

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO SOLO EM RESPOSTA A ADUBOS VERDES NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Angelita Aparecida Coutinho Picazevicz¹, Leonardo dos Santos França Shockness¹, Bruno Henrique Silva Rodrigues², Kenad Anderson Monteiro da Silva³, Luciano Marquarte³, Marcos Huriel Deschivone Eller³, João Victor Alves Jasinski³, Weverton Fernandes de Lima Souza³

RESUMO – O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos da adubação verde no solo. O experimento foi conduzido à campo, utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados, considerando cinco tratamentos: testemunha, feijão guandú, feijão de porco, crotalária *spectabilis* e o coquetel de sementes que consistiu na mistura das sementes de todas as espécies de adubos verdes, com cinco repetições. As variáveis analisadas foram: parâmetros químicos, físicos e biológicos do solo. Foi observado maior disponibilidade de P no solo por feijão guandú. A respiração basal apresentou menor taxa no cultivo de crotalária. Contudo, os demais atributos químicos, físicos e biológicos não foram influenciados pela adubação verde.

Palavras chave: adubação verde, fertilizantes minerais, fixação biológica de nitrogênio.

PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL IN RESPONSE TO GREEN FERTILIZERS IN THE WESTERN AMAZON

ABSTRACT – The objective of this research was to evaluate the effects of green manure on the soil. The experiment was carried out in the field, using a randomized block design, considering five treatments: control, pigeon pea (guandu beans), pork beans, *crotalaria spectabilis* and the seed cocktail that consisted of the mixture of the seeds of all species of green manure, with five repetitions. The variables analyzed were: chemical, physical and biological parameters of the soil. Higher availability of P in the soil by pigeon pea was observed. Basal breathing showed a lower rate in the cultivation of sunnhemp. However, the other chemical, physical and biological attributes were not influenced by green manure.

Keywords: biological nitrogen fixation, green manure, mineral fertilizers.

INTRODUÇÃO

A adubação verde consiste na utilização de espécies vegetais que podem contribuir com melhorias das características físicas, químicas e biológicas do solo (Ferreira et al., 2012). As principais espécies de plantas utilizadas como adubos verdes são as pertencentes à família Fabaceae, em função destas terem capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias denominadas de rizóbios (Mateus & Wutke, 2006). O aporte de nitrogênio fixado simbioticamente propicia a redução do uso de fertilizantes minerais (Wutke et al., 2007).

Os benefícios da adubação verde foram verificados por Delarmelinda et al. (2010) que constataram aumento nos teores de matéria orgânica, soma de bases e percentagem de saturação de bases, porém, destacam que as espécies de adubos verdes contribuíram distintamente nas características avaliadas. Cardoso et al. (2014), também, observaram que espécies de adubos verdes promovem alterações diferentes nos parâmetros do solo avaliados.

Adubos verdes podem apresentar melhorias em mais de um atributo do solo, como por exemplo, por meio do fornecimento de nitrogênio ao solo via fixação biológica e, também, auxiliar na descompactação, quando apresentar

¹ Professor(a) de Agronomia do Instituto Federal de Rondônia/Campus Cacoal.

² Técnico do laboratório de Solos do Instituto Federal de Rondônia/Campus Cacoal.

³ Alunos do Curso Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Rondônia/Campus Cacoal. E-mail: angelita.aparecida@ifro.edu.br.



sistema radicular agressivo (Ferrari Neto et al., 2012). Além destas melhorias, pode ter efeito positivo na fertilidade do solo, contribuindo com o aumento da produtividade de culturas de finalidade comercial (Lima et al., 2017). Araújo Neto et al. (2014) observaram que espécie de adubo verde como crotalária potencializa a atividade microbiana e feijão de porco aumenta a respiração edáfica. Portanto, há influência dos adubos verdes, também, em atributos biológicos do solo, não se restringindo, neste aspecto, somente a fixação biológica de nitrogênio.

