

O plantio direto (SPD) é um sistema de manejo conservacionista constituído de práticas que envolvem, necessariamente, rotação de culturas, mobilização do solo exclusivamente na linha de semeadura e cobertura permanente do solo (CASSOL, DENARDIN, KOCHANN, 2007). Trata-se de um conjunto de técnicas que revolucionaram a agricultura mundial, pois resultam em aumento na produtividade das principais culturas produtoras de grãos e na preservação e melhoria da capacidade produtiva do solo, pela redução da erosão, reciclagem de nutrientes, manutenção da atividade biológica e manejo de resíduos culturais (SALTON et al., 1998). O sistema também promove menor ocorrência de perdas de solo, água e nutrientes por erosão em relação aos sistemas convencionais de preparo do solo (DE MARIA, 1999). Resultados obtidos por Silva e Maria (2011) em ensaios comparando as perdas por erosão entre diferentes sistemas de manejo do solo, mostraram que, em média, o SPD reduz as perdas de solo e de água em 84 e 58,7%, respectivamente, em relação aos preparos convencionais.

A eficiência do SPD no controle das perdas por erosão se deve ao não revolvimento do solo e à cobertura morta que amortece o impacto das gotas de chuva, elimina a compactação superficial e mantém a capilaridade do solo, aumentando a infiltração e, conseqüentemente, reduzindo a enxurrada (MOTTER, ALMEIDA, 2015). Essas características, juntamente com a rotação de culturas no SPD, proporcionam também, melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo (SILVA, CAMARGO, CERETTA, 2000). Um sistema de manejo do solo como PD, em que não há intenso revolvimento da camada superficial do solo, é classificado como manejo conservacionista, já que preserva as características de qualidade do solo ao longo do uso (NUNES et al., 2014).

2.3.2 Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA)

Nos últimos vinte anos, o SIPA se tornou um importante sistema de manejo nos países em desenvolvimento (CARVALHO et al., 2014). Com área implantada maior que 25 milhões de km² pelo mundo, segundo Bell e Moore (2012), é responsável pela produção de quase metade dos alimentos, sendo 41% de milho, 86% de arroz, 66% de sorgo e 65% de bovinos, 75% leite de origem animal (bovinos, caprinos e bubalinos) e 55% dos cordeiros (HERRERO et al., 2010). A premissa desse sistema é a associação de cultivos agrícolas e produção animal, visando

melhor aproveitamento do solo (MORAES et al., 2014). O SIPA tem o plantio direto e uso racional dos recursos como base. A melhoria da proposta permite que se aumente a intensidade de exploração agrícola na área, mantendo a sustentabilidade ambiental (WRIGHT et al., 2011). A diversificação proporcionada irá reduzir, substancialmente, a incidência de pragas, doenças e ervas daninhas, além de proteger o solo contra possíveis degradações, quando comparado aos demais sistema de cultivo (SANDERSON et al., 2013). O aumento no aproveitamento dos nutrientes, menor uso de insumos por área e maior eficiência no uso dos maquinários são os pontos-chave que evidenciam as vantagens do SIPA. O produtor terá maior liquidez financeira pelo incremento da renda na mesma área trabalhada e com menor risco associado (RYSCHAWY et al., 2012).

Esse sistema é reconhecido como uma importante mudança na agricultura mundial, visto que os pequenos agricultores estão cada vez com mais dificuldades de se manter no campo, e um dos principais fatores responsáveis, são as práticas agrícolas não sustentáveis (SALTON et al., 2014). Os recursos ambientais são capazes de suprir a agricultura com práticas convencionistas ao longo dos anos, sendo necessário encontrar alternativas para produção. Neste sentido, o SIPA é um sistema que proporciona resiliência ambiental pelo aumento da diversidade biológica e pela eficiente ciclagem de nutrientes, melhorando a QS, além de prover serviços ecossistêmicos e contribuir para a adaptação e mitigação das mudanças climáticas (RYSCHAWY et al., 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina *campus* Curitibanos. A fazenda está localizada no interior do município de Curitibanos, no Planalto Catarinense, com latitude 27° 16' 3" sul e longitude 50° 50' 16" oeste e altitude de 1000 metros acima do nível do mar.

O solo é classificado como Cambissolo Haplico de textura argilosa com topografia suavemente declivosa e com condições de boa drenagem (EMBRAPA, 2006). O clima é do tipo Cfb, com temperaturas menores que 15 °C no inverno e maiores que 25°C no verão. A pluviosidade é bem distribuída ao longo do ano, tendo precipitação média de 1600 mm (CLIMATE-DATA, 2018).

A região pertence ao bioma mata atlântica, com floresta denominada como ombrófila mista, possuindo como uma das espécies dominantes no dossel a *Araucaria angustifolia*, e também uma densa vegetação no sub-bosque (VIBRANS et al., 2015).

3.2 COLETA E DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS

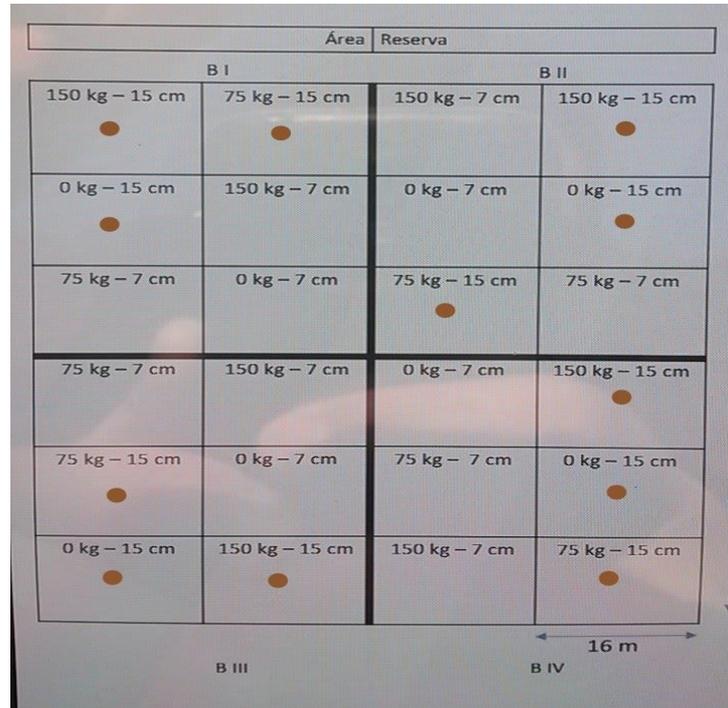
3.2.1 Coleta das amostras e delineamento experimental

O SIPA da fazenda experimental na UFSC foi implantado no ano de 2015, em que foi adotado o sistema com pastejo de aveia preta no período de inverno e a rotação de culturas de grãos no verão. O sistema de culturas utilizado foi: triticale (inverno) em 2015, feijão preto (verão) em 2015/2016, aveia preta (inverno) em 2016, milho (verão) em 2016/2017, aveia preta (inverno) em 2017, soja (verão) em 2017/2018. A adubação nitrogenada era realizada conforme a demanda das culturas, baseada nas análises de solo.

