

# PLANTAS DE COBERTURA INFLUÊNCIAM NA DINÂMICA DO CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO?

*Data de aceite: 01/07/2024*

### **Érica de Oliveira Araújo**

Profa. Doutora em Agronomia,  
Departamento de Agropecuária, Instituto  
Federal de Rondônia, Campus de  
Colorado do Oeste, Colorado do Oeste-  
Brasil

### **Vitório Macieski Neto**

Graduando (a) em Engenharia  
Agrônômica, Instituto Federal de  
Rondônia, Campus Colorado do Oeste,  
Colorado do Oeste, Brasil

### **Daniele Jesus Venturim**

Engenheira Agrônoma, Instituto Federal  
de Rondônia, Campus Colorado do Oeste,  
Colorado do Oeste, Brasil

### **José Vanor Felini Catânio**

Prof. Mestre em Produção Animal,  
Departamento de Agronomia, Instituto  
Federal do Mato Grosso, Campus  
Confresa, Confresa, Brasil

### **Diogo de Souza Freitas**

Graduando (a) em Engenharia  
Agrônômica, Instituto Federal de  
Rondônia, Campus Colorado do Oeste,  
Colorado do Oeste, Brasil

### **Jiovane Anderson da Silva Ribeiro**

Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal  
de Rondônia, Campus Colorado do Oeste,  
Colorado do Oeste, Brasil

## INTRODUÇÃO

No âmbito das mudanças climáticas globais decorrentes do aumento nas concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, em especial do gás carbônico (CO<sub>2</sub>), o solo e suas diferentes formas de uso e manejo estão constantemente em foco e têm despertado a atenção da comunidade científica, sobretudo porque o solo é considerado fonte ou sumidouro de CO<sub>2</sub> atmosférico, dependendo do manejo adotado.

A conversão de ecossistemas naturais em sistemas agrícolas envolve uma série de atividades que afetam as taxas de adição e decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) (Zinn et al., 2005). Em sistemas agrícolas, o uso e o manejo do solo atuam modificando tanto a entrada como a saída de C do solo para

a atmosfera. Assim, as maiores taxas de decomposição da MOS observadas em áreas sob cultivo ocorrem devido às perturbações físicas do solo (Loss et al., 2015; Rosset et al., 2014a; 2014b; Sales et al., 2018), que implicam rompimento dos macro agregados (reduz a proteção física da MOS), expondo a MO protegida aos processos microbianos, contribuindo dessa forma, para aumentar as taxas de emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (Zinn et al., 2005).

Além disso, a MOS é um importante reservatório de formas potencialmente disponíveis de N para os vegetais, principalmente o N nítrico (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e o amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (Rangel et al., 2007), visto que a maior parte do N do solo se encontra na forma orgânica (mais de 95%). Assim, a mineralização da MOS, que engloba os processos de aminação e amonificação, é responsável, por ano, pela conversão de 2 a 5% do N-orgânico em N-mineral. Esse processo é regulado pelo uso e manejo do solo (Moreira e Siqueira, 2002; D'Andréa et al., 2004), notadamente pelas espécies que são incluídas nos esquemas de cobertura do solo, de rotação de culturas, de modo que o maior uso de leguminosas e a implantação de espécies com maior produção de biomassa causam maior armazenamento de N total no solo (Mielniczuk et al., 2003), propiciando condições mais favoráveis nas camadas superiores e, ao longo do tempo de adoção, nas suas camadas mais profundas.

Dentre as tecnologias disponíveis visando ao correto manejo dos solos tropicais em bioma amazônico, destaca-se o cultivo de plantas de cobertura antecedendo as culturas anuais, no qual pode resultar em aumento de produtividade e manutenção do equilíbrio do sistema, uma vez que o conteúdo de MOS, a disponibilidade de nutrientes, a estruturação e agregação dos solos podem ter suas magnitudes alteradas. E, embora a dinâmica e a qualidade da MOS sejam amplamente estudadas nos solos brasileiros, ainda são escassos os resultados gerados em bioma amazônico, por conseguinte, a avaliação de alterações na dinâmica de C e N, decorrentes de intervenções antrópicas em ecossistemas agrícolas, e a compreensão das relações entre a cobertura do solo, assume importante papel no monitoramento da qualidade do solo e no aprofundamento do desenvolvimento tecnológico sustentável para a região amazônica. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de produção de matéria seca por plantas de cobertura e seus efeitos sobre a dinâmica da matéria orgânica, carbono orgânico e nitrogênio no solo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em condições de campo, na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste, no município de Colorado do Oeste, RO, cujas coordenadas geográficas são 13°06'S e 60°29'W, com altitude média de 407 metros. O clima segundo a classificação de Koppen é do tipo Awa, tropical quente e úmido com duas estações bem definidas. Dados médios de temperatura e precipitação pluviométrica durante a condução do experimento

foram obtidos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Figura 1). A caracterização química do solo foi realizada na camada de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30- 40 cm, em amostras coletadas antes da instalação do experimento (Tabela 1), no ano agrícola de 2019. A análise granulométrica na profundidade de 0-10 cm apresentou 343 g dm<sup>-3</sup> de argila, 479 g dm<sup>-3</sup> de areia e 178g dm<sup>-3</sup> de silte.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial, com quatro repetições, sendo constituído por seis espécies de plantas de cobertura cultivadas em pré-safra (*Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis*, *Mucuna cinza*, *Feijão guandu*, *Feijão de porco* e *Lab-Lab*), e quatro camadas de amostragem (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30- 40 cm).

