

ATRIBUTOS DO SOLO E RENDIMENTO DE FEIJÃO-COMUM APÓS ASSOCIAÇÃO DE ADUBAÇÃO VERDE COM COMPOSTO ORGÂNICO E/OU INOCULAÇÃO COM RIZÓBIOS

Soil attributes and common bean yield after the combination of green manuring with organic composts and/or rhizobium inoculation

Flávia Aparecida de Alcântara¹, Luís Fernando Stone², Enderson Petrônio de Brito Ferreira³, Alexandre Bryan Heinemann⁴

¹Pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão. Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras. Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil. Orcid <https://orcid.org/0000-0002-3948-014X>. flavia.alcantara@embrapa.br

²Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão. Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo. Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil. Orcid <https://orcid.org/0000-0003-3089-6381>. luis.stone@embrapa.br

³Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão. Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil. Orcid <https://orcid.org/0000-0002-1964-1516>. enderson.ferreira@embrapa.br

⁴Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão. Doutor em Irrigação e Drenagem pela Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz. Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil. Orcid <https://orcid.org/0000-0002-7037-488X>. alexandre.heinemann@embrapa.br

RESUMO

A associação de práticas de manejo do solo na Agroecologia, embora comum, é pouco estudada. Este trabalho avaliou os efeitos de adubos verdes, compostos orgânicos e inoculação de sementes com rizóbios e rendimento de feijão-comum. Conduziu-se um experimento em delineamento de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas e quatro repetições, por duas safras. As parcelas constaram de: crotalária juncea, feijão-de-porco e mucuna anã. As subparcelas foram: testemunha (F1), F2 (inoculação), F3 (composto orgânico para suprir 60 kg ha⁻¹ de N) e F4 (inoculação mais composto orgânico para suprir 30 kg ha⁻¹ de N). Coletaram-se amostras de solo (0,0 - 0,10 m) antes da 1ª e depois da 2ª safra. Resultados demonstraram que os atributos físicos e biológicos e a matéria orgânica não foram alterados. O feijão-de-porco aportou mais Ca e Mg ao solo; e o F3, mais P, Ca, Mg e Zn, além de aumentar pH. Na 1ª safra, o rendimento foi maior após feijão-de-porco; na 2ª, após crotalária e mucuna anã e inoculação de sementes.

Palavras Chaves: *Phaseolus vulgaris* L., adubos verdes, compostagem, rhizobium.

ABSTRACT

The combination of soil management practices in Agroecology is common but little studied. This work evaluated the effects of green manures, organic compounds and inoculation of seeds with rhizobia on the soil and yield of common bean. It was a randomized block design, split plots and four replications for two seasons. The plots included: sunn hemp, jack bean and dwarf velvet bean. The subplots, in addition to the control (F1), included: F2 (inoculation), F3 (organic compost to supply 60 kg ha⁻¹ of N) and F4 (inoculation plus organic compost to supply 30 kg ha⁻¹ of N). Soil samples (0.0-0.10 m) were collected before the 1st and after the 2nd harvest. Physical and biological parameters were not changed, as well as organic matter. The jack bean contributed more Ca and Mg to the soil; F3 provided more P, Ca, Mg and Zn and, increased pH. In the 1st harvest, the yield was higher after jack bean; while in the 2nd harvest it occurred after sunn hemp and velvet bean and seed inoculation.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris* L., green manures, compost, rhizobium.

INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais fontes de proteína nos países em desenvolvimento de regiões tropicais e subtropicais e tem uma importância ímpar no contexto socioeconômico e cultural brasileiro, que tem no “feijão com arroz” a base da alimentação diária (POSSE et al., 2010). O feijão mais produzido e consumido no país é o de cor, com produtividades para a primeira safra de 2020/2021 entre 228 kg ha⁻¹ na região Nordeste (a mais baixa) e 1870 kg ha⁻¹ na região Sul (a mais alta) (CONAB, 2021).

Ausência de calagem e adubações desequilibradas estão entre os fatores que causam baixas produtividades de feijoeiro na agricultura familiar (COÊLHO, 2018), que precisa de alternativas eficientes e viáveis de manejo e fertilização do solo. Práticas ecológicas, tais como adubação verde, cobertura morta e rotação de culturas, possibilitam condicionar o solo, evitar sua degradação e atuam como peça-chave no processo de transição agroecológica (TRINDADE-SANTOS e CASTRO, 2021).

Os adubos verdes podem agir na fertilidade do solo aumentando o pH, os teores de matéria orgânica (MO), os macro e micronutrientes. Além disso, podem ter efeitos positivos na porosidade, na capacidade de infiltração de água e na microbiota do solo, pois sua fitomassa atua como substrato (FERREIRA et al., 2012). A esses benefícios, somam-se os de natureza social e econômica, como a possibilidade de produção de sementes pelos próprios agricultores (MÓSQUERA et al., 2012). A dinâmica de decomposição das espécies varia com as condições edafoclimáticas (NASCIMENTO et al., 2016) e depende de sua composição química, especialmente, dos compostos aromáticos ou carboxílicos e das relações C/N e C/P (SORATTO et al., 2012; CARVALHO et al., 2014). Adubos verdes podem afetar de forma diversa o solo (CARDOSO et al., 2014) ou apresentar efeitos semelhantes (FAVARATO et al., 2015), o que gera a necessidade de se avaliar cada situação.

Não obstante as vantagens do uso dessa prática, há que se considerar que a exportação de nutrientes que ocorre com a colheita torna necessário associar a adubação verde à aplicação de fertilizantes, de modo a repor esses elementos. Cunha et al. (2011a),

estudando em sistema agroecológico os efeitos de crotalária juncea, guandu, mucuna preta e sorgo sobre atributos químicos do solo, encontraram que apesar do aumento do teor de MO, a reciclagem dos nutrientes por essas espécies não manteve teores adequados, principalmente de P e K. É importante ressaltar que os demais nutrientes são apenas reciclados do próprio sistema, com exceção da entrada de N via fixação biológica quando o adubo verde é uma leguminosa.

No caso dos sistemas agroecológicos, de forma a complementar a adubação verde, é importante considerar a produção de fertilizantes orgânicos por meio de processos simples realizados *in loco*, bem como matérias-primas existentes, preferencialmente, na propriedade ou região, gerando custos mínimos. De acordo com Leal et al. (2013), a compostagem de resíduos e outros materiais de origem vegetal ou animal podem atender, plenamente, a crescente demanda por adubos orgânicos. Produtos finais de boa qualidade são geralmente obtidos a partir da mistura de materiais com alta relação C/N, como palhadas e serragem, com materiais ricos em N, como os esterco.