A área de coleta, no SIPA, foi dividida em vários piquetes delimitados para facilitar a identificação e aplicação das dosagens de nitrogênio na aveia (cultura de inverno) e do manejo dos animais. No delineamento para realizar as coletas de solo foi utilizada a metodologia empregada por Alves et al. (2011), em que cada piquete, com 224m² recebeu a demarcação de pontos de coletas de 1m² na área central, em parcelas previamente determinadas que foram: 0 kg de nitrogênio/ha, 75 kg de N/ha e 150 kg N/ha. A fonte nitrogenada para adubação foi a ureia 45% (CH₄N₂O). Neste projeto, os piquetes coletados foram os que teriam o pasto

manejado a 15 cm de altura. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial, sendo três épocas de avaliação e três tratamentos (dosagens de nitrogênio). Na figura, é possível observar como as áreas de coleta foram distribuídas em função do espaço.

Figura 1 –Delineamento experimental utilizado para SIPA UFSC Curitibanos,



Fonte: BRATTI (2016). Os pontos laranja indicam os piquetes em que as coletas de solo foram realizadas para avaliação da BMS.

A semeadura da aveia na área se deu no dia 08/05/2017, com a adubação 0-18-18. Em cada época de coleta eram retiradas 12 amostras de solo, totalizando 36 amostras, em três épocas, ao longo do ciclo da aveia. A primeira coleta foi realizada depois da estabilização da cultura na área, com 50 Dias Após a Semeadura (DAS), antes de ser realizada a adubação nitrogenada nas parcelas. A segunda coleta foi realizada 30 dias após a primeira aplicação de nitrogênio e um dia antes da entrada dos animais na área (80 DAS). A última coleta foi realizada 60 dias após a aplicação de nitrogênio e um dia após a saída dos animais (110 DAS).

De cada parcela foram retiradas cinco sub amostras simples à profundidade de 0-10 cm, formando uma amostra composta com aproximadamente 300g de solo. As amostras foram coletadas com o auxílio de um trado holandês, dentro das respectivas áreas mencionadas.

Após a coleta do solo, as amostras foram levadas ao laboratório para o início das análises. Impurezas como raízes e sementes foram retiradas do solo para evitar interferências nos resultados. Torrões e outros materiais que não era solo também foram removidos no peneiramento.

A umidade do solo foi determinada através da metodologia gravimétrica definida por Silva, Azevedo, De-Polli (2007). Essa verificação da umidade é importante, pois deve ser definida uma quantidade de água a ser adicionada para que as amostras fiquem com 70% da capacidade de campo.

3.2.2 Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)

A extração do carbono foi realizada pelo método de fumigação-extração proposto por Vance et al. (1987).

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

As triplicatas referentes ao processo de fumigação receberam 1 mL de CHCl_3 (clorofórmio isento de etanol), sendo devidamente tampadas e armazenadas em local sem luminosidade por 24 horas e com temperatura de 27,5 °C. No dia seguinte, as tampas foram retiradas em capela para a exaustão do clorofórmio. As triplicatas destinadas ao processo sem fumigação foram mantidas sob temperatura ambiente até início do processo de determinação do C.

Encerrado o período de fumigação, as amostras fumigadas (F) e não fumigadas (NF), foram acrescidas de 50 mL da solução extratora $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (Sulfato de potássio) a 0,5 mol . L⁻¹ com pH ajustado na faixa de 6,5 e submetidas à agitação horizontal por 30 minutos a 220 rpm. Após decantação de 30 minutos, procedeu-se a filtragem em filtro de papel 28 µm e depois direcionadas para a determinação de C ou armazenamento a 4 °C por no máximo 10 dias.

O carbono das amostras FE e NF foi determinado por dicromatometria, a partir da retirada de uma alíquota de 8 mL da amostra do material extraído do solo anteriormente, adicionando 2 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (dicromato de potássio) a 0,066 mol . L⁻¹, 15 mL de uma solução ácida, formada por H_2SO_4 (ácido sulfúrico) concentrado e H_3PO_4 (ácido fosfórico) concentrado, numa proporção de 2:1. As amostras foram levadas ao condensador previamente montado sob chapa aquecedora, sempre em grupos de quatro: três amostras representavam os extraídos do solo e uma representava a prova do branco. Após o início da fervura das amostras no condensador, era contabilizado um tempo de 30 minutos. Após a fervura, permaneceram acopladas aos condensadores, mas suspensas para não ter contato com a chapa, até que

ocorresse um breve resfriamento do líquido. Em seguida foram adicionados 20 mL de água destilada, retirados do condensador e submetidas ao processo de titulação com $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (sulfato ferroso amoniacal hexahidratado) $0,04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Como indicador do ponto de equivalência, foram utilizadas cinco gotas de ferroin (fenantrolina + sulfato ferroso heptahidratado). Ao final da titulação, a coloração do extraído mudava de verde para o vermelho.

O carbono extraído foi calculado pela fórmula:

$$C \text{ (mg C kg}^{-1} \text{ Solo)} = [(v_b - v_a) \cdot M \cdot 0,003 \cdot V_1 \cdot 10^6] / (P_s \cdot V_2)$$

Onde: C = carbono extraído do solo; v_b (mL) = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da solução controle (branco); v_a (mL) = volume gasto na titulação da amostra; M = molaridade exata do sulfato ferroso amoniacal; 0,003 = miliequivalente do carbono; V_1 = volume do extrator $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$; 10^6 = transformação em mg de C/Kg de solo; P_s (g) = massa de solo seco; V_2 = alíquota pipetada do extrato para a titulação.

O cálculo do C-BMS é dado pela fórmula:

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

Onde: C-BMS = biomassa de carbono microbiano do solo em mg de C por Kg de solo; FC = fluxo obtido da diferença entre a quantidade de C ($\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$) recuperada no extrato da amostra fumigada e a recuperada na amostra não fumigada, ou seja, $\text{FC} = C_{\text{FE}} - C_{\text{NF}}$; Kc = fator de correção. Foi utilizado fator $\text{Kc} = 0,33$ descrito por Tate et al., (1988).

