

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

BRUNO HENRIQUE ALGERI JACOBS

**EFEITO DE COBERTURAS VEGETAIS ANTECESSORAS NA ATIVIDADE
MICROBIANA EM SOLO CULTIVADO COM MILHO**

CHAPADÃO DO SUL – MS
2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

**EFEITO DE COBERTURAS VEGETAIS ANTECESSORAS NA ATIVIDADE
MICROBIANA EM SOLO CULTIVADO COM MILHO**

Trabalho de conclusão de curso,
apresentado a Universidade Federal de
Mato Grosso do Sul, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Ferreira
de Lima

CHAPADÃO DO SUL – MS
2026



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: Bruno Henrique Algeri Jacobs.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima.

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHAREL EM AGRONOMIA, pelo curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul.

Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima

Presidente da Banca Examinadora e Orientador

Me. Albino Furquia Mardez Vicente

Membro da Banca Examinadora

Me. Mérite Raymonde Gbenankpon Soho

Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 22 de junho de 2026.

Documento assinado eletronicamente por **Sebastiao Ferreira de Lima, Professor do Magisterio Superior**,

em 22/06/2026, às 18:07, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mérite Raymonde Gbenankpon Soho, Usuário Externo**, em 22/06/2026, às 18:38, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Albino Furquia Mardez Vicente, Usuário Externo**, em 22/06/2026, às 18:39, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 6482066 e o código CRC 482EB850.

COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

Avenida Engenheiro Douglas Ribeiro Pantaleão, nº

5167 Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000489/2026-14
nº 6482066

SEI

Dedico este trabalho à minha família, por ser a minha base e meu maior exemplo; à minha namorada, pelo companheirismo e incentivo diário; aos meus amigos e colegas de faculdade, por todas as batalhas vencidas lado a lado; e aos professores, pela sabedoria compartilhada ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, por todo o incentivo e suporte prático ao longo desta jornada. O apoio de vocês foi a base fundamental para que eu pudesse manter o foco nos meus objetivos e concluir mais essa etapa com sucesso.

Aos professores do curso de Agronomia da UFMS, o meu muito obrigado por todo o conhecimento técnico compartilhado e pelas vivências proporcionadas em sala e em campo. O direcionamento de vocês foi essencial para a minha formação profissional e para o desenvolvimento desta pesquisa.

Em especial, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima, pelas orientações objetivas, pelas correções e pela parceria na condução e estruturação deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO.....	2
MATERIAL E MÉTODOS.....	4
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
CONCLUSÕES.....	10
REFERÊNCIAS.....	11

EFEITO DE COBERTURAS VEGETAIS ANTECESSORAS NA ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO CULTIVADO COM MILHO

Resumo: Os atributos microbianos de um solo, além de constituírem importantes bioindicadores utilizados no monitoramento de alterações ambientais, também podem orientar o planejamento e manejo a serem adotados numa determinada atividade agrícola. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a atividade microbiana do solo em área cultivada com milho, que recebeu diferentes coberturas vegetais antecessoras. Para determinação dos atributos microbiológicos a amostragem do solo foi realizada durante o pleno florescimento da cultura do milho. As amostras de solo foram coletadas na camada de 0,0 a 0,10 m de profundidade. Em cada parcela foram coletadas cinco subamostras em três pontos diferentes, no qual a coleta foi alternada entre as três linhas centrais da área útil. Em cada ponto, foram retiradas cinco amostras de solo equidistantes em 0,12 m com um furo no centro e dois furos de cada lado até o centro da entrelinha. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório. O experimento foi instalado em sistema de semeadura direta, com rotação soja/milho. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com nove tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram formados pelas coberturas vegetais sorgo (*Sorghum bicolor*), crotalária (*Crotalaria ochroleuca*), milheto (*Pennisetum americanum*), *Urochloa ruziziensis*, piatã (*U. brizantha* cv. Piatã), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), *brizantha* (*U. brizantha* cv. Xaraés), milheto + nabo e o pousio. Sobre as coberturas vegetais foi estabelecida a cultura do milho na safra 2019/20. As parcelas da cultura de milho foram constituídas por cinco linhas de cinco metros de comprimento. Foram avaliadas características de crescimento do milho, carbono do solo e respiração microbiana. Os maiores valores para carbono no solo foram obtidos nas coberturas milheto (12,75%) e *U. ruziziensis* (11,87%). O milheto também atingiu maior valor para respiração microbiana (7,75 mg C-CO₂ 100 g solo⁻¹). A maior altura de planta de milho foi atingida na cobertura de piatã, com 2,82 m. As coberturas com piatã e *U. brizantha* foram as que proporcionaram maior diâmetro do colmo, com 23,43 e 22,41 mm, respectivamente. A maior altura de inserção de primeira espiga foi observada para as coberturas piatã e *U. ruziziensis*. Concluiu-se que coberturas vegetais influenciam o carbono do solo e a atividade microbiana, sendo o milheto a cobertura que proporciona