Por tratar-se de pesquisa continuada, a correção do solo foi realizada, trinta dias antes da primeira semeadura de plantas de cobertura (ano 2019), com base nos resultados da análise do solo na camada de 0-10 cm, utilizando calcário dolomítico (PRNT 97%), com o objetivo de elevar a saturação por bases a 60%. O preparo primário do solo incluiu a aração e gradagem (grade de discos) até 15 cm de profundidade, enquanto que o preparo secundário incluiu o destorroamento e nivelamento da área experimental. A adubação de base foi realizada à lanço, com posterior incorporação, aplicando-se 400 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 0-20-20 para o suprimento de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente. A partir desta correção e construção da fertilidade do solo, as premissas experimentais foram para cultivo mínimo, sem revolvimento do solo, com cobertura permanente e semeadura na palha.

Tabela 1. Atributos químicos do solo antes da instalação do experimento nas diferentes camadas de amostragem.

Camada	N	MO	CO	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg/dm <sup>-3</sup>	g/dm <sup>-3</sup>		CaCl <sub>2</sub>	mg/dm <sup>-3</sup>				-----mmolc/dm <sup>-3</sup> -----				-----%-----	
0-10	1253,5	11,4	6,62	4,9	4	81,9	29	8	30	1	40	70	57	2
10-20	1090,9	5,3	3,08	5,0	1	58,5	36	4	25	1	41	66	62	2
20-30	848,3	4,2	2,44	5,3	1	42,9	37	3	20	0	40	60	67	1
30-40	842,3	3,1	1,80	5,5	1	27,3	35	2	17	0	37	54	69	1

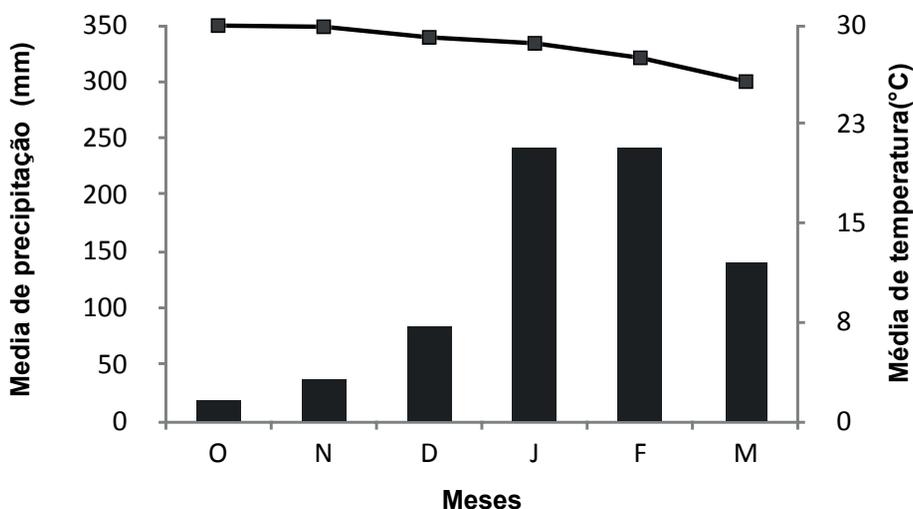


Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias mensais, registradas na estação metereológica do Instituto Nacional de Meteorologia, no período de outubro de 2020 a março de 2021.

Os sulcos de plantio foram abertos mecanicamente na profundidade de 5 cm, de acordo com o espaçamento determinado, e a semeadura foi realizada manualmente. Os diferentes gastos de sementes adotados foram baseados em recomendações técnicas para as diferentes plantas de cobertura. Cada unidade experimental foi composta por 8 linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas em 0.45 m entre linhas e 0.20 m entre plantas. Consideraram-se como parcela útil as seis linhas centrais, excluindo-se 0.5 m de cada extremidade da parcela.

Por ocasião do pleno florescimento, as plantas de cobertura, exceto para o feijão de porco (início do enchimento de vagem) foram dessecadas com a utilização do herbicida glifosato (1.920 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) e, em seguida, manejadas com auxílio roçadeira manual na altura de 0.05 m em relação à superfície do solo, visando à uniformização da área. No entanto, antes da dessecação foi avaliado o rendimento de massa seca da parte aérea das diferentes plantas de cobertura. Para determinação da massa seca foi utilizado um quadro (0.50 m x 0.50 m) visando demarcar a área da parcela, na qual foi coletada a amostra (rente ao solo), sendo, esta, pesada para determinação massa fresca, e levada para estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, até atingir peso constante, determinando-se a massa seca. Os teores de macronutrientes na massa seca da parte aérea foram determinados de acordo com Embrapa, 2009.