3.2.3 Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS-N)

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

Para a determinação do N foi utilizado 10 mL do extrato, acrescidos de 2 g da mistura catalisadora (500,00 g de sulfato de potássio + 1,500 g de selênio + 25,000 g de sulfato cúprico, homogêneos), 5 mL de ácido sulfúrico. Os líquidos foram adicionados em microtubos de Kjeldahl e os tubos foram transferidos para o bloco digestor dentro de capela de exaustão, onde seguiram por 2 horas à temperatura controlada de 350°C . Ao fim da digestão, os tubos foram transferidos para um suporte até que os vapores presentes desaparecessem. Depois de um breve resfriamento, 5 mL do líquido digerido foi adicionado em uma proveta de 50 mL e o volume da proveta foi completado com água deionizada, fazendo com que o líquido digerido fosse

diluído em aproximadamente cinco vezes. O líquido diluído foi transferido para frascos de armazenamento.

Para destilação foi utilizado o líquido já diluído, em que 10 mL foram transferidos para novos microtubos em que foram adicionados 13 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 40%. Após a destilação, o líquido foi transferido para Erlenmeyers previamente preparados contendo ácido bórico 2%. Em seguida, o líquido destilado foi titulado com ácido sulfúrico a 0,0015 M. Não era necessário um indicador para esta titulação. O ponto de equivalência foi verificado pela mudança da coloração do verde escuro para o rosa.

O N BMS é dado pelas seguintes equações:

$$N \text{ (mg N kg}^{-1} \text{ solo)} = ((v_a - v_b) \cdot (\text{MAC} \cdot 2) \cdot 0,014 \cdot V_1 \cdot 10^6) / (V_2 \cdot \text{PS})$$

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

$$\text{MAC} = [\text{MTHAM} \cdot V_{\text{THAM}}] \cdot 0,5 / V_{\text{AC}}$$

Onde: MTHAM = molaridade da solução Tris hidroxí amino metano (THAM); V_{THAM} = volume de alíquota de Tris hidroxí amino metano (THAM) utilizado na titulação; 0,5 - razão estequiométrica; V_{AC} = 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, ou seja, $\text{FN} = \text{N}_{\text{FE}} - \text{N}_{\text{NF}}$; KN = fator de correção, no valor de 0,54 sugerido por Brookes et al. (1985).

3.2.4 Determinação da respiração da biomassa microbiana do solo

A determinação da respiração BMS foi feita pelo método de respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo ($q\text{CO}_2$), descritos originalmente por Jenkinson e Powlson (1976) apud Silva; Azevedo; De-polli, (2007). Neste parâmetro de avaliação, não há amostras fumigadas.

Foram utilizados os mesmos métodos de peneiramento das amostras e verificação da umidade do solo, descritos nos métodos de determinação de C e N. As amostras foram

analisadas em triplicatas. A amostra inicial foi dividida em três subamostras de 20g e acondicionada em frascos herméticos de 250 mL. Em cada frasco com solo devidamente pesado, foi adicionado um pequeno frasco de penicilina (sem tampa) contendo 10 mL do agente aprisionador de CO₂ (NaOH 1 M). Para melhorar a vedação, foi colocado um plástico na boca dos frascos, no momento em que foram fechados, para que não ocorresse entrada ou fuga de CO₂. Para a prova branca, o mesmo procedimento foi realizado, a única diferença é que no frasco hermético dessa amostra, não havia solo. O período de incubação foi de sete (7) dias em local sem luminosidade e com temperatura de 27,5° C.

Após o processo de incubação, os frascos de penicilina foram retirados, e a esses, foram adicionados 2 mL de cloreto de bário (BaCl₂ 10%), para aprisionamento do CO₂. Os frascos de penicilina foram fechados para evitar reação com o ambiente externo.

Em seguida, a amostra foi destampada e transferida para um Erlenmeyer. Foram adicionadas cinco gotas de fenolftaleína para servir de indicador, utilizando-se HCl 0,1 M para a titulação. O ponto de equivalência foi observado quando a coloração passou de rosa para transparente.

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 qCO₂ do solo é dado pela seguinte equação:

$$q\text{CO}_2 \text{ (mg C - CO}_2 \cdot \text{mg C-BMS}^{-1} \text{ h}^{-1}) = \text{RBS} \cdot 1000 / \text{C-BMS}$$

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

3.3- ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e quando significativo, ao teste de médias Tukey a 10% no programa Sisvar, em fevereiro de 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA (BMS-C)

De acordo com a tabela de resultados (tabela 1) pode-se notar que houve diferença estatística no parâmetro BMS-C, evidenciada na terceira coleta, aos 110 DAS, com 75 e 150 kg de N/ha. Aos 50 DAS e aos 80 DAS não houve diferença estatística significativa entre tratamentos (doses de N) e entre coletas.

Tabela 1 – Carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C) de sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) com três épocas de coleta e três dosagens de nitrogênio.

Épocas de avaliação (DAS)	Carbono BMS (mg C microbiano Kg ⁻¹ solo)		
	0	75	150
50	139,4 bB	139,77 bB	211,02 bB
80	151,8 bB	286,55 bB	324,82 bB
110	159,15 bB	288,52 bA	416,02 aA

DAS – Dias Após a Semeadura. 0 – Tratamento com zero Kg de nitrogênio/ha; 75 – tratamento com 75 kg de N/ha; 150 – Tratamento com 150 Kg de N/ha. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade de erro. Coeficiente de variação (CV) = 17,28%. Valor-p =

Os teores de BMS-C variaram entre 139,4 a 416,02 mg C Kg⁻¹ solo seco entre as épocas de coleta avaliadas e doses de nitrogênio.

O tratamento sem adubação nitrogenada obteve as menores médias de BMS-C, o que era esperado, pois sem nitrogênio aplicado na cultura, o crescimento da pastagem é bastante reduzido, diminuindo a biomassa vegetal produzida e a capacidade metabólica da cultura. Isso resulta em menor cobertura presente no solo, fazendo com que os microrganismos utilizem o carbono da camada superficial em seu metabolismo, reduzindo o acúmulo de carbono (ASSMANN et al., 2003; DINIZ FILHO, et al. 2007).

A ausência de diferença estatística na primeira coleta (50 DAS) pode ter ocorrido em função de que nessa época de avaliação, não havia sido realizada a adubação nitrogenada e

ainda não havia presença de animais na área. Portanto, as condições de solo nas parcelas eram muito semelhantes.

Aos 80 DAS, apesar de não ter ocorrido diferença estatística, foi possível observar um aumento nos valores de BMS-C, em que o tratamento 150 Kg/ha de N obteve as maiores médias da época de coleta.

Na terceira época de avaliação, aos 110 DAS, o tratamento 75Kg/ha e 150Kg/ha se diferenciaram estatisticamente. O tratamento com 150Kg/ha de N ainda se diferenciou entre coletas, obtendo as maiores médias deste experimento, com 416,02 mg C Kg⁻¹ solo seco, valores semelhantes aos encontrados foram observados nos mais diversos trabalhos da literatura (ALVES et al., 2011; DELBEM et al., 2011; GONÇALVES, 2019).