maior respiração microbiana. As características de crescimento do milho foram favorecidas por coberturas vegetais de braquiárias.

Palavras-chave: Carbono do solo, Carbono da biomassa, Respiração microbiana, *Zea mays*.

EFFECT OF PRECEDING COVER CROPS ON MICROBIAL ACTIVITY IN SOIL CULTIVATED WITH CORN

Abstract: Soil microbial attributes, besides being important bioindicators used in monitoring environmental changes, can also guide the planning and management to be adopted in a given agricultural activity. Thus, the objective of this work was to evaluate soil microbial activity in an area cultivated with corn, which received different preceding cover crops. The experiment was established in a no-till system, with soybean/corn rotation. A randomized complete block design was used with nine treatments and three replications. The treatments consisted of the cover crops sorghum (*Sorghum bicolor*), sunn hemp (*Crotalaria ochroleuca*), pearl millet (*Pennisetum americanum*), *Urochloa ruziziensis*, piatã grass (*U. brizantha* cv. Piatã), forage radish (*Raphanus sativus* L.), brizantha grass (*U. brizantha* cv. Xaraés), pearl millet + forage radish, and fallow. The corn crop was established over the cover crops in the 2019/20 harvest season. The corn crop plots consisted of five rows of five meters in length. Corn growth characteristics, soil carbon, and microbial respiration were evaluated. The highest values for soil carbon were obtained in the pearl millet (12.75%) and *U. ruziziensis* (11.87%) covers. Pearl millet also reached the highest value for microbial respiration (7.75 mg C-CO₂ 100 g soil⁻¹). The greatest corn plant height was achieved in the piatã cover, with 2.82 m. The covers with piatã and *U. brizantha* provided the largest stem diameter, with 23.43 and 22.41 mm, respectively. The greatest first ear insertion height was observed for the piatã and *U. ruziziensis* covers. It was concluded that cover crops influence soil carbon and microbial activity, with pearl millet being the cover that provides the highest microbial respiration. Corn growth characteristics were favored by *Brachiaria* cover crops.

Keywords: Soil carbon, Biomass carbon, Microbial respiration, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

A atividade microbiana no solo é influenciada pelo tipo de cobertura vegetal presente, manejo adotado, utilização de produtos químicos e escassez de nutrientes encontrados no solo (Deines et al., 2022). Os atributos microbianos do solo são indicadores sensíveis que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola. Esses indicadores também podem orientar o planejamento e o manejo a ser utilizado (Cherubin et al., 2022; Hallama et al., 2021).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é fundamental na manutenção e produtividade dos agroecossistemas, que dependem em grande parte, de processos mediados pelos microrganismos. Neste sentido, a avaliação da BMS tem sido proposta como um indicador do estado e das alterações da matéria orgânica do solo e sugerida como uma medida sensível ao aumento ou decréscimo de sua quantidade. Os indicadores biológicos de qualidade do solo, como a BMS, são utilizados como parâmetros importantes para o manejo adequado do solo em estudos de sustentabilidade (Borges et al., 2024).

Uma das formas de avaliar a atividade microbiana no solo, consiste na utilização da respiração microbiana no solo (RM) como bioindicador. A respiração microbiana é entendida pela absorção de O_2 ou liberação de CO_2 para a atmosfera, oriundo das trocas gasosas produzidas pelo metabolismo dos organismos presentes no solo (Nogaroli et al., 2024). A respiração microbiana mostra-se presente em algumas etapas do processo de decomposição da matéria orgânica, participando na dinâmica do Carbono (C) presente no solo e na reciclagem dos nutrientes (Martínez-Garcia et al., 2023). Este processo é influenciado pelas condições climáticas, como a temperatura e umidade do solo (Bond-Lamberty et al., 2020).