Para determinação dos atributos químicos do solo foram coletadas após 45 dias de decomposição das plantas de cobertura, amostras de solo nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-40 cm. Para a formação da amostra composta foram coletadas cinco sub amostras nas entrelinhas da cultura por unidade experimental, sendo posteriormente

aconditionadas em sacos plásticos e conduzidas ao laboratório. As amostras de solo foram secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha, homogeneizadas e submetidas às avaliações de matéria orgânica e carbono orgânico pela metodologia proposta por Cambardella e Elliot (1992) e o N mineral do solo pelo método de Kjeldahl, segundo Tedesco et al. (1995).

Todas as avaliações da dinâmica de matéria orgânica, carbono orgânico e N no solo foram realizados no segundo ano de cultivo das plantas de cobertura, ou seja, na safra 2020/2021.

Após todas as análises, os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilk) e análise de variância, para verificação dos efeitos entre plantas de cobertura e profundidade de amostragem. As comparações das médias foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados não evidenciaram efeitos significativos da interação dupla entre plantas de cobertura e profundidade de amostragem para nenhuma das variáveis estudadas; enquanto que os resultados com efeito significativo ( $p \leq 0.05$ ) para plantas de cobertura (Figura 2, 3, 4 e 5) ou profundidade de amostragem (Figura 6 e Tabela 2) são apresentados independentes.

O cultivo de *Crotalaria ochroleuca* proporcionou os melhores resultados para produção de massa seca (15.40 t.ha<sup>-1</sup>), não diferindo estatisticamente da *Crotalaria spectabilis* (13.88 t.ha<sup>-1</sup>) (Figura 2). Essa produção e posterior acréscimo de massa seca no solo podem causar alterações significativas nas características físicas e químicas do solo, na manutenção e/ou elevação dos teores de matéria orgânica do solo, e na manutenção da temperatura do solo, além de favorecer o desenvolvimento e a produtividade de espécies agrícolas em cultivos subsequentes (Andrade Neto et al., 2008; Boer et al., 2008). Todavia, a menor produção de massa seca foi constatada pela espécie Feijão de porco (3.0 t.ha<sup>-1</sup>) (Figura 2), inclusive estando abaixo da quantidade mínima necessária de massa seca depositada anualmente para adequada cobertura do solo em sistema de plantio direto. É possível que a baixa precipitação pluviométrica inicial observada para a região durante o estabelecimento das plantas (30 primeiros dias – mês de novembro) tenha relação com a baixa produção de massa seca por esta planta de cobertura (Figura 1). Esses resultados corroboram integralmente aos encontrados por Araújo et al., (2021), no qual o cultivo de *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca* na safra 2019/2020 apresentaram maiores produtividades de massa seca, enquanto que o Feijão de porco apresentou produção inferior; e corroboram parcialmente aos resultados obtidos por Pereira et al., (2017), que observaram alta produção de massa seca para *Crotalaria spectabilis* e Feijão de porco, e baixa produção de massa seca para *Mucuna preta*, o que permite inferir que a capacidade de produção de massa seca está diretamente relacionada com as condições edafoclimáticas, fertilidade do solo e ano agrícola.