A viabilidade da utilização da adubação orgânica para o feijão-comum, em termos de produtividade de grãos, tem sido demonstrada por vários estudos (GERLACH et al., 2013; PEREIRA et al., 2015; MARTINS et al., 2015; FERREIRA et al., 2020). Entretanto, além de efeitos sobre o rendimento, é preciso considerar benefícios paralelos, como a incorporação de MO ao solo e o condicionamento que dela advém. A maioria dos trabalhos não associa adubação verde e fertilizantes orgânicos. Portanto, faltam informações que tragam, além de efeitos sobre produtividade, avanços no conhecimento sobre a qualidade do solo resultantes dessas práticas e de sua associação. Por outro lado, trabalhos sobre o efeito do manejo sobre a qualidade do solo utilizam um conjunto de atributos químicos, físicos e biológicos (CUNHA et al., 2011b; LIMA et al., 2013; CHERUBIN et al., 2015), mas poucos consideram o impacto dessas mudanças sobre o rendimento das culturas (STONE et al., 2013).

Por ser o feijoeiro uma leguminosa capaz de beneficiar-se da fixação biológica de nitrogênio (FBN), a inoculação de sementes com rizóbios pode ser uma estratégia interessante. Entretanto, a grande maioria dos estudos realizados sobre o tema avalia a inoculação em substituição/complementação aos fertilizantes sintéticos, como a ureia

(e.g. BERTOLDO et al., 2015). Alguns trabalhos unem inoculação e adubação orgânica mas não são conduzidos em sistema agroecológico e, a maioria, comparam com adubação sintética Venturini et al. (2005) e Martins et al. (2015).

O presente trabalho objetivou avaliar atributos químicos, físicos e biológicos do solo e o rendimento de feijão-comum após a associação de adubação verde com uso de compostos orgânicos e/ou inoculação das sementes de feijão com rizóbios.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na Estação Experimental em Agroecologia, em Santo Antônio de Goiás, GO (16°31'18"S e 49°18'45"W, a 823 m de altitude), que abrange 16 ha, manejados sob princípios agroecológicos desde 2004. Antes do que foi pastagem após a derrubada de vegetação original (Cerradão). O clima é Aw, tropical de savana, megatérmico com regime pluvial bem definido, período chuvoso de outubro a abril e seco de maio a setembro, e precipitação média anual de 1460 mm (ALVARES et al., 2013; SILVA et al., 2002). O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO ácrico típico (SANTOS et al., 2013), com 410, 320 e 270 g kg⁻¹ de areia, argila e silte, respectivamente, na camada de 0 a 0,20 m (TEIXEIRA et al., 2017) e classificação textural franco argilosa.

A área vinha sendo conduzida desde o verão 2013/2014 com três faixas de adubos verdes, repetidas quatro vezes, a fim de comparar o potencial de produção de fitomassa das seguintes leguminosas: crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) e mucuna anã (*Mucuna deeringiana*). Esse manejo foi mantido nos anos agrícolas 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. Os adubos verdes foram semeados no início da estação chuvosa (outubro), sem adubação, no espaçamento de 0,45 m entre linhas e utilizando-se 25, 07 e 07 sementes por metro de crotalária, feijão-de-porco e mucuna, respectivamente. A partir da safra 2015/2016 foi iniciado o experimento com feijão-comum, em sucessão à adubação verde, descrito neste trabalho. Em outubro de 2015, antes de sua instalação, realizou-se amostragem inicial do solo, caracterizando a época zero (E0). Para tal, em cada faixa de adubo verde e para cada uma das quatro repetições, foi coletada uma amostra composta (deformada)

proveniente de 20 amostras simples da camada de 0 - 0,10 m de profundidade, para as análises químicas e biológicas. Para as últimas, subamostras de cada composta foram acondicionadas em baixa temperatura até chegar ao laboratório. Coletou-se, ainda, uma amostra indeformada de torrão para análise de estabilidade de agregados e três anéis volumétricos (amostras indeformadas) na área central de cada faixa e no centro da camada de 0 - 0,10 m de profundidade. Foram avaliados atributos químicos, físicos e biológicos.

Os atributos físicos avaliados foram: densidade do solo (D_s), determinada pelo método do anel volumétrico; porosidade total (PT), pela relação entre densidade do solo e densidade de partículas; microporosidade (MIP), considerada igual à quantidade de água retida pelo solo na tensão de 6 kPa; macroporosidade (MAP), pela diferença entre porosidade total e microporosidade e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), determinado via úmida (metodologias em TEIXEIRA et al., 2017). Os atributos químicos avaliados foram o teor de MO, pelo método de Walkley e Black; os teores de C e N total, determinados por combustão seca em analisador CHN Perkin Elmer, pelo método Dumas (NELSON e SOMMERS, 1996); o pH (em água) e os teores de P-Mehlich, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , H^+ + Al^{3+} , determinados conforme Teixeira et al. (2017), além de calculadas a capacidade de troca de cátions efetiva (t) e potencial (a pH 7,0) (T) e a saturação por bases (V). O estoque de C no solo (ESTC) foi calculado a partir dos valores de C e N totais e de densidade do solo para a camada de 0 a 0,10 m de profundidade, com posterior correção usando como referência a densidade do solo de uma área de mata próxima ao experimento, como sugerido por Carvalho et al. (2009). Os atributos biológicos avaliados foram C e N da biomassa microbiana, respectivamente CBM e NBM, pelo método da fumigação-extração (VANACE et al., 1987).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com arranjo em parcelas subdivididas e quatro repetições, as mesmas já usadas para os adubos verdes. As parcelas foram compostas pelos três adubos verdes já existentes, medindo cada uma 80 m de comprimento e 8 m de largura. As subparcelas, medindo cada uma 10 m de comprimento e 4 m de largura, foram compostas por quatro tratamentos referentes a

composto orgânico e inoculação: F1 (testemunha, sem inoculação ou composto orgânico), F2 (inoculação), F3 (composto orgânico de forma a suprir 60 kg ha⁻¹ de N) e F4 (inoculação + composto orgânico de forma a suprir 30 kg ha⁻¹ de N). As doses de composto foram definidas com base no nutriente requerido em maior quantidade para o feijão, no caso, N. A dose de 60 kg ha⁻¹ de N (F3) foi estabelecida conforme Carvalho (2012) e sua metade estipulada para F4.