A utilização de adubos verdes pode contribuir para melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com consequente conservação deste recurso, propiciando, também, a redução do uso de insumos, tais como fertilizantes sintéticos cujo uso excessivo pode ter efeitos negativos no meio ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições à campo, no município de Cacoal (11° 28' S; 61° 22' O; 184 m), Estado de Rondônia, no período de outubro/2018 a janeiro/2019. O clima predominante da região segundo a classificação de Koppen é do tipo Am (Alvarez et al., 2013), a precipitação é entre 1300 a 2600 mm/ano (França, 2015) e o solo de ocorrência comum é Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico Típico (IBGE, 2006). O delineamento experimental utilizado consistiu em blocos casualizados, considerando cinco tratamentos: testemunha (plantas espontâneas), três espécies de adubos verdes e a combinação de todas as espécies (coquetel), com cinco repetições. Na instalação do experimento as características químicas e físicas do solo, determinadas de acordo com Embrapa (1997), foram: pH (CaCl₂) = 4,7; matéria orgânica = 17,4 g.dm⁻³; P = 2,5 mg.dm⁻³; K = 69,5 mg.dm⁻³; Ca = 1,70 cmol_c.dm⁻³; Mg = 0,66 cmol_c.dm⁻³; Al = 0,23 cmol_c.dm⁻³; H+Al = 4,40 cmol_c.dm⁻³; soma de bases = 2,54 cmol_c.dm⁻³; CTC = 6,94 cmol_c.dm⁻³; saturação por bases = 36,60%; areia = 640 g.kg⁻¹; silte = 083 g.kg⁻¹; argila = 277 g.kg⁻¹.

As parcelas tiveram dimensão de 2 m x 2 m, portanto, 4 m². Para a semeadura foram utilizadas quatro linhas no sentido longitudinal e em cada metro linear efetuou-se a semeadura de quarenta sementes de feijão guandú (*Cajanus cajan*), 20 sementes de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*). O tratamento denominado coquetel consistiu na mistura de sementes das espécies citadas a acima, sendo intercaladas a semeadura. Além disso, havia a testemunha em que predominou somente as plantas espontâneas.

Após 60 dias da semeadura dos adubos verdes amostras para análise de nitrogênio foram coletadas e as plantas foram cortadas com auxílio de enxadas e mantidas sobre o solo. Decorridos 60 dias do corte das espécies vegetais foram coletadas amostras de solo, a 20 cm de profundidade, para análise química dos seguintes parâmetros: pH, SB, CTC pH 7 (T), V%, m%, P, K, Ca, Mg, sendo estes determinados conforme metodologias específicas (EMBRAPA, 1997). Foram realizadas, também, análises físicas como: densidade aparente pelo método do anel volumétrico, densidade de partículas pelo princípio do volume de álcool gasto para completar o volume do balão volumétrico e porosidade total (EMBRAPA 1997). O nitrogênio acumulado na parte aérea foi quantificado a partir do material seco de acordo com o método Kjeldahl descrito por Tedesco et al. (1995).

Para as avaliações biológicas do solo, que consistirão na respiração basal, biomassa microbiana, sendo esta realizada pela metodologia da respiração induzida pelo substrato, e quociente metabólico foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm. Para determinação da respiração edáfica efetuou-se o peneiramento do solo, em malha de 2 mm, sendo utilizadas três sub-amostras de 100 g acondicionadas em frascos de vidro, sendo uma para determinação de umidade e as demais para a análise. Em outros recipientes foram adicionados 10 mL de NaOH a 1 M que seguiram juntos aos anteriores para frasco de 2 L com tampa fechados herméticamente. Os frascos ficaram em ambiente escuro por oito dias. Após o período recomendado foi realizada a etapa de quantificação do CO₂ respirado que consistiu em adicionar 2 mL de cloreto de bário no recipiente com NaOH, 2 gotas de fenolftaleína 1% e procedeu-se a titulação com solução de ácido clorídrico 0,5 M (Silva et al., 2007).

Para determinação da biomassa microbiana foi utilizada a metodologia de respiração induzida pelo substrato (Anderson & Domsch, 1978): efetuou-se a pesagem de 100 g de solo peneirado, sendo transferidos para frascos de vidro. Posteriormente, foi acrescentado 0,5 g de açúcar refinado. O material foi homogeneizado, mantido em recipiente hermético fechado e incubado, contendo 20 mL de NaOH a 0,5 N que foram incubados a 22 °C por aproximadamente 4 horas. Foram feitas, também, provas em branco com apenas a ausência das amostras de solo e adição do substrato. Para determinação da biomassa microbiana foi adicionado ao volume de NaOH 2 mL de BaCl₂ e 2 gotas de fenolftaleína 1%, seguida da titulação com HCl 0,5 N.