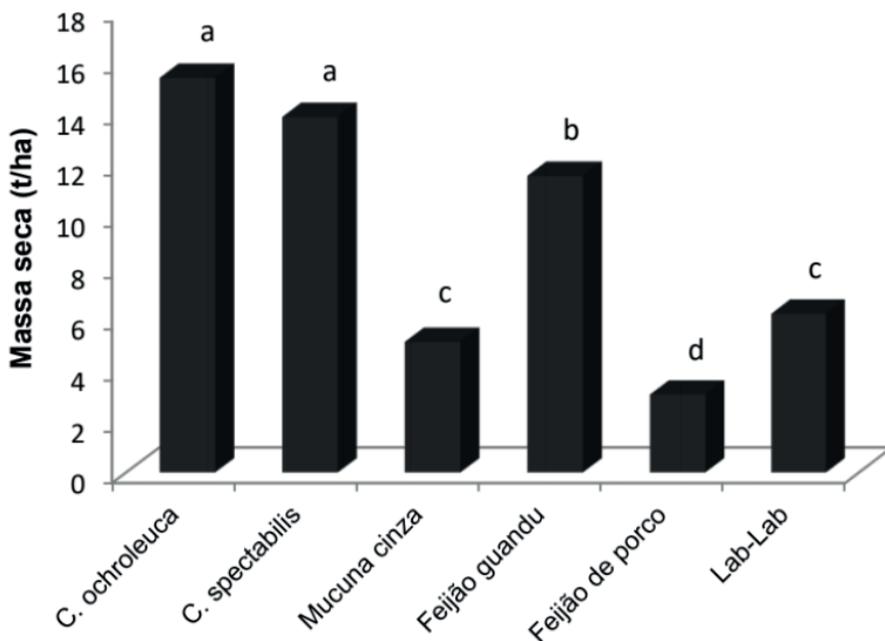
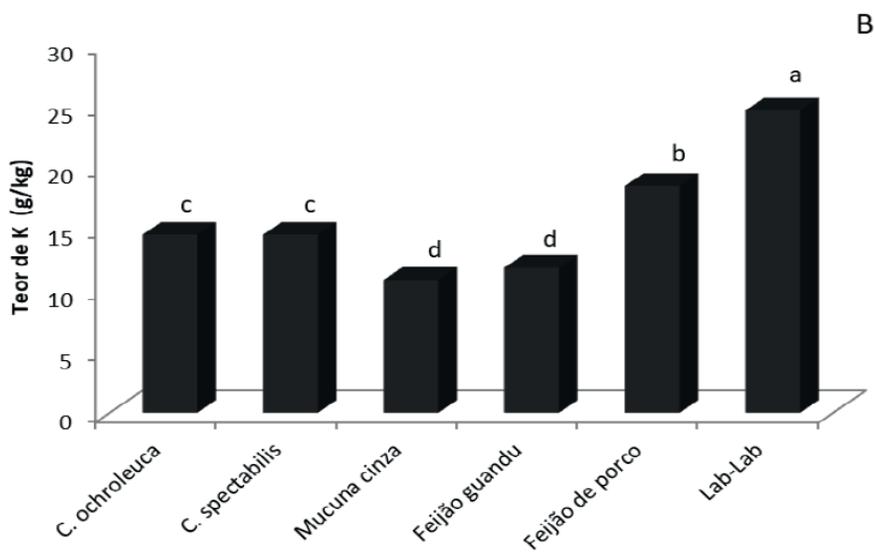
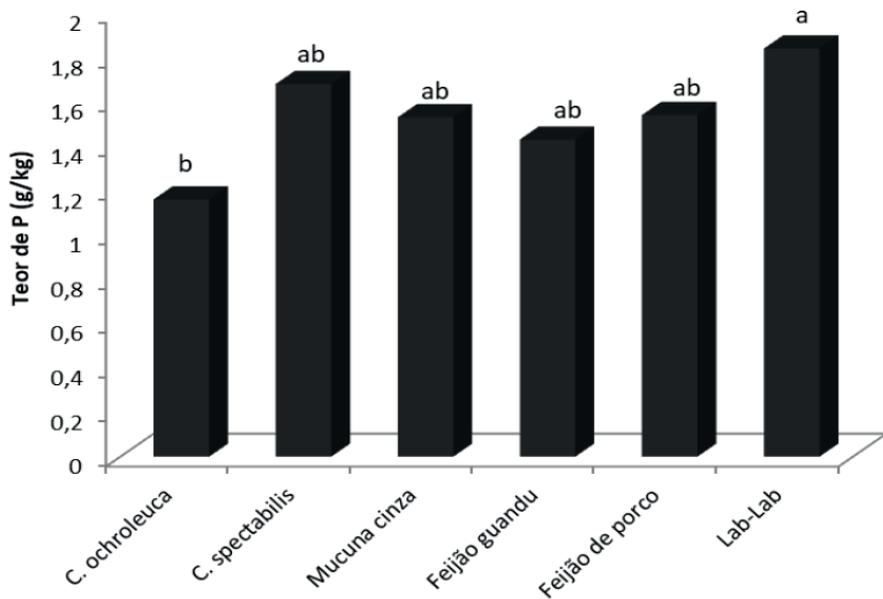


Figura 2. Produção de massa seca por diferentes plantas de cobertura. \*Médias seguidas da mesma letra nas barras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar da alta capacidade de produção de massa seca pela espécie *Crotalaria ochroleuca*, verifica-se que a capacidade em absorver e acumular nas folhas em pleno florescimento P, K e Ca foi inferior e diferiu estatisticamente das demais plantas de cobertura; e, que o inverso é observado para a espécie Lab-Lab, cujos teores de P, K e Ca nas folhas foram na ordem de 1.84 g/kg-1, 24.62 g/kg-1 e 13.11 g/kg-1, respectivamente (Figura 3). Todavia, pode-se indicar a espécie Lab-Lab como excelente espécie de cobertura por apresentar elevada capacidade de extração de nutrientes do solo mesmo com baixo aporte de massa seca, podendo contribuir com elevada incorporação de nutrientes promovida posteriormente à decomposição da biomassa. Resultados semelhantes foram obtidos por Araújo et al., (2021) estudando a ciclagem de nutrientes por diferentes plantas de cobertura em ambiente amazônico.