O preparo do solo foi convencional, com grade aradora e niveladora, ocasião em que foi incorporada a fitomassa dos adubos verdes, junto com o composto orgânico, aplicado a lanço nas subparcelas de F3 e F4. Utilizou-se a cultivar de feijão-comum carioca BRS Notável, semeada no espaçamento de 0,45 m entre linhas, com 15 sementes por metro. Para as sementes de feijão utilizadas em F2 e F4, utilizou-se inoculante constituído das estirpes de *Rhizobium tropici* BR 322 (CIAT 899, SEMIA 4077), isolada na Colômbia por Peter H. Graham; BR 520 (PRF 81, SEMIA 4080), isolada no Estado do Paraná (HUNGRIA e VARGAS, 2000); e BR 534 (CPAC H12), isolada na região do Cerrado (MOSTASSO et al., 2002). Os inoculantes foram preparados por injeção de caldo de cultivo, contendo, as estirpes, em sacos plásticos selados, com 50 g de turfa autoclavada, conforme protocolo da Rede de Laboratórios para a Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola (RELARE). A qualidade do inoculante foi avaliada pela quantificação da população de rizóbio conforme o método de Andrade e Hamakawa (1994), apresentando valores superiores a 1011 unidades formadoras de colônia por grama de inoculante, compatível com o padrão exigido pelo Ministério da Agricultura.

Para o composto, produzido na própria Estação Experimental, foram utilizadas uma parte de esterco bovino para três de material vegetal triturado (sendo $\frac{3}{4}$ de capim-napier e o restante de folhas de bananeira). O umedecimento foi efetuado na montagem da pilha e a cada 15 dias, por ocasião das reviradas (feitas até os 60 dias). O composto atingiu o ponto ideal aos 90 dias, considerando-se temperatura, odor e estabilidade e homogeneidade de características visuais. Sua composição química, determinada conforme BRASIL (2014), foi de: 16, 19, 16, 50, 13 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg,

respectivamente; 100, 33.000, 200, 250 mg kg⁻¹ de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente; pH 7,0; 450 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 13% de umidade e relação C/N de 16:1.

O experimento foi conduzido da mesma forma nas safras 2015/2016 e 2016/2017. A produtividade foi avaliada em abril de 2016 e abril de 2017, coletando quatro linhas de seis metros de comprimento e totalizando 10,8 m² de parcela útil. Em abril de 2017, após a colheita, foi realizada nova coleta de solo, para caracterizar a época um (E1). Foram retiradas, na área útil de cada subparcela, na camada de 0 - 0,10 m de profundidade, uma amostra composta (deformada) de oito amostras simples para análises químicas e biológicas (para as quais subamostras de cada amostra composta foram acondicionadas em baixa temperatura até chegar ao laboratório), uma amostra indeformada na forma de torrão para análise de estabilidade de agregados e três anéis volumétricos (amostras indeformadas) no centro de cada subparcela, no meio da camada de 0 a 0,10 m de profundidade. Os atributos avaliados e as metodologias aplicadas foram as mesmas para as amostras de E0. As médias dos resultados de solo da coleta E1 foram comparadas com aquelas obtidas em E0 pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Os dados de E1 foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a análise estatística utilizou-se o Programa R versão 3.5.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre os adubos verdes e a presença de composto e/ou inoculação para nenhum dos atributos do solo estudados. Isoladamente, também, não houve efeito sobre os atributos físicos e biológicos (Tabela 1). Picazevicz et al. (2021), ao compararem guandu, feijão-de-porco e *Crotalaria spectabilis*, não encontraram efeitos sobre atributos físicos e biológicos, o que atribuíram à realização de apenas um ciclo de adubação verde. No presente estudo, foram realizados dois ciclos de adubação verde, precedidos de outros dois, como descrito anteriormente, totalizando quatro ciclos. De forma geral, os atributos físicos do solo são impactados por práticas de manejo e por mudanças no teor de MO (STONE et al., 2013), que não foi alterado durante o tempo do experimento, ou seja, entre 2015 e 2017 (Tabela 2).

Tabela 1. Média dos atributos físicos e biológicos e do estoque de carbono na camada de 0-0,10 m do Latossolo Vermelho ácrico submetido à adubação verde e presença de composto e ou inoculação e cultivado com feijão-comum.

Adubo verde	Tratamento subparcela	Ds	PT	MIP	MAP	DMP	CBM	NBM	ESTC
Época um - 2017									
Crotalária	F1	1,44	0,508	0,414	0,094	7,4	306,7	89,5	22,4*
	F2	1,52	0,475	0,427	0,048	6,3	228,3	55,9	22,4*
	F3	1,51	0,498	0,435	0,063	7,0	201,6	67,8	22,5*
	F4	1,43	0,511	0,416	0,096	8,5	193,3	66,2	21,9*
	Média	1,47A	0,498A	0,423A	0,075A	7,3A	232,5 A	69,8A	22,3 A
Feijão-de-porco	F1	1,42	0,519	0,432	0,086	8,2	260,6	99,2	22,1*
	F2	1,43	0,493	0,420	0,073	5,0	204,5	50,3	21,3*
	F3	1,56	0,483	0,453	0,031	6,9	205,8	82,6	22,5*
	F4	1,41	0,522	0,419	0,103	6,5	224,7	52,6	23,3*
	Média	1,46A	0,504A	0,431A	0,073A	6,6A	223,9 A	71,2A	22,3 A
Mucuna	F1	1,46	0,511	0,430	0,082	5,6	249,7	58,8	23,1
	F2	1,50	0,499	0,431	0,068	5,2	274,4	57,0	23,2
	F3	1,45	0,498	0,430	0,068	6,0	153,7	23,9	22,9
	F4	1,44	0,513	0,430	0,083	7,3	361,0	122,7	23,2
	Média	1,46A	0,505A	0,430A	0,075A	6,0A	259,7 A	65,6A	23,1 A
Média	F1	1,44a	0,512a	0,425a	0,087a	7,1a	272,3a	82,5a	22,5a
	F2	1,48a	0,489a	0,426a	0,063a	5,5a	235,7a	54,4a	22,3a
	F3	1,50a	0,493a	0,439a	0,054a	6,7a	187,0a	58,1a	22,7a
	F4	1,43a	0,516a	0,422a	0,094a	7,4a	259,7a	80,5a	22,8a
Época zero - 2015									
Crotalária		1,33	0,519	0,416	0,103	8,5	219,5	57,3	29,8
Feijão-de-porco		1,43	0,485	0,413	0,071	7,6	160,7	76,3	29,4
Mucuna		1,37	0,493	0,400	0,093	4,9	265,5	80,7	25,9

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; letras maiúsculas comparam adubos verdes e minúsculas comparam tratamentos de subparcela. Médias seguidas de *, em cada combinação de adubo verde e tratamento de subparcela, diferem significativamente da análise inicial pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade. Legenda: Ds: densidade do solo, em Mg m^{-3} ; PT, MIP e MAP: porosidade total, microporosidade e macroporosidade do solo, em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; DMP: diâmetro médio ponderado dos agregados, em mm; CBM e NBM: carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, em mg kg^{-1} , ESTC: estoque de carbono, em t ha^{-1} . F1: testemunha, F2: inoculação, F3: composto orgânico e F4: composto orgânico + inoculação.