O cálculo do quociente metabólico qCO₂ foi determinado pela razão entre a respiração basal do solo (RB) e a biomassa microbiana (BM), sendo qCO₂ = RB/BM (Silva et al., 2007).

A análise estatística inicial consistiu em verificar a presença de dados discrepantes (Grubbs, 1969), normalidade dos erros (Shapiro & Wilk, 1965) e homogeneidade das variâncias (Bartlett, 1937). Os dados referentes ao teor de K e Mg no solo, bem como a respiração induzida pelo substrato não atenderam a normalidade dos dados, sendo transformados para \sqrt{x} . Por outro lado, os dados da densidade de partículas, quociente metabólico e teor de P do solo não atenderam a homogeneidade das variâncias, sendo transformados em $4\sqrt{x}$ e \sqrt{x} , respectivamente. Pelo teste F da análise de variância se verificou a significância dos efeitos dos fatores e se procedeu a comparação de médias dos tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito dos adubos verdes ($P < 0,05$) no teor de fósforo (P) do solo (Tabela 1). Dessa forma, observa-se que a espécie feijão guandú reduziu a quantidade de fósforo quando comparado as demais espécies de plantas. Este resultado pode ter ocorrido em função da menor taxa de ciclagem de P nas condições em que o experimento foi realizado, considerando, também, que o teor do nutriente no solo era classificado como baixo por ocasião da semeadura. Portanto, para o adubo verde feijão guandú a taxa de mineralização de P pode ter sido reduzida em comparação aos demais. Contudo, Pott et al. (2007) destaca o feijão guandú como adubo verde com potencial de crescimento em solos com baixos teores de P, podendo contribuir na ciclagem deste elemento.

Tabela 1 - Valores de fósforo (P), $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, no solo em resposta a adubos verdes

Tratamentos	P ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)
Feijão guandú	0,79 b
Coquetel de adubos verdes	0,95 ab
Feijão de porco	1,00 a
Crotalária	1,00 a
Plantas espontâneas	1,01 a

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste de Tukey.

Os diferentes adubos verdes não apresentaram interferência ($p < 0,05$) nas seguintes características químicas do solo: pH, K, Ca, Mg, SB, T, V%, m% e matéria orgânica (Tabela 2). Relacionado as principais bases trocáveis do solo, K, Ca, Mg, considerando que o período do experimento era chuvoso, pode ter ocorrido a lixiviação das mesmas. Portanto, como essas influenciam a SB, T e V% estas variáveis, também, não tiveram efeito. Delarmelinda et al. (2010) verificaram que *Pueraria phaseoloides* aumentou a soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases, sendo que, quando comparadas a esta, as espécies de adubos verdes feijão guandú (*Cajanus cajan*) e crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*) reduziu estas variáveis.

Tabela 2 - Valores de potássio (K), $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), CTC a pH 7 (T), $\text{Cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$, saturação de bases (V%), saturação de alumínio (m%), %, e matéria orgânica (M.O), $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$, no solo em resposta a adubos verdes

Tratamentos	pH	K	Ca	Mg	SB	T	V%	m%	M.O
		$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ $\text{Cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$%.....		$\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$
Feijão guandú	5,12 a	7,88 a	1,23 a	0,96 a	2,32 a	5,44 a	42,78 a	11,12 a	0,83 a
Coquetel de adubos verdes	5,08 a	8,47 a	1,23 a	0,98 a	2,36 a	5,78 a	41,10 a	10,10 a	0,99 a
Feijão de porco	5,10 a	6,96 a	1,14 a	0,93 a	2,14 a	5,48 a	39,36 a	11,98 a	0,91 a
Crotalária	5,14 a	7,41 a	1,04 a	0,87 a	1,94 a	5,30 a	36,84 a	13,32 a	0,92 a
Plantas espontâneas	5,08 a	7,96 a	1,08 a	0,92 a	2,10 a	5,54 a	38,16	13,08 a	0,98 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo teste tukey.