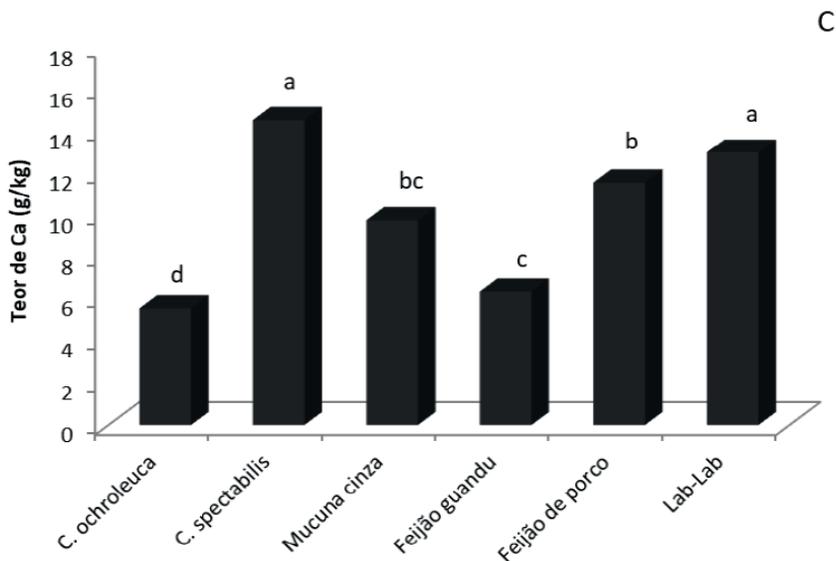


Figura 3. Teores de P (A), K (B) e Ca (C) na massa seca da parte aérea de diferentes plantas de cobertura em pleno florescimento. \*Médias seguidas da mesma letra nas barras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando avaliado a dinâmica da matéria orgânica e carbono orgânico no solo em resposta ao manejo com as plantas de cobertura observa-se que a espécie Lab-Lab e Feijão de porco foram eficientes e estatisticamente superiores ( $p \leq 0.05$ ) as demais plantas de cobertura (Figura 4A, 4B e 4C). Isso indica a importância da utilização de culturas de cobertura com potencial para entrada de C no sistema, e conseqüentemente aumento dos estoques de C e N, contribuindo para melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo (Bell e Moore, 2012), e, no caso de leguminosas, de fixação simbiótica de N. A quantidade de resíduos que entra no sistema influencia a taxa de adição de C ao solo (Johnston et al., 2009) e a frequência e o tamanho desse processo depende além da qualidade dos resíduos depositados sobre a superfície do solo (Magalhães et al., 2016), do tempo de manejo (Salton et al., 2008) e condições climáticas (Koven et al., 2017).

Correlacionado às concentrações de MO e C no solo, os resíduos de culturas leguminosas como o Lab-Lab e o Feijão de porco possibilitaram impacto significativo nos teores de N-total, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> do solo, diferindo estaticamente das demais espécies de plantas de cobertura (Figura 5A, 5B e 5C), em média a contribuição dessas espécies foram na ordem de 2995 kg/ha de N-total, 77 kg/ha de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e 56 kg/ha de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo. Nesta premissa, considerando a recomendação técnica de adubação para a cultura do milho e/ou feijão de 150 kg/há de N, pode-se inferir com base nos resultados da pesquisa uma redução na ordem de 50% e 35% na quantidade de N aplicado na forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo, respectivamente, quando tratar-se de cultura em sucessão. O maior teor de amônio nas parcelas pode ser explicado pela relação C/N baixa destas espécies de leguminosas, assim, a mineralização da matéria orgânica é mais intensa, sendo o amônio mais rapidamente liberado ao solo (Aita et al., 2007; Aranda et al., 2011).

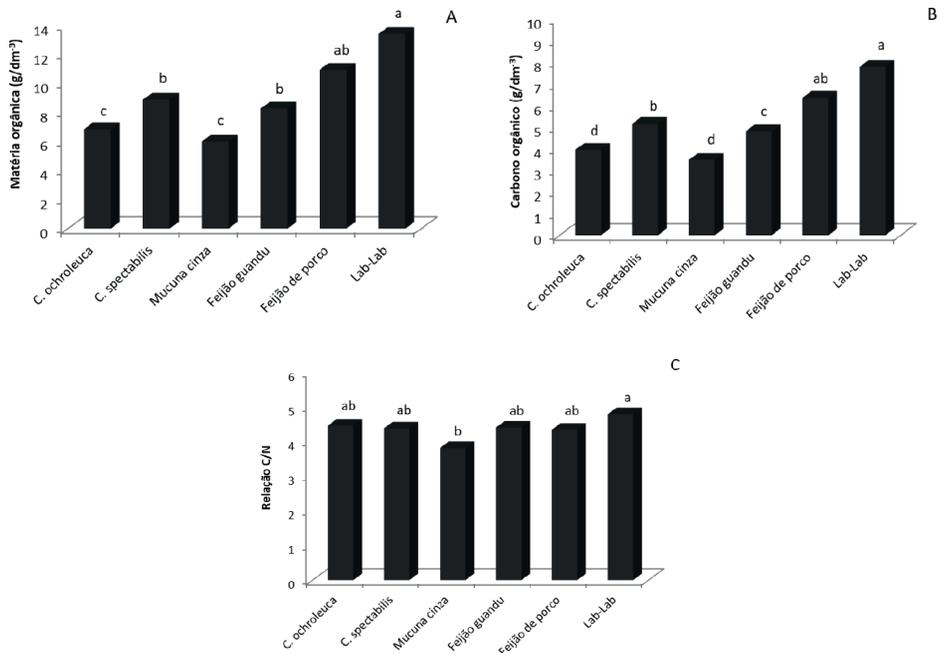


Figura 4. Teores de matéria orgânica (A), carbono orgânico (B) e relação C/N (C) no solo em resposta ao manejo com diferentes plantas de cobertura. \*Médias seguidas da mesma letra nas barras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