Cunha et al. (2011b), também, não encontraram diferenças entre plantas de cobertura, em pré-cultivo de feijão em sistema orgânico e sob preparo convencional do solo, quanto ao teor de MO e os atributos físicos Ds, MIP, MAP e PT. Ausência de efeito sobre Ds e PT também ocorreu em Gomes et al. (2005), que avaliaram o efeito de composto orgânico, e atribuíram o resultado à manutenção dos teores de MO. De forma semelhante, Agne e Klein (2014), após quatro anos de aplicação de até $240 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$

de dejetos líquidos de suínos, não encontraram alterações nem no teor de matéria orgânica nem nos atributos físicos.

Apesar de C e N da biomassa microbiana serem considerados indicadores de qualidade do solo, seu uso isolado não é o mais adequado para avaliar o estado metabólico da população microbiana, sendo desejável que se agreguem outros índices, como, por exemplo, a atividade enzimática (BOWLES et al., 2014). Muitas vezes, o preparo convencional do solo pode influenciar mais os atributos biológicos do que as práticas de manejo e adubação. Ferreira et al. (2011) relataram que a adubação verde não causou efeitos marcantes nos indicadores biológicos, mas o C da biomassa foi maior sob semeadura direta do que sob preparo convencional. Cultivos com menor perturbação do solo tendem a aumentar o teor de MO e, conseqüentemente, da biomassa microbiana (LOURENTE et al., 2011).

Considerando os dados da Tabela 1 para E0 e E1, apenas o estoque de C foi impactado, tendo diminuído nas parcelas sob crotalaria e feijão-de-porco, independentemente dos tratamentos de subparcelas, e apesar de não ter diferido em 2017 sob os três adubos verdes. Possivelmente, o preparo convencional do solo, com grade aradora e niveladora, tenha contribuído para a redução desses estoques com o tempo, como encontrado por Vezzani e Mielniczuk (2011) e Hickmann e Costa (2012), já que a incorporação dos resíduos das leguminosas ao solo acelera sua decomposição (NASCIMENTO et al., 2016).

A falta de efeitos no teor de MO com o tempo é reflexo do fato de que nem os adubos verdes nem os tratamentos de subparcelas a afetaram durante o experimento (Tabela 2). Cardoso et al. (2014), também, não encontraram diferença no teor de MO entre o pousio e os demais tratamentos, que consistiam em diferentes adubos verdes para formação de palhada e semeadura direta da cultura sucessora. Sabe-se que, apesar de o aumento da matéria orgânica ser um dos efeitos esperados pelo uso de plantas de cobertura, além da quantidade de resíduos fornecidos por elas, esse aumento depende também da qualidade dos mesmos, sobretudo da relação C/N e dos constituintes recalcitrantes à decomposição microbiana, como ligninas, ceras e compostos fenólicos de alto peso molecular (CUNHA et al., 2011a). As leguminosas, por fixarem o nitrogênio

atmosférico, possuem altos teores de N em sua fitomassa e seus restos vegetais geralmente apresentam baixa relação C/N e decomposição relativamente acelerada, em comparação, às gramíneas, por exemplo (CALVO et al., 2010).

Tabela 2. Médias dos atributos químicos (teor de matéria orgânica e parâmetros de fertilidade) na camada de 0,0-0,10 m do Latossolo Vermelho ácrico submetido à adubação verde e presença de composto e ou inoculação e cultivado com feijão-comum.

Adubo verde	Tratamentos de subparcela	MO	t	T	V
Época um - 2017					
Crotalaria	F1	40,3	4,7*	7,1*	65,0
	F2	42,0	4,9*	7,4*	66,1
	F3	41,8	6,9	8,2*	84,1*
	F4	41,5	5,9	7,4*	79,4*
	Média	41,4A	5,6AB	7,5A	73,6A
Feijão-de-porco	F1	43,3	5,3*	7,6*	69,5
	F2	43,0	6,9*	8,6*	80,3
	F3	41,6	7,2	8,0*	89,9*
	F4	43,3	6,0	7,8*	77,3*
	Média	42,8A	6,4A	8,0A	79,3A
Mucuna	F1	41,0	4,7*	7,0*	66,1
	F2	41,5	5,2*	7,6*	68,2
	F3	41,0	6,3	7,6*	83,5*
	F4	40,6	5,7	7,3*	77,4
	Média	41,0A	5,4B	7,4A	73,8A
Média	F1	41,5a	4,9c	7,2c	66,9c
	F2	42,2a	5,7bc	7,8ab	71,5bc
	F3	41,5a	6,8a	7,9a	85,8a
	F4	41,8a	5,8ab	7,5bc	78,0ab
			MO	t	T
Época zero - 2015					
Crotalaria		44,6	6,7	10,3	64,1
Feijão-de-porco		44,3	6,9	10,5	64,8
Mucuna		42,8	6,7	10,4	63,5

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; letras maiúsculas comparam adubos verdes e minúsculas comparam tratamentos de subparcela. Médias seguidas de *, em cada combinação de adubo verde e tratamentos de subparcela, diferem significativamente da análise inicial por Dunnett a 0,05 de probabilidade. Legenda: MO: matéria orgânica, em g kg⁻¹; t e T: capacidade de troca de cátions efetiva e a pH 7, respectivamente, em cmol_c dm⁻³; V: saturação de bases a pH 7, em %. F1: testemunha, F2: inoculação, F3: composto orgânico e F4: composto orgânico + inoculação.

Ausência de aumento nos teores de MO após aplicação de adubos orgânicos foi encontrada por Scherer et al. (2010) e Agne e Klein (2014), mas depois do uso de dejetos líquidos de suínos, cujo teor de matéria seca é baixo. No presente caso, esse comportamento se deve, provavelmente, não só ao revolvimento do solo, que, apesar de não ter levado à redução, pode ter impedido o aumento da MO, mas também ao seu alto teor inicial (acima de 40 g kg⁻¹, Tabela 2), o que torna mais difícil sua elevação. A

adubação orgânica é ainda mais relevante para solos com baixo teor de matéria orgânica, como explicam Pereira et al. (2015), situação em que se alcançam incrementos maiores em relação ao estado inicial.

Os adubos verdes não afetaram a capacidade de troca de cátions potencial e a saturação por bases. No entanto, a capacidade de troca de cátions efetiva foi maior nas parcelas sob crotalária. Com relação aos tratamentos das subparcelas, em F3 houve maiores valores de t , T e de saturação por bases. O tratamento F4 foi superior a F1 e F2, no que diz respeito a esses parâmetros, mas sempre inferior ao F3 (Tabela 2). Esses resultados para t , T e V , que são parâmetros calculados, estão relacionados aos efeitos tanto dos adubos verdes quanto do composto sobre os teores de bases no solo, para os quais houve efeitos expressivos, conforme demonstrado na Tabela 3.