O trabalho de Gonçalves (2019) obteve resultados semelhantes, em que avaliou a BMS de SIPA com diferentes sistemas de cultura implantados. Esses sistemas de cultura foram os tratamentos do experimento, em que T1 – algodão na safra e pousio pós colheita; T2 – soja na safra e milho na safrinha; T3 – pasto por oito meses com milho consorciado com *U. ruziziensis* niger e trigo mourisco na safrinha; T4 - Pasto consorciado com *U. ruziziensis* niger, nabo forrageiro e crotalária por 21 meses; T5 – Soja na safra com pasto de *U. ruziziensis* consorciado com niger, nabo forrageiro, trigo mourisco na safrinha. Os maiores valores de BMS-C variaram de 300 mg C kg⁻¹ e 468 mg C kg⁻¹ e foram obtidos nos tratamentos em que havia maior diversidade vegetal presente, nos tratamentos T2, T3, T4, T5. Os resultados foram justificados em função da maior quantidade de resíduo que estava sendo aportado no solo, ocasionando maior decomposição desses resíduos e maior reciclagem de nutrientes, demonstrando que o SIPA, quando conduzido com diversidade de espécies vegetais, promove benefícios para a BMS. Considerando que o BMS-C representa a quantidade de carbono imobilizada pelos microrganismos na composição celular, é possível observar que os tratamentos que obtiveram as maiores médias são mais eficientes ao sistema, já que melhoram a qualidade do solo (ALVES et al., 2011; GONÇALVES, 2019).

No estudo de Hoffmann et al. (2018) em que avaliaram a influência de diferentes sistemas de manejo do solo na BMS, sendo esses, uma área cultivada em sistema convencional, outra com pastagem e a última, uma mata nativa secundária, definiram que os sistemas de cultivos associados a maior diversidade vegetal e menor revolvimento do solo favoreceram o acúmulo de carbono da BMS, em função da maior disponibilidade de matéria orgânica, fatores esses que são compatíveis com os benefícios promovidos pelo SIPA (DOMINSCHER et al., 2018).

A BMS também foi avaliada em SIPA com diferentes níveis de complexidade por Kleina (2017), em que considerou os diferentes sistemas de cultura utilizados como

tratamentos, que foram: lavoura (L,) pecuária (P), lavoura-pecuária (LP), lavoura-pecuária-floresta (LPF). Os resultados foram muito semelhantes aos obtidos neste experimento, com médias na faixa de 160,4 mg C Kg⁻¹ solo e apesar da diferença entre os sistemas de cultura avaliados, não encontrou diferenças significativas de BMS-C, indicando que este parâmetro pode ser variável aos diferentes modos de condução do manejo.

A adubação nitrogenada, que foi aplicada logo depois da primeira coleta, demonstrou efeitos no BMS-C, promovendo aumento nos valores deste parâmetro, ao longo das épocas de coleta (TABELA 1). Gil et al. (2019) avaliaram o efeito da adubação nitrogenada na BMS em um sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Como dosagens de nitrogênio, utilizaram 90Kg/ha de N e 180Kg/ha de N, totalizando quatro tratamentos, que eram ILP N90 (ILP com 90Kg/ha de N), ILP N180, ILPF N90 (ILPF com 90Kg/ha de N) e ILPF N180. A fonte nitrogenada utilizada foi ureia. O sistema ILP incrementou BMS-C e as maiores doses de nitrogênio nos tratamentos ILP e ILPF proporcionaram aumento na biomassa microbiana do solo. Segundo os autores, esses resultados podem ser justificados, devido ao maior aporte de material orgânico incorporado ao solo em função da adubação nitrogenada.

Delbem et al. (2011) obtiveram resultados diferentes no estudo em que avaliaram a BMS com diferentes fontes e doses de nitrogênio em um solo cultivado com *Brachiaria brizantha*. As doses testadas foram 0 Kg/ha, 100Kg/ha, 200 Kg/ha e 400 Kg/ha. Uma das fontes nitrogenadas utilizada foi a ureia, a mesma fonte utilizada neste experimento. Constataram que a fonte de N auxiliou no aumento do BMS-C, na dosagem de 100 Kg/ha, apresentando média de 823 mg C Kg⁻¹ solo. Porém, em doses maiores, 200 Kg/ha e 400 Kg/ha, as médias diminuíram para 475,55 mg C Kg⁻¹ solo e 607,22 mg C Kg⁻¹ solo respectivamente, resultados mais próximos aos obtidos neste experimento. A redução do BMS-C nas doses maiores foi associada ao estresse metabólico que altas doses de N podem causar à biomassa microbiana, causado pela redução do pH.

O pastejo animal pode ter contribuído para o aumento nos valores de BMS-C, ao longo das épocas de avaliação. Segundo Souza et al. (2010), o pastejo com intensidade moderada (altura de manejo a 15 cm de altura) contribui positivamente para o aumento do carbono orgânico do solo, em função da liberação de substâncias orgânicas pelas plantas, devido à constante renovação do sistema radicular e pelas excretas dos animais, elevando os teores de nutrientes para a BMS (SILVA et al., 2015).

4.2 NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS-N)

Foi observada diferença estatística entre coletas e entre tratamentos no parâmetro BMS-N e os resultados foram demonstrados na tabela 2.

Tabela 2 - Nitrogênio da BMS de sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) com três épocas de coleta e três dosagens de nitrogênio.

Épocas de avaliação (DAS)	Nitrogênio BMS (mg N Kg ⁻¹ solo)		
	0	75	150
50	64,41 aA	35,45 bB	38,32 bB
80	7,82 bB	5,36 bA	7,66 bB
110	29,58 aA	16,65 aB	2,72 bB

DAS – Dias Após a Semeadura. 0 – Tratamento com zero Kg de nitrogênio/ha; 75 – tratamento com 75 kg de N/ha; 150 – Tratamento com 150 Kg de N/ha. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade de erro. Coeficiente de variação (CV) = 20,32%.

Ao longo das épocas de avaliação foi possível verificar alta variação de resultados. No tratamento 0Kg de N/ha, as médias foram maiores na época 50 DAS, depois as médias diminuíram em 80 DAS e aumentaram novamente aos 110 DAS. O mesmo ocorreu no tratamento 75Kg/ha. Já no tratamento 150Kg/ha, os valores foram decrescendo conforme as épocas de avaliação, obtendo o menor resultado na terceira coleta. Era esperado que para os tratamentos em que o N foi aplicado, apresentassem valores crescentes em função da adição do nutriente no solo, pois segundo Graham et al. (2002), a aplicação de nitrogênio no solo tende a aumentar a biomassa microbiana e imobilizar o nutriente na constituição celular. Portanto, nos tratamentos em que houve aplicação nitrogenada deveriam apresentar maiores valores de BMS-N ao longo do experimento (GRAHAM et al., 2002).