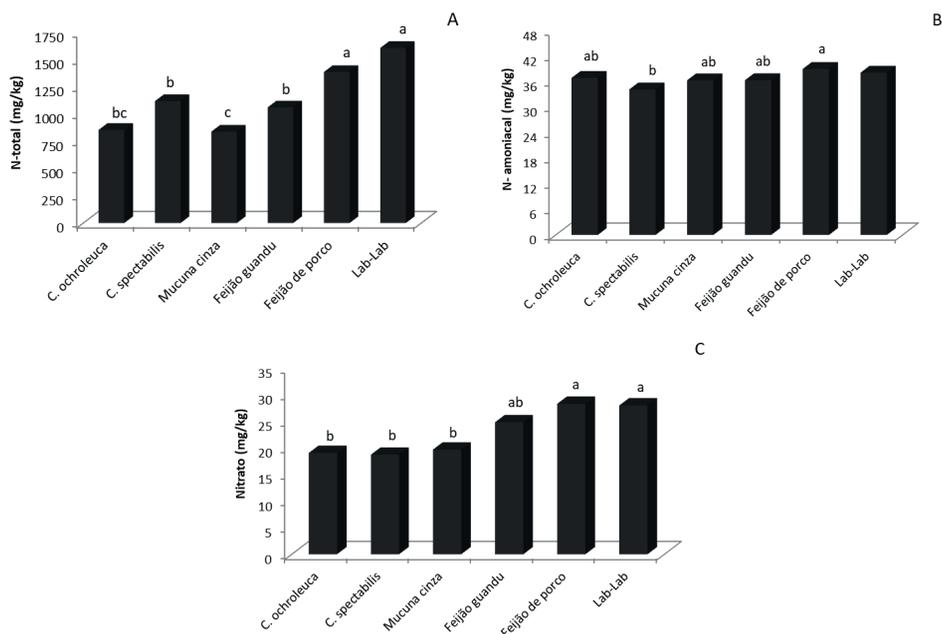


Figura 5. N- total (A), N-amoniaco (B) e Nitrato (C) no solo em resposta ao manejo com diferentes plantas de cobertura. \*Médias seguidas da mesma letra nas barras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando a dinâmica de matéria orgânica, carbono orgânico e N no solo em resposta as camadas de amostragem, os teores de MO, carbono orgânico, relação C/N e as frações de N no solo foram estatisticamente significativos ( $p \leq 0.05$ ) em função da profundidade de amostragem (Figura 6 e Tabela 2). Na profundidade de 0-10 cm os valores médios de MO, CO e relação C/N foram de 16.17 g/dm<sup>3</sup>, 9.4 g/dm<sup>3</sup> e 5.26 g/dm<sup>3</sup>, respectivamente, diferindo estaticamente das demais profundidades de amostragem, cujos valores foram reduzindo em subsuperfície (Figura 6A, 6B e 6C), o que demonstra contribuição mais efetiva na camada mais superficial, fato comum em área com minimização das influências antrópicas. Este incremento dos teores de MO e carbono orgânico na camada mais superficial do solo, está associado entre outros fatores, ao aumento do aporte de material vegetal ao solo decorrente do manejo das diferentes plantas de cobertura (Figura 2), bem como a melhoria da qualidade física do solo e ao aumento da humificação da matéria orgânica, com destaque a camada 0-10 cm. Sendo importante ressaltar que, à medida que a estrutura do solo é fortalecida pela adoção desses sistemas de manejo com baixo revolvimento, os teores de MO, carbono orgânico, relação C/N e N no solo devem ser incrementados, inclusive permitindo a estabilização da matéria orgânica em longo prazo, conforme relatam Araújo et al. (2021) e Lima et al. (2016). Dessa forma, nas condições edafoclimáticas em que o experimento foi conduzido, o acúmulo de carbono orgânico total depende fundamentalmente da estabilização da matéria orgânica do solo para efeitos posteriores em camadas superiores de amostragem. D'Andrea et al. (2004) estudando o estoque de carbono e nitrogênio em um Latossolo Vermelho distrófico submetido a diferentes sistemas de manejo, também constataram menores valores de C em profundidade além de maiores valores, na profundidade 0-10 cm.

Quanto aos teores de N-total no solo a correlação foi positiva com os teores de C no solo, principalmente nas camadas superficiais do solo (0-10 cm), uma vez que 95% do N-total do solo estão presentes na forma orgânica e há maior atividade orgânica na superfície do solo, decrescendo com a profundidade de amostragem (Tabela 2). Observa-se incremento na camada de 0-10 cm em dois anos de experimento na ordem de 556,87 kg/ha de N, sendo que a combinação de produtividade de matéria seca e acúmulo de nutrientes, resultou em maior ciclagem de N no solo possibilitada pela liberação rápida durante a decomposição, uma vez que leguminosas apresentam decomposição mais acelerada.