A atividade microbiana, portanto, é intrinsecamente dependente da composição orgânica do solo e nesse aspecto, a biomassa produzida sobre o solo pelas coberturas vegetais pode ser fundamental para determinar o nível dessa atuação microbiana. Assim, o uso de diferentes coberturas vegetais pode também resultar em diferentes formas de ação microbiológica no solo.

O uso dessas coberturas vegetais proporciona a proteção do solo, gerando efeitos diversos como: reduções da erosão do solo, da temperatura e da amplitude térmica do solo, das perdas de água por evaporação e manutenção de umidade do solo, maior

reciclagem e disponibilização de nutrientes para as plantas cultivadas sequencialmente e acúmulo de material orgânico (carbono) ao solo (Ozório et al., 2024).

Diversas espécies vegetais têm sido utilizadas como cobertura vegetal, buscando melhorar o ambiente para as culturas posteriores, entretanto, ainda existem muitas questões que precisam ser avaliadas para melhorar o manejo. Assim, é fundamental conhecer a dinâmica de diferentes coberturas sobre o solo capazes de aprimorar o ambiente de cultivo da cultura principal, culminando em melhores resultados econômicos e ambientais.

De acordo com Ruis et al. (2021), a decomposição da palhada de cobertura, incorporando-se a matéria orgânica do solo, promove melhoria na sua estrutura e fertilidade. Para Nascente e Stone (2022), com a liberação de nutrientes que serão utilizados pelas culturas sucessoras, ocorre melhoria na produtividade.

Entre as dinâmicas que ocorrem no solo, a emissão de gases que causam efeito estufa tem muito interesse, principalmente quando se trata do CO₂ resultante da ação antrópica. A atividade agrícola que envolve o manejo do solo tem afetado a dinâmica dessa emissão (Pavinato et al., 2023; Lal, 2020), sendo que os sistemas de manejo que aumentam os resíduos vegetais e a retenção de carbono no solo contribuem para aumentar a capacidade de dreno do C-CO₂ atmosférico (Giongo et al., 2024).

A produção de CO₂ no interior do solo está relacionado a atividade biológica, incluindo a respiração das raízes e a decomposição da matéria orgânica pela atividade microbiana, sendo muito influenciado pela temperatura e umidade do solo (Ceretta et al., 2022). Dessa forma, a emissão de CO₂ é o produto da atividade microbiana na decomposição da matéria orgânica do solo, da concentração de CO₂ previamente existente no solo e da respiração das raízes das plantas (Rosolem et al., 2023).

Assim, torna-se fundamental a busca por coberturas vegetais que proporcionem as melhores condições físicas, químicas e biológicas ao solo, resultando em maiores produtividades e consequentemente, ganhos econômicos, sociais e ambientais. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a atividade microbiana do solo em área cultivada com milho, que recebeu diferentes coberturas vegetais antecessoras.

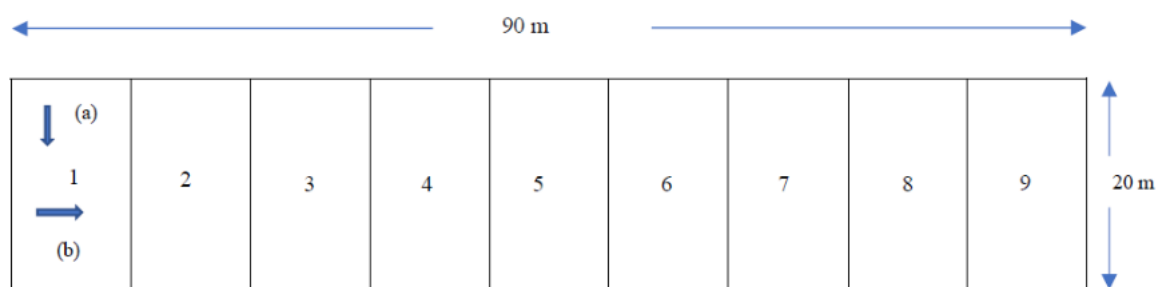
MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *campus* de Chapadão do Sul, MS, com latitude de 18°48'459" Sul, longitude