Ao avaliar a BMS em diferentes sistemas de manejo do solo Perez, Ramos e McManus (2005) definiram que o BMS-N tende a aumentar em sistemas em que não ocorre revolvimento do solo e encontraram médias deste parâmetro na faixa de 19,21 mg N Kg⁻¹ solo e 11,25 mg N Kg⁻¹ solo, valores estes, semelhantes aos obtidos no SIPA de Curitiba. No SIPA ocorreu algum revolvimento apenas na linha de plantio, indicando que a perturbação, não foi relevante quanto em um sistema convencional de preparo do solo. Valores superiores foram encontrados por Barreto et al (2008) quando avaliaram a BMS em solo sob cultivo de eucalipto em diferentes idades de cultivo. Os autores realizaram as coletas em serrapilheira e solo. As médias

encontradas foram de 1037 mg N Kg⁻¹ solo a 3924 mg N Kg⁻¹ solo na área de serrapilheira, demonstrando que solos em que há um alto acúmulo de material vegetal, promove aumento nos atributos microbiológicos do solo. No SIPA conduzido em Curitiba, a cobertura vegetal não era abundante como em uma serrapilheira, o que pode explicar a diferença entre resultados.

Coser et al. (2007) avaliaram a BMS com diferentes dosagens de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 Kg/ha) e profundidades de coleta e observaram que os valores de BMS-N aumentaram apenas no tratamento em que foi aplicado a dosagem de 60 Kg de N/ha. Ainda afirmaram que as dosagens crescentes do nutriente acima de 90 Kg de N/ha, não afetaram a biomassa microbiana do solo, não promovendo imobilização ou mineralização pela microbiota.

O SIPA do experimento era conduzido a dois anos. No momento em que as análises foram realizadas. O pouco tempo de condução desse sistema no local pode ter influenciado os resultados obtidos para este parâmetro, visto que diversos autores observaram aumento apenas em longo prazo depois da implantação do sistema na área (HATCH et al. 2000; VARGAS et al. 2005).

A variação que se observou aos 80 DAS pode ter ocorrido em função das necessidades de nitrogênio da aveia, nesta época de avaliação. Sabe-se que as culturas possuem níveis de absorção variáveis durante o ciclo produtivo, em que algumas fases de desenvolvimento exigem maiores quantidades de nutrientes. Mondardo et al. (2013) avaliaram as taxas de absorção de nitrogênio pela cultura da aveia, ao longo do ciclo e definiram que a época de máxima taxa de absorção de nitrogênio se deu aos 64 DAS e 70 DAS, podendo ocorrer pequenas variações. Considerando que a segunda coleta do SIPA em Curitiba ocorreu aos 80 DAS, possivelmente, a cultura estava na época de máxima necessidade do nutriente, reduzindo, substancialmente, o conteúdo de nitrogênio disponível no solo e para a BMS.

4.3 RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO (RBS)

Na análise de variância, conforme a tabela 3, a diferença estatística foi observada na terceira época de avaliação entre as doses de N.

Tabela 3 - Carbono do CO₂ da RBS de sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) com três épocas de coleta e três dosagens de nitrogênio.

Épocas de avaliação (DAS)	RBS (mg de C-CO ₂ Kg ⁻¹ solo hora ⁻¹)		
	0	75	150
50	2,07 bB	1,95 bB	1,62 bB
80	1,72 bB	1,65a bB	2,02 bB
110	1,67 bA	1,52 bB	2,05 bA

DAS – Dias Após a Semeadura. 0 – Tratamento com zero Kg de nitrogênio/ha; 75 – tratamento com 75 kg de N/ha; 150 – Tratamento com 150 Kg de N/ha. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade de erro. Coeficiente de variação (CV) = 17.40%.

As taxas de emissão de CO₂ foram semelhantes em quase todas as coletas e tratamentos. A diferença estatística significativa entre tratamentos na terceira coleta (110 DAS) possivelmente, deveu-se a dois fatores principais: o primeiro, a ausência de adubação nitrogenada e menor biomassa vegetal no tratamento e o outro fator, no tratamento com 150 Kg/ha, à adição de alta dose de nitrogênio. Isto pode causar estresse, que em longo prazo ocasionará perdas de carbono orgânico do sistema (D'ANDRÉA et al., 2002). Apesar de ter ocorrido diferença estatística nos tratamentos citados (0 Kg/ha e 150 Kg/ha), os valores são semelhantes, mesmo na dose mais alta de N. Delbem et al. (2011) avaliaram a RBS com dosagens de nitrogênio de 0 Kg/ha, 100 Kg/ha, 200 Kg/ha e 400 Kg/ha e não encontraram diferença significativa entre os tratamentos para este parâmetro, demonstrando que a BMS tem um comportamento muito variável, e que não é apenas a adubação nitrogenada que influencia o metabolismo.

Gil et al., (2019) também avaliaram a BMS em SIPA com duas dosagens de nitrogênio, 90 Kg/ha e 180 Kg/ha, e observaram que a RBS não foi afetada. Guimarães et al. (2016) analisaram a RBS em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro e obtiveram médias semelhantes as deste experimento. Porém, não encontraram diferenças significantes entre tratamentos. Deve-se considerar que biomassa microbiana com metabolismo estável tende a ter menos variação de emissão de CO₂, mesmo entre diferentes tratamentos (CUNHA et al., 2012).

Como o SIPA vem sendo conduzido desde o ano de 2015 na área, a construção da matéria orgânica no solo pode ter gerado uma estabilidade na atividade da BMS.

Nos trabalhos de Silveira (2017) e Fernandes Jr. (2020) que avaliaram a BMS em diferentes sistemas de cultivo, sendo esses, sistema de plantio convencional (PC), sistema de plantio direto (PD) e mata nativa (MT), os autores obtiveram médias muito semelhantes às encontradas para esta variável, no experimento aqui descrito. Considerando que diversos fatores influenciam o metabolismo da BMS, estas médias semelhantes em diferentes trabalhos realizados na região, podem indicar uma característica da biomassa local. A formação do solo, temperaturas e pluviosidade semelhantes podem estar contribuindo para este fato (SANTOS; FIORELLI; MACHADO, 2020).

4.4 QUOCIENTE METABÓLICO (qCO_2)

A tabela 4 demonstra que não houve diferença estatística significativa entre coletas e entre tratamentos para este parâmetro da BMS.

Tabela 4 – Quociente metabólico referente às épocas de coleta e dosagens de nitrogênio em sistema integrado de produção agropecuária.