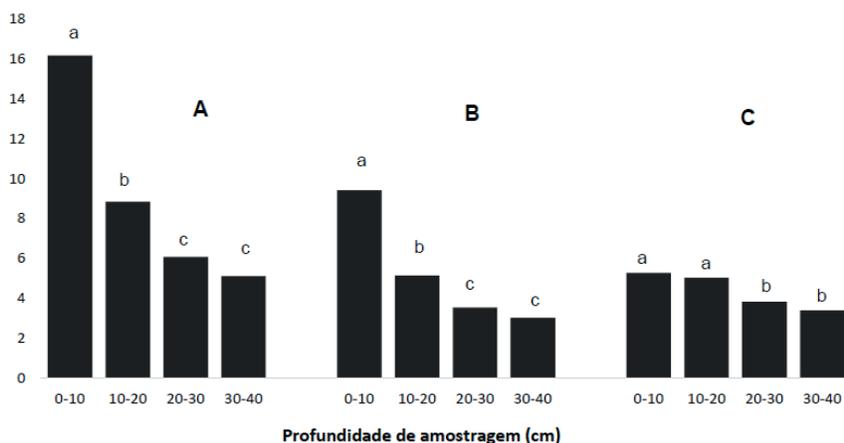
Com relação aos teores de N-inorgânico, observam-se valores superiores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> também nas camadas superficiais do solo ente 0-10 cm e 10-20 cm, decrescendo no perfil do solo. Os teores médios de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, foram de 39.09 mg/kg e 26.36 mg/kg, respectivamente, diferindo estatisticamente entre si (Tabela 2). Em condições de pH ácido, a espécie química predominante é NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, explicado pelo processo de nitrificação, que é mediado pelas bactérias Nitrossomonas e Nitrobacter, sendo essas muito sensíveis a valores de pH menores que 6.0 e tem atividade nula em pH menor que 4.5 (Moreira e Siqueira, 2002), o que justifica as maiores concentrações de N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em relação ao N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Isto demonstra que o manejo do solo com o uso de plantas de cobertura são ferramentas que podem

ser utilizadas para alterar os níveis de  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$  no solo, como já relatado por Nascente et al. (2012 e 2013). Outro ponto a ser observado é que o maior acúmulo  $N-NO_3^-$  foi verificado camada de zona radicular entre 0-20 cm, sendo que a lixiviação ocorreu em baixa intensidade, possivelmente em decorrência das baixas precipitações para a região durante o período, visto que as concentrações nas camadas subperficiais foram de 19.74 mg/kg, ou seja, 33.53% a menos que nas camadas superficiais do solo, podendo haver tendência a variações ao longo do tempo e com o ciclo das culturas em sucessão. D'Andréa et al. (2004), afirma que o nitrato é facilmente lixiviado e essa lixiviação está diretamente relacionada ao volume de água precipitada.

Tabela 2. Alterações nos teores de N-total,  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$  em função da diferentes profundidades de amostragem.

Camada	N-total	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$
	mg/kg		
0-10	1810.37 a	39.39 a	27.93 a
10-20	1528.7 b	38.67 a	24.79 a
20-30	871.06 c	34.69 b	19.84 b
30-40	871.79 c	34.66 b	19.64 b
Média	1270.48	36.85	23.05
CV (%)	22.52	9.32	28.15

\* Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**A** (Matéria orgânica (g/dm<sup>-3</sup>), **B** (Carbono orgânico (g/dm<sup>-3</sup>), **C** (Relação C/N (g/dm<sup>-3</sup>))  
\*Médias seguidas da mesma letra nas barras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 6. Matéria orgânica (A), carbono orgânico (B) e relação C/N em função das profundidades de amostragem do solo. \*Médias seguidas da mesma letra nas barras, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

As espécies *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis* apresentam grande potencial para produção de matéria seca; enquanto que a espécie Lab-Lab destaca-se na extração de nutrientes, tais como P, K e Ca no pleno florescimento.

A utilização das espécies Lab-lab e Feijão de porco foram às estratégias mais eficientes em promover o aumento no aporte de matéria orgânica, carbono e formas de nitrogênio no solo.

Os teores de  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$  foram superiores nas camadas superficiais do solo.

## REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.; HUBNER, A., 2007. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 1, p. 95-102. <https://www.scielo.br/pdf/pab/v42n1/13.pdf>.

ANDRADE NETO, R. C., GÓES, G. B., MIRANDA, N. O., FILHO, E. T. D., & FILHO, F. S. T. P. (2008). Adubação verde: uma alternativa sustentável para o Brasil. Revista Verde, 3(1), 16-20. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7476761>

ARANDA, V.; CAÑADA, M.; VIDAL, A.; GARCÍA, J.; CALERO, J.; DELGADO, R.; VERDEJO, T.; VILA, F., 2011. Effect of soil type and management (organic vs. conventional) on soil organic matter quality in olive groves in a semi-arid environment in Sierra Mágina Natural Park (Spain). Geoderma, Amsterdam, v. 164, n. 1-2, p. 54-63. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706111001327>.

ARAÚJO, E.; RIBEIRO, J.; VENTURIM, D.; CATÂNIO, J.; MACIESKI NETO, V.; FREITAS, D.; MOREIRA, A.; DE PAULA, N.; COSTA, J.; COSTA, W.; SANTOS, K., 2021. Absorption of nutrients and chemical reconditioning of red latosol by cover plants cultivated in Amazon environment. Australian Journal Crop Science. 15(01):145-155. doi: 10.21475/ajcs.21.15.01.2964.