52°36'003" Oeste e altitude de 820 metros. O clima é classificado como tropical úmido, a temperatura anual fica compreendida entre 13 a 28°C, a precipitação pluvial média é de 1.850 mm, com concentração de chuvas no verão e seca no inverno (Cunha et al., 2013). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Santos et al., 2018), utilizado em sistema de semeadura direta.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com nove tratamentos e três repetições, totalizando 27 parcelas. Os tratamentos foram formados pelas coberturas vegetais sorgo (*Sorghum bicolor*), crotalária (*Crotalaria ochroleuca*), milheto (*Pennisetum americanum*), braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*), braquiária piatã (*U. brizantha* CV. Piatã) nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), braquiária brizantha (*U. brizantha* CV. Xaraés), milheto + nabo e o pousio.

A área experimental utilizada (Figura 1) foi de 90 m de comprimento por 20 m de largura. Essa área foi dividida em 9 partes de 10 m x 20 m para a semeadura das oito coberturas mais o pousio. Em março de 2019 foram semeadas as coberturas vegetais e em outubro de 2019 foi semeada a cultura do milho no comprimento total da área, ocupando o espaço de todas as coberturas, portanto, a cultura do milho foi estabelecida sobre as coberturas vegetais antecessoras. Essa área experimental já está sendo utilizada dessa forma, em semeadura direta por seis anos, sendo a rotação da cultura principal realizada com milho/soja.



(a) sentido de cultivo das coberturas vegetais; (b) sentido de cultivo do milho

1 - sorgo (*Sorghum bicolor*); 2 - crotalária (*Crotalaria ochroleuca*); 3 - milheto (*Pennisetum americanum*); 4 - braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*); 5 - braquiária piatã (*U. brizantha* cv. Piatã); 6 - nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.); 7 - braquiária brizantha (*U. brizantha* cv. Xaraés); 8 - milheto + nabo e 9 - pousio.

Figura 1. Organização dos tratamentos em campo

A semeadura das coberturas vegetais foi feita manualmente em sulcos espaçados de 0,45 m entre si, abertos por semeadora mecanizada e cobertos com uma fina camada

de solo, também manualmente. Não foi realizada a adubação de semeadura, o controle de plantas daninhas ou qualquer outro manejo sobre as coberturas. Dentro de cada área de cobertura vegetal, as parcelas da cultura do milho foram constituídas por 5 linhas, espaçadas de 0,45 m entre si, por 5 m de comprimento. Antes da semeadura da cultura do milho foi feita a dessecação da área total, utilizando Glifosato ($1,0 \text{ kg i.a ha}^{-1}$) + 2,4D ($1,0 \text{ kg i.a ha}^{-1}$). O manejo da cultura do milho foi do padrão utilizado na região, seguindo recomendações técnicas para a adubação de semeadura e cobertura, controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

Para determinação dos atributos microbiológicos a amostragem do solo foi realizada durante o pleno florescimento da cultura do milho. As amostras de solo foram coletadas na camada de 0,0 a 0,10 m de profundidade. Em cada parcela foi coletado cinco subamostras em três pontos diferentes, no qual a coleta foi alternada entre as três linhas centrais da área útil. Em cada ponto, foram retiradas cinco amostras de solo equidistante em 0,12 m com um furo no centro e dois furos de cada lado até o centro da entrelinha. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para utilização.

A determinação do teor de Carbono orgânico presente no solo foi feita pelo método da mufla, seguindo-se método estabelecido por Goldin (1987), com as seguintes modificações: secagem prévia das amostras em estufa a 105°C , por um período de 24 h, visando eliminar toda a água presente nos resíduos, como a higroscópica, a capilar ou de cristalização (Rodella; Alcarde, 1994). Após esse período, os cadinhos de cerâmica com as amostras foram acondicionados em forno do tipo mufla e incinerados em uma temperatura de 550°C , por 3 h. Posteriormente, o conjunto (cadinho + resíduos) foi acondicionado em dessecador e, em seguida, pesado. O teor de matéria orgânica foi determinado em razão da perda de massa do resíduo incinerado, considerando-se o material perdido pela queima no intervalo de variação da temperatura de 105°C a 550°C , conforme a fórmula: $\text{MO (\%)} = (P - (T - C) \times 100)/P$, em que P = peso da amostra (g) depois de aquecida a 105°C ; C = tara do cadinho (g); e T = peso da cinza + cadinho (g).