Não houve diferença ($P > 0,05$) para o nitrogênio total acumulado na parte aérea das plantas, considerando as espécies vegetais utilizadas como adubos verdes em comparação, também, com as plantas espontâneas. Contudo, é

preciso considerar que este último grupo de plantas é composto por espécies distintas, podendo ocorrer fabáceas que, também se associam com microrganismos fixadores de N, além disso é comprovado a presença de bactérias diazo-



tróficas associativas em poáceas. Ferrari Neto et al. (2012) destaca que adubos verdes podem fornecer nitrogênio ao solo via fixação biológica.

A respiração basal foi influenciada pelos tratamentos ($P < 0,05$) (Tabela 3), sendo que quantidade superior de emissão de C-CO₂ ocorreu no tratamento constituído por plantas espontâneas. Porém, não diferiu do feijão guandú, Coquetel de adubos verdes e feijão de porco. Neste sentido, a diversidade de espécies vegetais pode ter potencializado o aumento de microrganismos no solo o que pode ter ocasionado a elevação desta variável. A menor taxa da respiração basal do solo ocorreu no uso de crotalária, sendo que este resultado difere do observado por Araújo Neto et al. (2014) que constataram aumento desta variável em solo coberto com esta espécie de adubo verde ao final do período chuvoso, no mês de maio. Porém, é preciso considerar que as épocas de avaliação foram diferentes, uma vez que, nesta pesquisa ocorreu em janeiro, portanto, período mais intenso de ocorrência de chuvas na região norte do Brasil.

A respiração basal do solo constitui-se na soma de todas as funções metabólicas do solo em que o CO₂ é produzido no solo. Portanto, pode ser pelo sistema radicular das plantas, atividade de microrganismos, principalmente, por fungos e bactérias (Silva et al., 2007). Observa-se que neste trabalho a respiração basal foi superior, também, nos tratamentos com feijão guandú e feijão de porco que tinham somente uma espécie de adubo verde, portanto, baixa diversidade de fonte de nutrientes para os microrganismos. Contudo, possivelmente propiciaram o aumento de microrganismos no solo, elevando a respiração basal do solo. Cardoso et al. (2014) constataram maior quantidade de microrganismos em solo coberto, por exemplo, com feijão guandú anão.

Tabela 3 - Respiração basal (mg C-CO₂ kg⁻¹ solo dia⁻¹) em resposta a adubos verdes

Tratamentos	Respiração basal
Feijão guandú	1,23 ab
Coquetel de adubos verdes	1,27 ab
Feijão de porco	1,28 ab
Crotalária	1,18 b
Plantas espontâneas	1,32 a

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste de Tukey.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da adubação verde para as variáveis biomassa microbiana e coeficiente meta-

bólico. Este resultado difere de Araújo Neto et al. (2014) que verificaram, no período de maior precipitação pluviométrica, influência das plantas de cobertura nestas variáveis, sendo que o quociente metabólico teve baixo valor em solo que era coberto por plantas espontâneas. Hungria et al. (2009) considera que em solos tropicais a rotativa de C e N em microrganismos é rápida. Diante disso, considerando, também, a intensidade de decomposição dos resíduos que foram cortados e disponibilizados sobre o solo e o tempo para avaliação dos parâmetros biológicos pode ter contribuído para não ocorrer diferenças entre as plantas utilizadas como adubos verdes.

A densidade de partículas, densidade do solo de 0-5 e de 5-10 cm e porosidade total não teve influência ($P > 0,05$) da adubação verde. Estes resultados podem ter ocorrido em razão de ter sido realizado somente um ciclo de cultivo de plantas destinadas a adubação verde, sendo que estas não diferiram do solo que tinha somente plantas espontâneas. Contudo, possivelmente se os adubos verdes fossem cultivados em outros momentos poderiam resultar em alteração dos atributos físicos do solo. Batista et al. (2015) não constataram efeito da adubação verde na estabilidade de agregados, considerando que este resultado deve-se ao fato desta técnica não ser utilizada de maneira contínua.

CONCLUSÕES

A adubação verde com feijão guandu apresenta a menor disponibilização de fósforo no solo.

O uso de adubo verde como crotalária apresenta a menor taxa de respiração basal do solo.

A adubação verde não influencia no pH, K, Ca, Mg, SB, T, V%, m%, matéria orgânica, acúmulo de N total na parte aérea das plantas, biomassa microbiana e quociente metabólico.