Sob feijão-de-porco, os teores de Ca e Mg foram maiores do que demais tratamentos (Tabela 3). Essa leguminosa é capaz de acumular altas quantidades de nutrientes na parte aérea (PADOVAN et al., 2011). Segundo Almeida e Câmara (2011), seu cultivo solteiro mostrou o maior acúmulo de nutrientes na fitomassa, quando comparado a outras duas leguminosas (mucuna preta e guandu), bem como a cultivos consorciados de cada leguminosa com milho e até mesmo a dois coquetéis, um com as três leguminosas e outro formado por elas mais milho e milheto.

Os teores de P, Ca, Mg e Zn foram mais altos nas subparcelas do tratamento F3, o que demonstra a importância do uso do composto como fonte de nutrientes para as culturas, já que em F3 sua dose era o dobro da dose de F4. Gomes et al. (2005) e Nakao et al. (2016), também, encontraram que a aplicação de composto orgânico para feijão sucedido por milho e para milho, respectivamente, aumentaram os teores de nutrientes do solo: Ca, Mg, P e K aumentaram no primeiro caso e P e K no segundo. De forma semelhante, Scherer e Spagnollo (2014) verificaram benefícios dos compostos orgânicos aplicados em áreas de feijão e milho em relação aos teores de P, K, Ca, Mg e Zn.

Tabela 3. Médias dos atributos químicos (pH, H+Al, macro e micronutrientes) na camada de 0,0-0,10 m do Latossolo Vermelho ácrico submetido à adubação verde e presença de composto e ou inoculação e cultivado com feijão-comum.

Adubo verde	Tratament o subparcela	pH	H+Al	Ca	Mg	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn
Época um - 2017											
Crotalária	F1	5,7	2,5*	3,6*	0,9	1,2	56,5*	0,8*	3,3	26	42
	F2	5,7	2,5*	3,8*	1,0	3,5	47,5*	1,0*	3,9	32	44
	F3	6,2*	1,3*	5,4*	1,4*	18,1*	72,8*	0,9*	7,2*	36*	48
	F4	6,1*	1,6*	4,5*	1,2*	7,7	75,8	0,9*	4,1	36*	42
	Média	5,9A	2,0A	4,3A B	1,1B	7,6A	63,1 A	0,9 A	4,6A	32 A	44 A
Feijão-de-porco	F1	5,7	2,4*	4,1*	1,0	4,8	73,3*	1,1*	2,6	26	52
	F2	6,1*	1,7*	5,4*	1,3	13,3	52,8*	0,8*	5,1	25	51
	F3	6,4*	0,8*	5,5*	1,5*	13,0*	67,5*	0,9*	6,8*	29*	55
	F4	6,0*	1,8*	4,7*	1,2*	12,3	58,5*	0,9*	3,2	25*	47
	Média	6,1A	1,6A	4,9A	1,3A	10,8 A	63,0 A	0,9 A	4,4A	26 A	52 A
Mucuna	F1	5,7*	2,4*	3,4*	0,9	2,8	102,5	0,9*	3,4	26*	39
	F2	5,8*	2,4*	4,1*	1,0	5,9	53,3	0,9*	3,5	25*	41
	F3	6,2*	1,3*	4,8*	1,3*	11,3*	72,3	0,9*	4,4*	28*	47
	F4	6,0*	1,7*	4,3*	1,2*	8,7	72,0	0,9*	3,7*	26*	42
	Média	5,9A	1,9A	4,2B	1,1B	7,2A	75,0 A	0,9 A	3,7A	27 A	42 A
Média	F1	5,7c	2,4a	3,7c	0,9c	2,9c	77,4a	0,9a	3,1b	26a	45a
	F2	5,9b	2,2a	4,4b	1,1b	7,6bc	51,2a	0,9a	4,2a b	27a	46a
	F3	6,2a	1,1c	5,2a	1,4a	14,1a	70,8a	0,9a	6,1a	31a	50a
	F4	6,0a	1,6b	4,5b	1,2a b	9,6ab	68,8a	0,9a	3,6b	29a	44a
Época zero - 2015											
Crotalária		5,3	3,7	2,1	0,8	1,8	123,9	0,4	1,8	12	42
Feijão-de-porco		5,1	3,7	2,3	0,8	2,0	85,3	0,4	1,5	10	45
Mucuna		5,2	3,8	2,1	0,7	1,7	85,0	0,5	1,6	11	42

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; letras maiúsculas comparam adubos verdes e minúsculas comparam tratamentos de subparcela. Médias seguidas de *, em cada combinação de adubo verde e tratamentos de subparcela, diferem significativamente da análise inicial pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade. Legenda: pH: potencial hidrogeniônico; H+Al, Ca e Mg: acidez potencial, cálcio e magnésio, em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; P, K, Cu, Zn, Fe e Mn: fósforo, potássio, cobre, zinco, ferro e manganês, em mg dm^{-3} . F1: testemunha, F2: inoculação, F3: composto orgânico e F4: composto orgânico + inoculação.

O uso de composto orgânico em maior dose (F3) também favoreceu a redução da acidez, elevando o pH (Tabela 3). Já os valores de acidez potencial foram maiores na testemunha F1, assemelhando-se ao F2. Em geral, o tratamento F4 mostrou-se superior a F1 e F2, no que diz respeito a teores de alguns nutrientes e acidez; no entanto, esteve sempre inferior ao F3 (Tabela 3). Também em relação ao tempo houve modificações em vários atributos químicos, inclusive nos parâmetros de acidez (Tabelas 2 e 3): o pH

aumentou em F3 e F4 sob crotalária; F2, F3 e F4 sob feijão-de-porco e em todas as subparcelas sob mucuna anã. Já os valores de H+Al diminuíram em todas as parcelas e subparcelas após dois anos. A adição de MO ao solo pode elevar o pH e, conseqüentemente, afetar H+Al (FRANCHINI et al., 1999) devido à ligação de íons H⁺ com moléculas orgânicas, à complexação do Al³⁺ e ao aumento de bases (Ca, Mg e K) (PAVINATO e ROSOLEM, 2008). Resultados de redução de acidez podem ser encontrados após adubação verde (FAVARATO et al., 2014; AMBROSANO et al., 2016) ou adubação orgânica (ARAUJO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012; SILVA et al., 2013), justamente por causa da adição de material orgânico. No presente caso, mesmo sem aumento nos teores de MO durante os dois anos de experimento, esta já se encontrava alta em 2015 (Tabela 2) e continuou a ser adicionada, tanto pelos adubos verdes, quanto pelo composto orgânico em F3 e F4.