Épocas de avaliação (DAS)	qCO_2 (mg C - CO_2 . mg C-BMS ⁻¹ h ⁻¹)		
	0	75	150
50	15,85 bB	16,72 bB	10,07 bB
80	15,30 bB	9,47 bB	7,35 bB
110	10,32 bB	8,85 bB	10,12 bB

DAS – Dias Após a Semeadura. 0 – Tratamento com zero Kg de nitrogênio/ha; 75 – tratamento com 75 kg de N/ha; 150 – Tratamento com 150 Kg de N/ha. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade de erro. Coeficiente de variação (CV) = 18,34.

Como o qCO_2 pode ser utilizado como um complemento de análise da RBS, a ausência de diferença estatística confirmou os resultados obtidos anteriormente. Apesar da diferença ter ocorrido na terceira coleta (110 DAS) entre os tratamentos no parâmetro RBS, os valores foram muito semelhantes. Esperava-se que houvesse uma diferença significativa no qCO_2 , pelo menos entre os tratamentos 0Kg/ha e 150Kg/ha, já que esses foram os dois extremos em relação às doses de nitrogênio. Neufeld (2016) avaliou a BMS de um SIPA conduzido em sucessão de

soja no verão e aveia e azevem no inverno, mas não encontrou diferenças significativas para a variável qCO_2 . Gil et. al. (2019) e Guimarães et al. (2016) também não encontraram diferença estatística neste parâmetro. No primeiro trabalho, os autores avaliaram a BMS em um SIPA com duas dosagens de nitrogênio, que foram 90 Kg/ha e 180 Kg/ha. No segundo trabalho, os autores analisaram a BMS em solo cultivado em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro, indicando que, mesmo sob os mais diversos sistemas de cultura implantados e diferentes quantidades de adubação, esta variável foi pouco afetada, assim como no SIPA em Curitiba.

Gonçalves (2019) obteve valores semelhantes ao comparar a BMS de SIPA com diversos sistemas de cultura implantados. Esses sistemas consistiam em área com cultivo de algodão e pousio posterior à colheita e outros quatro sistemas de cultivo que possuíam maior diversidade vegetal implantada na condução. No trabalho em questão, observou-se valores semelhantes ao do SIPA em Curitiba. Porém, ocorreu diferença estatística entre os tratamentos avaliados, no qual os menores valores observados foram encontrados nos tratamentos em que havia maior diversidade vegetal. Delbem et al. (2011) também observaram diferença estatística neste parâmetro avaliado da BMS em um solo cultivado com *Brachiaria brizantha*, no qual o qCO_2 aumentou com as doses crescentes de N aplicadas. Os maiores valores observados foram nos tratamentos 200 Kg/ha de N e 400 Kg/ha de N. Estes dados demonstraram que quando o SIPA é conduzido com baixa diversidade vegetal ou com dose de nitrogênio acima de 200 Kg/ha, há uma tendência de aumento nos níveis de qCO_2 .

5 CONCLUSÃO

A BMS foi afetada pela adubação nitrogenada no SIPA no experimento.

O parâmetro BMS-C apresentou uma tendência de aumento ao longo das épocas de coleta e com o aumento das doses nitrogenadas. Porém, foi possível observar diferenças estatísticas apenas na terceira coleta.

Os parâmetros RBS e qCO_2 foram pouco afetados pelos tratamentos e épocas de avaliação.

O BMS-N diminuiu ao longo das épocas de avaliação, sugerindo que possivelmente, outros processos que envolvem o nitrogênio devem estar envolvidos, sendo necessários estudos mais aprofundados sobre o assunto.

A adubação nitrogenada não aumentou todos os parâmetros analisados, sugerindo que alguns atributos são mais sensíveis.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. S. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, 2011.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.857-865, 2000.
- ASSMANN, T. S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A. L.; KOEHLER, H. S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 27, n. 4, p. 675-683, ago. 2003. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832003000400012> . Acesso em: 22 jan. 2021.
- ASSMANN, A. L.; PIN, E. A. Manejo de Biomassa. In: ASSMANN, A. L.; SOARES A. B.; ASSMANN, T. S. (Ed.). *Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar*. Londrina: IAPAR, 2008. p.11-13.
- BALBINOT Jr., A. A. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Ciência Rural*, v. 39, p. 1925-1933, 2009.
- BARRETO, P. A. B. *et al.* Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campos dos Goytacazes, v. 32, n. 1, p. 611-619, out. 2008.
- BELL, L. W.; MOORE, A. D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. *Agricultural Systems*, v. 111, p. 1-12, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X12000686?via%3Dihub>. Acesso em 22 fev. 2021.
- BLANKENAU, K.; OLFS, H.-W.; KUHLMANN, H. Effect of microbial nitrogen immobilization during the growth period on the availability of nitrogen fertilizer for winter cereals. *Biology and Fertility of Soils*, v.32, p.157-165, 2000.
- BOULAL, HAKIM.; GÓMEZ-MACPHERSON, HELENA.; GÓMEZ, J. A.; MATEOS, L. Effect of soil management and traffic on soil erosion in irrigated annual crops. *Soil & Tillage Research*, v.115, p.62–70, 2011.
- BROOKES, P.C.; LANDMAN, Andrea; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.s. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology And Biochemistry*, [S.L.], v. 17, n. 6, p. 837-842, jan. 1985. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(85\)90144-0](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(85)90144-0).
- CANDIOTTO, L.; CARVALHO, A. F. G.; ZATTA, A. C.; CANDIOTTO, F.; BEAL, G.; VERZA, L. Produtividade de grãos de milho silagem após azevem manejado com diferentes alturas e estratégias de adubação nitrogenada. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 3653-3658, 2020. BJAER. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.34188/bjaerv3n4-070>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

CARDOSO, M. O. Métodos para quantificação da biomassa microbiana do solo. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 25, n. 1, p.1-12, maio 2004.

CERETTA C. A.; AITA C. Manejo e conservação do solo. Santa Maria: Ufsm, 2012. 89 p. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/16180/Curso_Agric-Famil-Sustent_Manejo-Conservacao-Solo.pdf?sequence=2&isAllowed=y . Acesso em: 12 abr. 2021.

CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.5, p.333-370, 2007.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; PONTES, L. S.; ANGHINONI, I.; SULC, R. M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**: Definitions and terminologies for Integrated Crop-Livestock System, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 1040-1046, set. 2014.

CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Sistema plantio direto: Evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. In: Ceretta, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, JACKSON, L.E.; CALDERON, F.J.; STEENWERTH, K.L.; SCOW, K.M.; ROLSTON, D.E. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma*, v.114, p.305-317, 2003.

CLIMATE-DATA. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Clima: Curitiba. 2018. Disponível em: <http://pt.climate-data.org/location/28590/> . Acesso em: 08 abr. 2018.