O uso de espécies de adubos verdes isolado ou combinado não difere da manutenção de plantas espontâneas nos atributos como densidade aparente, de partículas e porosidade total do solo.

LITERATURA CITADA

- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- ANDERSON, J.P.E; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial

- biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v.10, n.3, p.215-221, 1978. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(78\)90099-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90099-8).
- ARAÚJO NETO, S.E.; SILVA, A.N.; KUSDRA, J.F.; KOLLN, F.T.; ANDRADE NETO, R.C. Atividade biológica de solo sob cultivo múltiplo de maracujá, abacaxi, milho, mandioca e plantas de cobertura. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.45, n.4, p.650-658, out./dez. 2014. DOI:10.1590/S1806-66902014000400003.
- BARTLETT, M.S. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London*, London, v.160A, n.901, p.268-282, May 1937. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>.
- BATISTA, A.M.; PRETO, V.R.O.; CAMPOS, M.P.; SILVA, B.M.; CAIXETA, S.P. Efeito da adubação verde na estabilidade de agregados de um solo sob cultivo de hortaliças orgânicas na região de Capim Branco - MG. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.11, n.22, p.1049-1058, jul./dez. 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_141.
- CARDOSO, R.A.; BENTO, A.S.; MORESKI, H.M.; GASPAROTTO, F. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura da soja. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, Londrina, v.35, n.2, p.51-60, jul./dez. 2014. DOI: 10.5433/1679-0367.2014v35n2p51.
- DELARMELINDA, E.A.; SAMPAIO, F.A.R.; DIAS, J.R.M.; TAVELLA, L.B.; SILVA, J.S. Adubação verde e alterações nas características de um Cambissolo na região de Ji-Paraná-RO. *Acta Amazonica*, v.40, n.3, p.625-628, jul./set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000300024>.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; COSTA, C.H.M. Consórcio de guandu-anão com milheto: persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa. *Bragantia*, Campinas, v.71, n.2, p.264-272, abr./jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012005000017>.
- FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P. de; CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. *Revista verde*, Mossoró, v.7, n.1, p.33-38, out./dez. 2012.
- FRANÇA, R.R. Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. *Geografias artigos científicos*, Belo Horizonte, v.11, n.1, p.44-58, jan./jun. 2015.
- GRUBBS, F.E. Procedures for detecting outlying observations in samples. *Technometrics*, Princeton, v.11, n.1, p.1-21, Feb. 1969. DOI: <https://doi.org/10.1080/00401706.1969.10490657>.
- HUNGRIA, M. et al. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a longterm experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. *Applied Soil Ecology*, v.42, n.3, p.288-296, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.05.005>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estado de Rondônia: Pedologia (Mapa exploratório de solos). 2006. Disponível em: < <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>>. Acesso em: 11 maio 2021.
- LIMA, B.V.; SOUZA, G.G.; OLIVEIRA, T.O.P.; OLIVEIRA, J.A.G. Efeitos da adubação verde nos atributos do solo. *Revista Conexão Eletrônica*, Três Lagoas, v.14, n.1, p.515-523, jan./dez. 2017.
- MATEUS, G.P.; WUTKE, E.B. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. *Pesquisa & Tecnologia*, v.3, n.1, p.2-15, jan./jun. 2006.
- POTT, C.A.; MÜLLER, M.M.L.; BERTELLI, P.B. Adubação verde como alternativa agroecológica para recuperação da fertilidade do solo. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, Guarapuava, v.3, n.1, p.51-63, jan./abr. 2007.
- SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, Oxford, v.52, n.3/4, p.591-611, Dec. 1965. DOI: <https://doi.org/10.2307/2333709>.
- SILVA, E.E.; AZEVEDO, P.H.S.; DE-POLLI, H. *Determinação da respiração basal e quociente metabólico do solo (qCO₂)*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 4p. (Comunicado Técnico 99).
- TEDESCO, M.J. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2 ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).
- WUTKE, E.B.; AMBROSANO, E.J.; RAZERA, L.F.; MEDINA, P.F.; CARVALHO, L.H.; KIKUTI, H. *Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas*. Brasília, DF: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2007. 52 p.

Recebido para publicação em 23/04/2021, aprovado em 11/05/2021 e publicado em 01/06/2021.