Ainda em relação aos efeitos dos tratamentos com o tempo, após as duas safras (Tabela 3), os teores de P aumentaram em F3 sob todos os adubos verdes e o teor de K aumentou em F1, F2 e F3 sob crotalária e em todas as subparcelas sob feijão-de-porco. Houve aumento também para o teor de Ca em todas as parcelas e subparcelas, bem como para o teor de Mg nas subparcelas com F3 e F4 sob todos os adubos verdes. Com exceção do Mn, os teores de todos os micronutrientes aumentaram com o tempo: para Cu em todas as parcelas e subparcelas, para Zn em F3 sob crotalária e feijão-de-porco e em F3 e F4 sob mucuna, e para Fe em F3 e F4 sob crotalária e feijão-de-porco e em todas as subparcelas sob mucuna. Já os aumentos nos teores de bases refletiram no aumento da saturação de bases em F3 e F4 sob crotalária e feijão-de-porco e em F3 sob mucuna e na redução de t nas subparcelas sem composto, F1 e F2 (Tabela 2). Esses resultados positivos sobre os atributos químicos mostram que a associação da adubação verde com a aplicação de adubos orgânicos pode trazer benefícios importantes para a fertilidade do solo, corroborando com Favarato et al. (2014), Gallo et al. (2015) e Souza et al. (2015).

Na safra 2015/2016, a produtividade de grãos foi, em média, considerando todos os tratamentos, de 0,44 t ha⁻¹ e na safra 2016/2017 de 0,90 t ha⁻¹ (Tabela 4). A menor produtividade da 1^a safra em relação à 2^a se deve, possivelmente, à ocorrência de um

veranico nas primeiras semanas após a semeadura. A produtividade do feijoeiro é fortemente afetada por fatores ambientais, principalmente no caso do “feijão das águas”, dependente das chuvas durante o verão (BARBOSA e GONZAGA, 2012). De forma geral, as produtividades obtidas em 2017 foram semelhantes à média encontrada por Cunha et al. (2011a), de 0,79 t ha⁻¹, em trabalho conduzido também no cerrado goiano, com feijão das águas, sob preparo convencional de solo e em ambiente agroecológico.

Tabela 4. Produtividade de feijão-comum em função de adubos verdes, compostos orgânicos e ou inoculação de sementes.

Adubo verde	Tratamentos de subparcela	Produtividade (t ha ⁻¹)	
		2016	2017
Crotalária	F1	0,31	1,19Ab
	F2	0,40	1,59Aa
	F3	0,47	1,27Ab
	F4	0,45	1,23Ab
	Média	0,40B	1,32A
Feijão-de-porco	F1	0,37	0,51Ba
	F2	0,41	0,59Ba
	F3	0,55	0,80Ba
	F4	0,68	0,68Ba
	Média	0,50A	0,65B
Mucuna anã	F1	0,37	0,56Bb
	F2	0,23	0,77Bab
	F3	0,56	0,73Bab
	F4	0,52	0,86Ba
	Média	0,42AB	0,73B
Média	F1	0,35a	0,75b
	F2	0,35a	0,98a
	F3	0,53a	0,93a
	F4	0,55a	0,92a

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; letras maiúsculas comparam adubos verdes e minúsculas comparam tratamentos de subparcela. F1: testemunha, F2: inoculação, F3: composto orgânico e F4: composto orgânico + inoculação.

Em 2016, o rendimento de grãos do feijão-comum após adubo verde feijão-de-porco foi maior que após crotalária, seguida daquela obtida após mucuna (Tabela 4). Nesse ano, a presença de composto e ou inoculação das sementes não afetou a produtividade do feijão-comum. Em 2017, para todos os tratamentos de subparcelas, inclusive para F1, a maior produtividade foi obtida após crotalária. Gallo et al. (2015), comparando cinco adubos verdes e uma área em pousio, verificaram maiores produtividades do feijão-comum após feijão-de-porco e crotalária juncea, em comparação ao pousio. Rivero Herrada et al. (2017), por sua vez, não encontraram diferenças no rendimento do feijão-

comum cultivado após mucuna, crotalária juncea ou feijão-de-porco; assim como Ferreira et al. (2011), que obtiveram produtividades semelhantes para o feijoeiro após crotalária juncea ou sorgo, em sistema agroecológico.

Na safra 2016/2017, houve interação entre os adubos verdes e os tratamentos de subparcelas em relação a seus efeitos na produtividade (Tabela 4). Após crotalária, o rendimento do feijoeiro foi maior para F2; após feijão-de-porco não houve diferença em relação à produtividade e, após mucuna anã, a produtividade de F4 foi maior, seguida por F3 e F2 e, finalmente, por F1. Isso sugere que a inoculação de sementes, presente nos tratamentos F2 e F4, pode ter apresentado efeito positivo sobre a produtividade, a depender do adubo verde em questão, por meio do favorecimento do aporte de N. No entanto, essa inferência precisa ser verificada em novos estudos, que também envolvam adubação verde, e que foquem nos aportes e teores de N nas plantas e no solo, testando, inclusive, uma dose maior de composto associada à inoculação, já que o tratamento F4 mostrou-se o segundo melhor para os atributos químicos, com uma dose de composto que foi metade daquela em F3. Martins et al. (2015), também, avaliaram o uso de inoculantes sobre a produtividade do feijoeiro, e em associação ou não com o uso de biofertilizante e esterco bovino, concluindo que nem o inoculante nem o biofertilizante devem ser empregados isoladamente, o que reforça a necessidade de avançar no conhecimento sobre esse tipo de associação.

CONCLUSÕES

No sistema agroecológico em estudo não há interação entre adubos verdes e presença de composto e/ou inoculação de sementes de feijoeiro com rizóbios para nenhum atributo do solo. Isoladamente, também, não há efeitos sobre os atributos físicos e biológicos. Dentre os químicos, o feijão-de-porco aporta mais Ca e Mg ao solo e o uso do composto orgânico isolado e na dose maior aporta mais P, Ca, Mg e Zn, aumenta pH e reduz H+Al. Após dois anos de avaliações, o teor de MO permanece inalterado, mas há efeitos positivos da adubação verde e da maior dose de composto, que reduzem a acidez do solo e aumentam teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Fe. Na 1ª safra o rendimento do feijoeiro é maior após feijão-de porco, mas não sofre impacto do composto ou da

inoculação. Na 2^a safra há interação entre adubos verdes e tratamentos de subparcelas, com maiores produtividades após crotalária e mucuna anã e inoculação das sementes.