Para quantificar a respiração microbiana foi utilizado um reservatório de boca larga com capacidade de 40 mL contendo 25 mL de NaOH (2 N). A determinação da respiração edáfica foi baseada na técnica da respirometria (Öhlinger, 1993), consistindo na mensuração através da diferença entre o volume de ácido necessário para neutralizar o hidróxido de sódio. Em intervalos predeterminados de 7 dias, os recipientes foram abertos e a solução titulada com HCl 2N na presença de indicador ácido/base

fenolftaleína. Após a leitura, a mesma quantidade de NaOH foi repostada e os recipientes novamente fechados. Antes da instalação do experimento, foi realizada a amostragem para caracterização química do solo na camada de 0,0 a 0,20 m, apresentando os seguintes resultados: pH em $\text{CaCl}_2 = 5,4$; Fósforo (P) = $15,2 \text{ mg dm}^{-3}$ (Extrator Mehlich-1); Potássio (K) = $0,28 \text{ cmolc dm}^{-3}$; Matéria Orgânica (MO) = $3,2 \text{ dag kg}^{-1}$; Cálcio (Ca) = $2,8 \text{ cmolc dm}^{-3}$; Magnésio (Mg) = $1,1 \text{ cmolc dm}^{-3}$; e Saturação por bases (V%) = 58%. A diferença entre o volume de ácido necessário para neutralizar o hidróxido de sódio no recipiente testemunha e nos tratamentos equivaleu à quantidade de gás carbônico produzido pelos micro-organismos do solo.

Para a cultura do milho, durante a floração, foi determinada em 10 plantas por parcela, a altura total da planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo. A altura total da planta consistiu em sua medida tomada do colo do colmo até o final do pendramento, utilizando uma mira topográfica. A altura de inserção da primeira espiga foi feita da mesma forma que a altura total, no entanto, sendo a medida tomada até a base de inserção da primeira espiga. O diâmetro do colmo foi obtido na base do colmo, logo acima das raízes aéreas, utilizando um paquímetro digital.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Toda análise estatística foi feita utilizando o programa Sisvar (Ferreira, 2011). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com nove tratamentos e três repetições, totalizando 27 parcelas. Os tratamentos foram formados pelas coberturas vegetais sorgo (*Sorghum bicolor*), crotalaria (*Crotalaria ochroleuca*), milheto (*Pennisetum americanum*), braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*), braquiária piatã (*U. brizantha* cv. Piatã), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), braquiária brizantha (*U. brizantha* cv. Xaraés), consórcio milheto + nabo forrageiro e o pousio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carbono do solo e atividade microbiana

Os tratamentos com coberturas vegetais foram suficientes para influenciar o teor de carbono no solo e a respiração microbiana, indicando que as diferentes coberturas são responsáveis pela variação qualitativa e quantitativa da matéria orgânica, o que afeta diretamente a dinâmica da microbiota (Tabela 1).

Tabela 1. Carbono no solo e respiração microbiana em função de diversas coberturas vegetais, Chapadão do Sul, MS, 2019/2020

Tratamentos	Carbono no solo (%)	Respiração (mg C-CO ₂ 100 g solo ⁻¹)
Sorgo	9,62 b	4,31 c
Crotalária	11,12 b	5,10 c
Milheto	12,75 a	7,75 a
<i>U. ruziziensis</i>	11,87 a	6,63 b
<i>U. brizantha</i> cv. Piatã	11,37 b	6,38 b
Nabo	10,81 b	5,92 b
<i>U. brizantha</i> cv. Xaraés	10,62 b	5,63 b
Milheto + Nabo	10,81 b	5,76 b
Pousio	10,56 b	3,19 d
Média	11,06	5,63
CV	6,62	11,00

O milho apresentou o maior valor de carbono (12,75%), sendo 32,5% superior ao valor encontrado para o sorgo e 15,3% superior à média geral. Esse elevado aporte de carbono pelo milho está diretamente associado à sua alta capacidade de produção de fitomassa e ao seu sistema radicular agressivo e profundo. Além disso, a sua elevada relação C/N (em torno de 30:1) garante uma decomposição mais lenta dos resíduos, favorecendo o acúmulo contínuo de carbono orgânico no solo ao longo do tempo (Almeida, 2023; Vilela et al., 2012).