COSER, T. R.; RAMOS, Maria L. G.; AMABILE, R. F.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo de Cerrado com aplicação de fertilizante nitrogenado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 399-406, mar. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pab/v42n3/14.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2021.

CUNHA, E. Q. et al. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2012, Vol.16(1), p.56(8).

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. & FERREIRA, M. M. Atributos de agregação indicadores de qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos Cerrados no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 26:1047-1054, 2002.

DE MARIA, I. C. Erosão e terraços em plantio direto. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.17-22, 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000119&pid=S1415-4366201100060000300018&lng=en. Acesso em: 15 abr. 2018.

DELBEM, F. C.; SCABORA, M. H.; SOARES FILHO, C. V.; HEINRICHS, R.; CROCIOLLI, C. A.; CASSIOLATO, A. M. R. Fontes e doses de adubação nitrogenada na atividade microbiana e fertilidade do solo cultivado com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 361-367, 11 abr. 2011. Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/asagr/v33n2/24.pdf>>. Acesso em: 21mar. 2021.

DINIZ FILHO, E. T. et al. A prática da compostagem no manejo sustentável de solos. **Revista Verde**, Mossoró, v.2, n.2, p.27-36, 2007.

DOMINSCHKEK, Rubia *et al.* **Sistema integrado de produção agropecuária na promoção da intensificação sustentável**: boletim técnico do núcleo de inovação tecnológica em agropecuária. Curitiba: Ufpr, 2018. 79 p. Disponível em: <https://www.aliancasipa.org/wp-content/uploads/2018/11/Boletim-NITAAS.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2021.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment* Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA special publication, 35

EMBRAPA. **Apostila de Adubação Orgânica**. Brasília: Embrapa, 2017. 17 p.

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

EMBRAPA. Os solos do Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FAO. An international consultation on integrated croplivestock systems for development: The way forward for sustainable production intensification. *Integrated Crop Management*, v. 13, 64p., 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i2160e/i2160e.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

FASSARELLA, K. M. et al. Caracterização quali-quantitativa da matéria orgânica do solo. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 5, p.18-30, dez. 2012. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1814/1423>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

FERNANDES JUNIOR, M. **Atividade da biomassa microbiana em diferentes sistemas de plantio**. 2020. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2020.

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

FIALHO, C.M.T. *et al.* Weed Interference in Soybean Crop Affects Soil Microbial Activity and Biomass. **Planta Daninha**, Santa Helena, v. 38, n. 8, p. 1-6, jan. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582020380100046>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/f785vpRV6kzCxCL7qqCntpG/?format=pdf&lang=en> . Acesso em: 21 mai. 2021.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/Faepe, 2001. 252p.

GIL, A. C. P; BERTAGNOLI, B. G. P.; MENONCIN, A. S.; COLOZZI FILHO, A.; PONTES, L. S. **Biomassa microbiana do solo em sistemas integrados de produção**

agropecuária com adubação nitrogenada. In: VI Reunião Paranaense de Ciência do Solo - RPCS, 2019, Ponta Grossa. Instituto Agronômico do Paraná, 2019. p. 1-4. Disponível em: http://rpcs2019.com.br/trabalhos_aprovados/arquivos/05072019_180507_5cd1fb3729c4e.pdf. Acesso em: 14 set. 2020.

GONÇALVES, E, C. **Biomassa microbiana do solo em sistemas integrados de produção agropecuária com níveis crescentes de diversidade vegetal no cerrado**. 2019. 30 p. TCC - Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2019. Disponível em: https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1014/1/TCC_2019_Evelyn%20Custodio%20Goncalves.pdf Acesso em: 28 mar. 2021.

GRAHAM, M.H.; HAYNES, R.J.; MEYER, J.H. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a longterm sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biology and Biochemistry*, v.34, p.93-102, 2002.

GUGGENBERGER, G.; ZECH, W.; HAUMAIER, L.; CHRISTENSEN, B.T. Landuse effects on the composition of organic matter in particle-size separates of 13 soil: II. CPMAS and solution C NMR analysis. *European Journal of Soil Science*, Dordrecht, v.46, p.147-158, 1995.

GUIMARÃES, N. F. *et al.* Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Seropédica, v. 40, n. 1, p. 34-44, mar. 2017. Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal. <http://dx.doi.org/10.19084/rca16041>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16425/13378> . Acesso em: 25 mai. 2021.

HATCH, D.J.; LOVELL, R.D.; ANTIL, R.S.; JARVIS, S.C.; OWEN, P.M. Nitrogen mineralization and microbial activity in permanent pastures amended with nitrogen fertilizer or dung. *Biology and Fertility of Soils*, v.30, p.288-293, 2000.

HERRERO, M. *et al.* Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, v. 327, p. 822-825, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/41424900_Smart_Investments_in_Sustainable_Food_Production_Revisiting_Mixed_Crop-Livestock_Systems. Acesso em: 22 abr. 2021.

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

HUNGRIA, Mariangela *et al.* **Plantio direto e qualidade do solo**. Londrina: Embrapa Soja, 2013.

JACKSON, L.E.; CALDERON, F.J.; STEENWERTH, K.L.; SCOW, K.M.; ROLSTON, D.E. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma*, v.114, p.305-317, 2003.

KLEINA, G. B. **Biomassa microbiana e carbono mineralizável no solo em sistemas integrados de produção agropecuária**. 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em:

<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/49107/R%20-%20D%20-%20GEORGIA%20BASCHEROTTO%20KLEINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 24 mai. 2021.

LENZ, G. L. *et al.* Estrutura do Solo e Matéria Orgânica Leve em Diferentes Sistemas de Manejo do Solo. In: XII Reunião sul brasileira de ciência do solo, 12., 2018, Xanxerê. **Estrutura do Solo e Matéria Orgânica Leve em Diferentes Sistemas de Manejo do Solo**. Xanxerê: Epagri, 2018.

MACHADO, D. M.; SCHOSSLER, T. R.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R. de; PIAUILINO, A. C. Atividades microbianas e as transformações no ciclo dos elementos no solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 8, p. 180-196, nov. 2012. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/atividades%20microbianas.pdf> . Acesso em: 20 mai. 2021.

MATIAS SSR et al. 2012. Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 7: 414-420

MENDES, I. C. et al. **Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade?** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 31 p.

MERCANTE, F. M. **Os microrganismos do solo e a dinâmica da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 14 p.

MONDARDO, D.; BULEGON, L. G.; OHLAND, T.; SANTOS, L. B. dos; GERHARDT, I. F. S. **Marcha de absorção de nitrogênio na aveia preta fertilizada com doses crescentes de cama de frango**. 2013. Disponível em: <https://pt.engormix.com/pecuaria-corte/artigos/nitrogenio-aveia-fertilizada-cama-frango-t37938.htm> . Acesso em: 04 jun. 2021.