BELL, L.; MOORE, A., 2012. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: trends, drivers and implications. Agricultural Systems, v. 111, n. 7, p. 1-12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X12000686>.

BOER, C. A., ASSIS, R. L., SILVA, G. P., BRAZ, A. J. B. P., BARROSO, A. L. L., FILHO, A. C., & PIRES, F. R. 2008. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região centro-oeste do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32(2), 843-851. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200038>

CAMBARDELLA, C.; ELLIOTT, E., 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of America Journal, n.56, 777-783. <https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x>

D'ANDRÉA, A.; SILVA, M.; CURTI, N.; GUILHERME, L., 2004. Estoques de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, n.39, p.179-186. <https://www.scielo.br/j/pab/a/PRDk83v9ySjWXgG7WkNh3jf/?lang=pt>.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. - 2. Ed, Brasília., Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

JOHNSTON, A.; POULTON, P.; COLEMAN, K., 2009. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in Agronomy*, v.101, n.1, p.1-57. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211308008018>.

KOVEN, C.; HUGELIUS, G.; LAWRENCE, D.; WIEDER, W., 2017. Higher climatological temperature sensitivity of soil carbon in cold than warm climates. *Nature Climate Change*, v. 7, n. 11, p. 817-822. <https://www.osti.gov/pages/biblio/1532269>.

LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R.; MADEIRA, N. R.; SILVA, J.; GUEDES, I. M. R.; SILVA, L. R. B.; SOARES, D. C., 2016. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.51, n.4, p.378-387. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000400011>

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B.; KOUCHER, L.; OLIVEIRA, R.; KURTZ, C.; LOVATO, P.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J., 2015. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, n.4, p.1212-1224. <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/sPQvjG8jFjgvjcJJXpxRkkG/?format=pdf&lang=p>.

MAGALHÃES, S. S. A.; RAMOS, F. T.; WEBER, O. L. S., 2016. Carbon stocks of an Oxisol after thirty-eight years under different tillage systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 1, p. 85-91. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n1p85-91>

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.; DEBARBA, L., 2003. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: Curi, N.; Marques, J.; Guilherme, L.; Lima, J.; Lopes, A.; Alvarez V., V.H. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.3.p.209-248. [https://www.researchgate.net/publication/291989594\\_Manejo\\_de\\_solo\\_e\\_culturas\\_e\\_sua\\_relacao\\_com\\_os\\_estoques\\_de\\_carbono\\_e\\_nitrogenio\\_do\\_solo](https://www.researchgate.net/publication/291989594_Manejo_de_solo_e_culturas_e_sua_relacao_com_os_estoques_de_carbono_e_nitrogenio_do_solo).

MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J., 2006. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 625p.

NASCENTE, A.; CRUSCIOL, C., 2013. Cover crops affecting levels of ammonium and nitrate in the soil and upland rice development. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2189-2202. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/93178/1/semina.pdf>.

NASCENTE, A.; CRUSCIOL, C., 2012. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 47, n. 2, p. 187-192.

<https://www.scielo.br/j/pab/a/BFqQr4bJhmv3BKc8tvYTjNN/?format=pdf&lang=en>.

PEREIRA, A.P.; SCHOFFEL, A.; KOEFENDER, J.; CAMERA, J.N.; GOLLE, D.P.; HORN, R.C., 2017. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. *Revista de Ciências Agrárias*, n.40, v. 4, p. 799-807. <https://doi.org/10.19084/RCA17065>

RANGEL, O.; SILVA, C., 2007. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes usos e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, n.31, p.1609-1623. <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5yDMRDk5mBCzvVW9jH37rt/?format=pdf&lang=pt>.

ROSSET, J.; LANA, M.; PEREIRA, M.; SCHIAVO, J.; RAMPIM, L.; SARTO, M.; SEIDEL, E., 2014a. Estoque de carbono, propriedades químicas e físicas do solo em sistemas de manejo com diferentes tempos de implantação na Região Oeste do Paraná, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 6, p. 3053-3072. <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/16350/15413>.

ROSSET, J.; SCHIAVO, J.; ATANÁZIO, R., 2014b. Atributos químicos, estoque de carbono orgânico total e das frações humificadas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de manejo de cana-de-açúcar. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 5, p. 2351-2366. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744144009>.

SALES, A.; SILVA, A.; VELOSO, C.; CARVALHO, E.; MIRANDA, B., 2018. Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia Legal. *Colloquium Agrariae*, v. 14, n. 1, p. 1-15. <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/1989/2101>.

SALTON, J.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.; FABRÍCIO, A.; MACEDO, M.; BROCH, D., 2008. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 11-21.

<https://www.scielo.br/rj/rbcs/a/nj79r8rWZhJm4YksSrQXfky/?format=pdf&lang=pt>.

TEDESCO, M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H.; WOKWEISS, S., 1995. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2.<sup>a</sup> ed. Porto Alegre, UFRGS/Departamento de Solos. 174 p.

ZINN, Y.; LAL, R.; RESCK, D., 2005. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. *Soil Till. Res.*,84:28-40. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.007>.