A *U. ruziziensis* apresentou o segundo maior valor para incorporação de carbono no solo (11,87%) e não diferiu estatisticamente do milho. O uso de gramíneas forrageiras do gênero *Urochloa* tem sido amplamente recomendado no Sistema Plantio Direto (SPD) justamente pelo aporte robusto de carbono. Elas possuem um sistema radicular fasciculado muito vigoroso e de excelente adaptação a solos de baixa fertilidade, que além de imobilizar carbono em profundidade, atua na descompactação biológica e na formação de bioporos (Ozório et al., 2024; Oliveira et al., 2011).

Sistemas de manejo que integram coberturas vegetais de alta biomassa alteram significativamente a dinâmica de emissão de CO₂ (Lal, 2003). A manutenção e o incremento do carbono no solo, como observado nos tratamentos com milho e *U. ruziziensis*, são estratégias agrônomicas fundamentais. Além de contribuírem para o aumento da capacidade de dreno do carbono atmosférico (Bayer et al., 2006), essas práticas melhoram a resiliência do sistema frente a estresses hídricos e térmicos.

O pousio, considerado o manejo menos indicado agronomicamente, teve um valor para carbono no solo 14,2% inferior à média obtida para o milho e *U. ruziziensis*. Ainda que o crescimento desordenado de plantas daninhas gere alguma biomassa superficial, os passivos do pousio superam os benefícios, resultando no aumento do banco de sementes invasoras, maior proliferação de nematoides e elevada exposição do solo aos processos erosivos.

Em relação à atividade biológica, o maior valor de respiração microbiana foi observado na cobertura com milho (7,75 mg C-CO₂ 100 g solo⁻¹), ficando 44,4% acima da média geral dos demais tratamentos. A respiração basal é um indicador de alta sensibilidade. O pico de atividade sob o milho sugere a presença de frações de carbono mais lábeis, oriundas da forte exsudação radicular e da decomposição inicial da palhada, servindo como substrato energético imediato e acelerando o metabolismo da microbiota (Epelde et al., 2014; Matias et al., 2009).

Em contrapartida, o pousio obteve o menor valor de respiração microbiana, ficando 43,3% abaixo da média. Segundo Bradford e Peterson (2000), o aporte contínuo e gradual de raízes vivas e palhada é essencial para a manutenção da atividade microbiana. A ausência de diversidade radicular no pousio empobrece as comunidades de microrganismos, reduzindo a umidade na camada superficial e prejudicando a ciclagem biológica.

Características de crescimento do milho

Foi observado que as coberturas vegetais influenciaram diretamente as características morfológicas e de crescimento das plantas de milho em sucessão (Tabela 2).

Tabela 2- Altura de planta, diâmetro de colmo e altura de inserção de primeira espiga de milho em função do uso de diversas coberturas vegetais antecessora, Chapadão do sul, MS, 2019/2020

Tratamentos	Altura planta (m)	Diâmetro colmo (mm)	Altura de inserção primeira espiga (m)
Sorgo	2,50 c	21,37 b	1,12 c
Crotalária	2,69 b	21,22 b	1,20 b
Milho	2,68 b	21,37 b	1,19 b
<i>U. ruziziensis</i>	2,68 b	21,19 b	1,29 a
<i>U. brizantha</i> cv. Piatã	2,82 a	23,42 a	1,30 a

Nabo	2,70 b	20,03 c	1,20 b
<i>U. brizantha</i> cv. Xaraés	2,68 b	22,41 a	1,18 b
Milheto + Nabo	2,68 b	21,15 b	1,21 b
Pousio	2,63 b	19,86 c	1,13 c
Média	2,67	21,33	1,20
CV	1,63	4,03	2,25

As coberturas compostas por braquiárias (*U. brizantha* cv. Piatã, cv. Xaraés e *U. ruziziensis*) foram as que mais beneficiaram o desenvolvimento vegetativo do milho. A maior altura de plantas foi atingida no tratamento Piatã (2,82 m), ficando 6,0% acima da média. O maior diâmetro de colmo ocorreu sob Piatã e Xaraés, sendo 9,8% superior à média, garantindo maior capacidade de translocação de nutrientes e resistência ao acamamento. A maior inserção da primeira espiga também foi registrada nos tratamentos Piatã e *U. Ruziziensis*. Os tratamentos com pousio e nabo foram os que mais prejudicaram o diâmetro de colmo e pousio e sorgo que mais reduziram a altura de inserção da primeira espiga.