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 819-826, 2004.

MOORE, J.M.; KLOSE, S.; TABATABAI, M.A. Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems. *Biology and Fertility of Soils*, v.31, p.200-210, 2000.

MORAES, A. de *et al.* Research on Integrated Crop-Livestock Systems in Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 1024-1031, jun. 2014.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. de. **Plantio Direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. 73 p.

NEUFELD, A. D. H. **Bioindicadores de qualidade do solo em um sistema integrado de produção agropecuária**. 2016. 74 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/11296/Neufeld%2c%20Angela%20Denise%20H%2c%20bcbert.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 29 mai. 2021.

NOVAIS, R. F. et al (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

NUNES, M. R.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. Efeito de semeadora com haste sulcadora para ação profunda em solo manejado com plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Pelotas, v. 38, n. 5, p. 627-638, out. 2014.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/69Mq8BRdSxtYCsS5sXrTVDX/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 24 mai. 2021.

PEGORARO, R. F. et al. Fenóis derivados da lignina, carboidratos e aminoaçucars em serrapilheira e solos cultivados com eucalipto e pastagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p.359-370, jan. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v35n2/a20v35n2.pdf> . Acesso em: 10 abr. 2018.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Ipeúna, v. 40, n. 2, p. 137-144, fev. 2005. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2005000200006>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/jKy4h43mkk95qLGJ65QpCwj/?lang=pt> . Acesso em: 02 jun. 2021.

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

RYSCHAWY, J. et al. Mixed crop-livestock systems: An economic and environmental-friendly way of farming? *Animal*, v. 6, p. 1722-1730, 2012. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731112000675?via%3Dihub>. Acesso em 22 mar. 2021.

SALTON, J.C.; HERNANI L. C.; FONTES, C.Z. Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa-SPI, 1998.

SALTON, J. C. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 190, p. 70-79, 2014.

SANDERSON, M. A. et al. Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop–livestock systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 28, p. 129-144, 2013. Disponível em:

<https://www.cambridge.org/core/journals/renewable-agriculture-and-food-systems/article/diversification-and-ecosystem-services-for-conservation-agriculture-outcomes-from-pastures-and-integrated-croplivestock-systems/C29F7658818F1EC373A4F00B6E845032>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SANTOS, W. P., FIORELLI, E. C., MACHADO, C. B. Atividade microbiana sob o sistema de preparo do solo. Disponível em: < https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2016&q=quociente+metabolico++da+biomassa+microbiana+&btnG> .Acesso em: 24 fev. 2021.

SILVA, A. S.; COLOZZI FILHO, A.; NAKATANI, A. S.; ALVES, S. J.; ANDRADE, D. S.; GUIMARÃES, M. F. Microbial characteristics of soils under an integrated crop-livestock system. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 39, p. 40-48, 2015.

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

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

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. matéria orgânica do solo. in: NOVAIS, R.F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.276-374. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000112&pid=S1415-4366201100060000300014&lng=en. Acesso em: 13 abr. 2018.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed.). Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 1997. p.467-524.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: Meurer, E. J. Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.45-62. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000151&pid=S1415-4366201100060000300035&lng=en. Acesso 16 abr. 2018.

SILVA, L.; MARIA, I. C. Erosão em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 15, n. 6, p.554-561, jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662011000600003>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000600003 . Acesso em: 12 abr. 2018.

SILVAN, N.; VASANDER, H.; KARSISTO, M.; LAINE, J. Microbial immobilisation of added nitrogen and phosphorus in constructed wetland buffer. *Applied Soil Ecology*, v.24, p.143-149, 2003.

SILVEIRA, J. C. A. **Atividade microbiana como parâmetro de qualidade de solo na região de Curitiba - SC**. 28 p, 2017.

SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, Ibanor; LIMA, C. V. S. de; CARVALHO, P. C. de F.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Jataí, v. 34, n. 1, p. 79-88, fev. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832010000100008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/srPtcWvTfNh7N6gCfLc86XB/?lang=pt> . Acesso em: 03 jun. 2021.

TATE, K.R.; ROSS, D.J. & FELTHAM, C.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biol. Biochem.*, 20:329-335, 1988.

- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S.. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology And Biochemistry*, [S.L.], v. 19, n. 6, p. 703-707, jan. 1987. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6).
- VASQUES, N. C.; LUSTRI, B. M.; RAMARI, T. de O. I.; GASPAROTTO, F. Resposta da biomassa microbiana a diferentes corretivos de solo. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Maringá, v. 11, n. 7, p. 161-169, 10 dez. 2020. Companhia Brasileira de Producao Cientifica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.007.0015>. Acesso em: 21 mai. 2021.
- VARGAS, L. K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E. L. S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. *Ciência Rural*, v.35, p.76-83, 2005.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Revisão de literatura: uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p.743-755, abr. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000400001. Acesso em: 15 abr. 2018.
- VIBRANS, A. C. et al. **Inventário florístico florestal de Santa Catarina**: o que você deve saber sobre as florestas de Santa Catarina. Blumenau: Furb, 2015.
- VIEIRA, C. R. et al. Alterações da relação C/N de um latossolo vermelho-amarelo sob diferentes coberturas vegetais em Brasnorte – MT1. **Revista do Instituto Florestal**, Cuiabá, v. 26, n. 2, p.183-191, dez. 2014. Disponível em: http://iflorestal.sp.gov.br/files/2015/01/RIF26-2_183-191.pdf . Acesso em: 15 abr. 2018.
- WADT, P. G. S.; SILVA, J.R.T.; FURTADO, S.C. Dinâmica de nutrientes com ênfase para as condições de solos do Estado do Acre. In: Paulo Guilherme Salvador Wadt. (Org.). *Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre*. ed.Rio Branco: Embrapa Acre, 2005, v. 1, p. 175-228.
- WRIGHT, I. A. et al. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 92, p. 1010-1015, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.4556>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- ZAMAN, M.; CAMERON, K.C.; DI, H.J.; INUBUSHI, K. Changes in mineral N, microbial biomass and enzyme activities in different soil depths after surface applications of dairy shed effluent and chemical fertilizer. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.63, p.275-290, 2002.
- ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G. **Agricultura 4.0**. Nova Xavantina: Pantanal Editora, 2020. 116 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fabio-Steiner/publication/341658220_Manejo_da_adubacao_nitrogenada_para_o_algodoeiro_no_sistema_de_Integracao_Lavoura-Pecuaria/links/5ecdca2a299bf1c67d202657/Manejo-da-adubacao-nitrogenada-para-o-algodoeiro-no-sistema-de-Integracao-Lavoura-Pecuaria.pdf#page=7 . Acesso em: 25 mai. 2021.