REFERÊNCIAS

- AGNE, Sandra, A.A.; KLEIN, Vilson, A. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 720-726, 2014.
- ALMEIDA, Karina; CÂMARA, Francisco, L.A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 55-62, 2011.
- ALVARES, Clayton, A.; STAPE, José, L.; SENTELHAS, Paulo, C.; GONÇALVES, José, L.M.; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p.711-728,2013.
- AMBROSANO, Edmilson, J.; WUTKE, Elaine, B.; SALGADO, Gabriela, C.; ROSSI, Fabricio; DIAS, Fábio, L.F.; TAVARES, Silvio; OTSUK, Ivani, P. Caracterização de cultivares de mucuna quanto a produtividade de fitomassa, extração de nutrientes e seus efeitos nos atributos do solo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, p. 1-9, 2016.
- ANDRADE, Divas, S.; HAMAKAWA, Paulo, J. Estimativa do número de células viáveis de rizóbio no solo e em inoculantes por infecção em plantas. In: HUNGRIA, Mariângela; ARAUJO, Ricardo S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994. p.63-94.
- ARAUJO, Aridouglas, S.; SILVA, José, E. C.; SANTOS, Antônio, C.; SILVA NETO, Sabino, P.; DIM, Valdinéia, P.; ALEXANDRINO, Emerson. Substituição de nitrogênio por esterco bovino na produtividade de forragem e qualidade do solo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, p. 852-866, 2011.
- BARBOSA, Flávia, R.; GONZAGA, Augusto, C.O. (Ed.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247p. (Documentos, 272).
- BERTOLDO, Juliano, G.; PELISSER, Amanda; SILVA, Raquel, P.; FAVRETO, Rodrigo; OLIVEIRA, Luciene, A.D. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 348-355, 2015.
- BOWLES, Timothy, M.; ACOSTA-MARTÍNEZ, Veronica; CALDERÓN, Francisco; JACKSON, Louise, E. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 68, p. 252- 262, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília, DF, 2014. 220 p.
- CALVO, Cássio, L.; FOLONI, José, S.S.; BRANCALÍÃO, Sandro, R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.
- CARDOSO, Ricardo, A.; BENTO, Anderson, S.; MORESKI, Humberto, M.; GASPAROTTO, Francielli. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 35, n. 2, p. 51-60, 2014.
- CARVALHO, Arminda, M.; MARCHÃO, Robélio, L.; BUSTAMANTE, Maria, M.C.; ALCÂNTARA, Flávia, A.; COSER, Taís, R. Characterization of cover crops by NMR spectroscopy: impacts on soil

carbon, nitrogen and phosphorus under no tillage regimes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5, p. 968-975, 2014.

CARVALHO, João, L.N.; CERRI, Carlos, E.P.; FEIGL, Brigitte, J.; PICCOLO, Marisa, C.; GODINHO, Vicente, P.; CERRI, Carlos, C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazil Amazon. **Soil and Tillage Research**, v. 103, n. 2, p. 342-349, 2009.

CARVALHO, Maria, C.S. Adubação. In: SILVEIRA, Pedro, M. (Ed.). **Árvore do conhecimento: feijão**. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/adubacao>>. Acesso em: 29 set. 2022.

CHERUBIN, Maurício, R.; EITELWEIN, Mateus, T.; FABBRIS, Cristiano; WEIRICH, Sidinei, W.; SILVA, Rodrigo, F.; SILVA, Vanderlei, R.; BASSO, Claudir, J. Qualidade física, química e biológica de um latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 615-625, 2015.

COÊLHO, Jackson, D. Produção de grãos – feijão, milho e soja. **Caderno Setorial ETENE**, ano 3, n. 51, p. 1-14, 2018.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2021/22: 2º Levantamento**. Brasília, DF, nov. 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

CUNHA Eurâimi, Q.; STONE, Luís, F.; DIDONET, Agostinho, D.; FERREIRA, Enderson, P.B.; MOREIRA, José, A.A.; LEANDRO, Wilson, M. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo do solo e por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1021-1029, 2011a.

CUNHA Eurâimi, Q.; STONE, Luis, F.; FERREIRA, Enderson, P.B.; DIDONET, Agostinho, D.; MOREIRA, José, A.A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2011b.

FAVARATO, Luiz, F.; SOUZA, Jacimar, L.; GUIMARÃES, Gabriel, P. Alterações químicas do solo após sucessão crotalaria/milho-verde associadas a níveis de N em compostos. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. S2226-S2233, 2014.

FAVARATO, Luiz, F.; SOUZA, Jacimar, L.; GALVÃO, João, C.C.; SOUZA, Caetano, M.; GUARÇONI, Rogério, C. Atributos químicos do solo com diferentes plantas de cobertura em sistema de plantio direto orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.5, n. 2, p.19-28, 2015.

FERREIRA, Enderson, P.B.; STONE, Luís, F.; PARTELLI, Fábio, L.; DIDONET, Agostinho, D. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 695-701, 2011.

FERREIRA, Juliana, G.; SILVA, Nilton, A.; VENTUROSOS, Luciano, R. Uso do fertilizante organomineral (Fertpeixe) para adubação do feijão. **Saber Científico**, v. 9, n. 1, p. 112 – 120, 2020.

FERREIRA, Leonardo, E.; SOUZA, Eliziete, P.; CHAVES, Arilene, F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 33-38, 2012.

FRANCHINI, Júlio, C.; MIYAZAWA, Mario; PAVAN, Marcos, A.; MALAVOLTA, Eurípedes. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n. 12, p. 2267-2276, 1999.

GALLO, Anderson, S.; GUIMARÃES, Nathalia, F.; SOUZA, Maicon, D.B.; AGOSTINHO, Patrícia, R.; GOMES, Simone, S.; SILVA, Rogério, F. Produtividade da cultura do feijoeiro em sucessão a adubos verdes, com adição de dejetos líquidos de suínos. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 114, n. 3, p. 45-51, 2015.

GERLACH, Gustavo, A.; ARF, Orivaldo; SILVA, Juliano; YANO, Elcio. Aplicação de fertilizante orgânico e mineral em feijoeiro irrigado no período “de inverno”. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 285-294, 2013.

GOMES, Jerônimo, A.; SCAPIM, Carlos, A.; BRACCINI, Alessandro, L.; VIDIGAL FILHO, Pedro, S.; SAGRILO, Edvaldo; MORA, Freddy. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 521-529, 2005.

HICKMANN, Clério; COSTA, Liovando, M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1055–1061, 2012.

HUNGRIA, Mariângela; VARGAS, Milton, A.T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v. 65, n. 2/3, p. 151-164, 2000.

LEAL, Marco, A.A.; GUERRA, José, G.M.; ESPINDOLA, José, A.A.; ARAÚJO, Ednaldo, S. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.11, p.1195–1200, 2013.

LIMA, Ana, C.R.; BRUSSAARD, Lijbert; TOTOLA, Marcos, R.; HOOGMOED, Willem, B.; GOEDE, Ron, G.M. A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 64, n. 2, p.194-200, 2013.