Esse ganho fisiológico do milho sobre palhadas de *Urochloa* é explicado pelo potente efeito ciclador de nutrientes dessas forrageiras. As raízes profundas interceptam nutrientes lixiviados, especialmente o potássio (K) e o nitrogênio (N) e, após a dessecação, os liberam de forma gradual na camada superficial, sincronizando a disponibilidade com a fase de maior demanda do milho (Rosolem; Calonego; Foloni, 2023).

Além do ganho nutricional, a densa camada de palhada na superfície proporciona melhor conservação da umidade do solo e supressão de plantas daninhas concorrentes (Salton; Tomazi, 2014), proporcionando o ambiente ideal para a expressão do potencial produtivo da cultura principal. Esse ganho fisiológico do milho cultivado sobre palhadas do gênero *Urochloa* é explicado pelo potente efeito ciclador de nutrientes dessas forrageiras. As raízes profundas interceptam nutrientes lixiviados no perfil, especialmente o potássio (K) e o nitrogênio (N), e após a dessecação, os liberam de forma gradual na camada superficial, sincronizando a disponibilidade exata com a fase de maior demanda fenológica do milho (Rosolem; Calonego; Foloni, 2023). Além desse ganho nutricional, a densa camada de palhada na superfície proporciona melhor conservação da umidade do solo, regulação térmica e supressão de plantas daninhas concorrentes (Salton; Tomazi, 2014), estruturando o ambiente biológico e físico ideal para a expressão máxima do potencial produtivo da cultura principal.

CONCLUSÕES

As coberturas vegetais influenciam positivamente o teor de carbono do solo e a atividade microbiana, sendo o cultivo prévio de milho a estratégia que proporciona o maior índice de respiração microbiana.

O crescimento vegetativo do milho (altura de planta, diâmetro de colmo e altura de inserção da primeira espiga) é significativamente favorecido quando cultivado em sucessão a áreas com coberturas vegetais formadas por espécies de braquiárias, devido aos ganhos físicos e de ciclagem de nutrientes no solo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, K. Produção de biomassa e cobertura do solo por milho, braquiária e crotalaria cultivados em cultura pura e consorciados. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 2, p. 112-115, 2023.
- ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 641-649, 1998.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK J.; PAVINATO, A.; DIECKOW J. Carbon sequestration in two Brazilian cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.
- BOND-LAMBERTY, B. et al. Temperature-associated increases in the global soil respiration record. **Nature**, v. 464, p. 579-582, 2020.
- BORGES, A. L. et al. Boas práticas agrícolas para manejo do solo. **Documentos 256**, Embrapa, 2024.
- BRADFORD, J. M.; PETERSON, G. A. Conservation tillage. In: SUMNER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 247-266.

- CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha do milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.
- CERETTA, C. A. et al. Bioindicadores de qualidade do solo após manejos conservacionistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, e0210045, 2022.
- CHERUBIN, M. R. et al. Soil physical quality response to sugarcane expansion in Brazil. **Geoderma**, v. 405, 115454, 2022.
- CUNHA, C. C.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul - MS. **Engenharia na Agricultura**, v. 21, p. 159-172, 2013.
- DEINES, J. M. et al. Recent cover crop adoption is associated with improvements in soil health. **Nature Sustainability**, v. 5, n. 4, p. 320-327, 2022.
- EPELDE, L.; BURGESS, A.; MIJANGOS, I.; GARBISU, C. Microbial properties and attributes of ecological relevance for soil quality monitoring during a chemical stabilization field study. **Applied Soil Ecology**, v. 75, p. 1-12, 2014.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, E. P. B.; SANTOS, H. P.; COSTA, J. R.; DE-POLLI, H.; RUMJANIK, N. G. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 177-183, 2010.
- FERREIRA, E. P. B.; WENDLAND, A.; DIDONET, A. D. Microbial biomass and enzyme activity of a Cerrado Oxisol under agroecological production system. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 1-9, 2011.
- GIONGO, V. et al. Estoques de carbono e nitrogênio no solo sob sistemas agrícolas no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 59, e03332, 2024.
- GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 18, n. 10, p. 1111-1116, 1987.
- 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 long-term sugarcane experiment in South Africa. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, p. 93-102, 2002.
- HALLAMA, M. et al. Cover crops alter soil microbial communities and directly affect carbon cycling. **Applied Soil Ecology**, v. 168, 104112, 2021.

- LAL, R. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Review in Plant Science**, v. 22, n. 2, p. 151-184, 2003.
- LAL, R. Soil carbon sequestration and climate change mitigation. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 39, n. 3, p. 250-270, 2020.
- LA SCALA JUNIOR, N.; LOPES, A.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Carbon dioxide emissions after application of tillage systems for a dark red latossol in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 62, p. 163-166, 2001.
- MARTÍNEZ-GARCIA, E. et al. Soil microbial activity and crop yield under conservation agriculture. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 342, 108253, 2023.
- MATIAS, M. C. B. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 517-521, 2009.
- MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; HUNGRIA, M.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; MERCANTE, F. M.; ZILLI, J. E. Microbiologia do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: FALEIRO, A.; ANDRADE, S. R. M.; REIS JUNIOR, F. B. (Ed.). **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. p. 219-244.
- NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R. R.; OLIVEIRA, P.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C. A. C. Desenvolvimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas em função do manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 186-192, 2011.
- NASCENTE, A. S.; STONE, L. F. Culturas de cobertura e seus efeitos na fertilidade do solo e produtividade do milho. **Revista Ceres**, v. 69, n. 2, p. 145-154, 2022.
- NOGAROLI, J. A. et al. Fertilidade e microbiologia do solo cultivado em sistema plantio direto. **Revista Tuiuti: Ciência e Cultura**, v. 10, n. 68, p. 126-139, 2024.
- ÖHLINGER, R. Bestimmung der Bodenatmung im Laborversuch. In: SCHINNER, F.; ÖHLINGER, R.; KANDELER, E.; MARGESIN, R. **Bodenbiologische Arbeitsmethoden**. Berlin: Springer-Verlag, 1993. p. 86-90.
- OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. C. Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1184-1192, 2011.
- OZÓRIO, L. C. et al. Potencial de mitigação das mudanças climáticas em solos agrícolas brasileiros e sequestro de carbono. **Revista Regeo**, v. 16, n. 5, p. 1-25, 2024.

- PADOVAN, M. P.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D.; OLIVEIRA, F. L.; SANTOS, L. A.; ALVES, B. J. R.; SOUTO, S. M. Decomposition and nutrient release from soybean cut at different growth stages. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 667-672, 2006.
- PAVINATO, P. S. et al. Carbon footprint and mitigation strategies in Brazilian agriculture. **Journal of Cleaner Production**, v. 385, 135655, 2023.
- PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p. 508-514, 2010.
- REICOSKY, D. C.; LINDSTROM, M. J. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. **Agronomy Journal**, v. 85, p. 1237-1243, 1993.
- RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. **Scientia Agricola**, v. 51, p. 556-562, 1994.
- ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2023.
- RUIS, S. J. et al. Cover crop impacts on soil physical and biological properties. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 1, p. 125-138, 2021.
- SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; FILHO, S. P. V. B.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1486–1499, 2001.
- SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema Radicular de Plantas e Qualidade do Solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. (Comunicado técnico, 198).
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS L. H. C.; OLIVEIRA V. A.; LUMBRERAS J. F.; COELHO M. R.; ALMEIDA J. A.; ARAUJO FILHO J. C.; OLIVEIRA J. B.; CUNHA T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018.
- SILVA JÚNIOR, J. M. T.; TAVARES, R. C.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 378-382, 2009.

- SILVA, R. B.; SANTOS, A. C.; BATISTA, R. B. Respiração edáfica como indicativo da qualidade do solo em três agroecossistemas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-15, 2010.
- SOUTO, P. C.; BAKKE, I. A.; SOUTO, J. S.; OLIVEIRA, V. M. DE. Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, p. 52-58, 2009.
- VILELA, R. G.; ARF, O.; GITTI, D. C.; KAPPES, C.; GOES, R. J.; BEM, E. A. D.; PORTUGAL, J. R. Manejos do milho e doses de nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 234-242, 2012.