LOURENTE, Elaine, R.P.; MERCANTE, Fábio, M.; ALOVISI, Alessandra, M.T.; GOMES, Cezesmundo, F.; GASPARINI, Adriano, S.; NUNES, Cássio, M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 20- 28, 2011.

MARTINS, Jéssyca, D.L.; MOURA, Márcio, F.; OLIVEIRA, João, P.F.; OLIVEIRA, Marcos; GALINDO, Cathylen, A.F. Esterco bovino, biofertilizante, inoculante e combinações no desempenho produtivo do feijão comum. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 369-376, 2015.

MÓSQUERA, Martín, P.; REYES, Oscar, E.S.; PRAGER, Marina, S.; GALLEGO, José, M.; SÁNCHEZ, Diego, I.A. Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. **Agroecología**, v.7, n.1, p. 53-62,2012.

MOSTASSO, Lilian; MOSTASSO, Fabio, L.; DIAS, Beatriz, G.; VARGAS, Milton, A.T.; HUNGRIA, Mariângela. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, v. 73, n. 2/3, p. 121-132, 2002.

NAKAO, Allan, H.; RODRIGUES, Ricardo, A.F.; SOUZA, Marcelo, F.P.; DICKMANN, Lourdes; CATALANI, Gabriela, C.; CENTENO, Daniela, C. Aplicação de composto orgânico e adubo químico no feijoeiro e seu efeito residual sobre a cultura do milho. **Cultura Agronômica**, v.25, n.4, p.387-400, 2016.

NASCIMENTO, Alexandre, F.; MATTOS, Jorge, L.S.; MENDONÇA, Eduardo, S. Decomposição da biomassa de adubos verdes no sudoeste de Mato Grosso e sua estimativa pelo modelo NDICEA. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, n. 4, p. 319-327, 2016.

NELSON, Darrell, W.; SOMMERS, Lee, E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: SPARKS, A.L. et al. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy: Soil Science Society of America, 1996. p. 961-1010. Part 3: Chemical methods.

OLIVEIRA, Leandra, B.; ACCIOLY, Adriana, M.A.; MENEZES, Rômulo, S.C.; ALVES, Romildo, N.; BARBOSA, Flávia, S.; SANTOS, Carlos, L.R. Parâmetros indicadores do potencial de mineralização do nitrogênio de compostos orgânicos. **Idesia**, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2012.

PADOVAN, Milton, P.; MOTTA, Ivo, S., CARNEIRO, Leandro, F.; MOITINHO, Mara, R.; FERNANDES, Shaline, S.L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 182-190, 2011.

PAVINATO, Paulo, S.; ROSOLEM, Ciro, A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PEREIRA, Leandro, B.; ARF, Orivaldo; SANTOS, Neli, C.B.; OLIVEIRA, Aline, E.Z.; KOMURO, Lauro, K. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 29-38, 2015.

PICAZEVICZ, Angelita, A.C.; SHOCKNESS, Leonardo, S.F.; RODIRGUES, Bruno, H.S.; SILVA, Kenad, A.M.; MARQUARTE, Luciano; ELLER, Marcos, H. D.; JASINSKI, João, V.A.; SOUZA, Weverton, F.L. Características físicas, químicas e biológicas do solo em resposta a adubos verdes na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 213-217, 2021.

POSSE, Sheila, C.P.; RIVA-SOUZA, Elaine, M.; SILVA, Geraldo, M.; FASOLO, Luciano, M.; SILVA, Marcelo, B.; ROCHA, Marcio, A.M. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região Central-Brasileira: 2009-2011**. Vitória: Incaper, 2010. 245 p. (Documentos, 191).

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, 2018. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 25 maio 2018.

RIVERO HERRADA, Marisol; MOZENA, Leandro, W.; FERREIRA, Enderson, P.B. Leguminosas isoladas e consorciadas com milheto em diferentes sistemas de manejo do solo no feijão orgânico. **Terra Latinoamericana**, v. 35, n. 4, p. 293-299, 2017.

SANTOS, Humberto, G.; JACOMINE, Paulo, K.T.; ANJOS, Lúcia, H.C.; OLIVEIRA, Virlei, A.; LUMBRETERAS, José, F.; COELHO, Maurício, R.; ALMEIDA, Jaime, A.; CUNHA, Tony, J.F.; OLIVEIRA, João, B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

SCHERER, Eloi, E.; NESI, Cristiano, N.; MASSOTTI, Zemiro. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 1375-1383, 2010.

SCHERER, Eloi, E.; SPAGNOLLO, Evandro. Propriedades químicas do solo e produtividade de milho e feijão no sistema orgânico com uso de diferentes fontes de adubo. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.27, n.1, p.80-85, 2014.

SILVA, Silvando, C.; XAVIER, Luciano, S.; SANTANA, Neiva, M.P.; CARDOSO, Gleice, M.; PELEGRINI, Jose, C. **Informações meteorológicas para pesquisa e planejamento agrícola, referentes ao município de Santo Antônio de Goiás, GO - 2001**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 21p. (Documentos, 136).

SILVA, Victor, M.; TEIXEIRA, Alex, F.R.; REIS, Edvaldo, F.; BENASSI, Antônio, C.; MENDONÇA, Eduardo, S. Atributos químicos do solo em sistemas de adubação orgânica de café conilon. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 469-477, 2013.

SORATTO, Rogério, P., CRUSCIOL, Carlos, A.C.; COSTA, Claudio, H.M.; FERRARI NETO, Jayme; CASTRO, Gustavo, S.A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10, p.1462-1470, 2012.

SOUZA, Jacimar, L.; GUIMARÃES, Gabriel, P.; FAVARATO, Luiz, F. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N. **Horticultura Brasileira**, v.33, n. 1, p. 19-26, 2015.

STONE, Luís, F.; FERREIRA, Enderson, P.B.; DIDONET, Agostinho, D.; HEINEMANN, Alexandre, B.; OLIVEIRA, Jaison, P. Correlação entre a produtividade do feijoeiro no sistema de produção orgânica e atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.1, p.19-25, 2013.

TEIXEIRA, Paulo, C.; DONAGEMMA, Guilherme, K.; FONTANA, Ademir; TEIXEIRA, Wenceslau, G. (Ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574p.

TRINDADE-SANTOS, Matheus, E.; CASTRO, Marina, S. Manejo ecológico do solo: chave para o processo de transição agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 1, p. 16-27, 2021.

VANCE, Eric, D.; BROOKES, Philip, C.; JENKINSON, David, S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p.703-707, 1987.

VENTURINI, Saulo, F.; ANTONIOLLI, Zaida, I.; STEFFEN, Ricardo, B.; VENTURINI, Evandro, F.; GIRACCA, Ecila, M.N. Efeito do vermicomposto, ureia e inoculação com *Rhizobium phaseoli* na cultura do feijoeiro. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 52-59, 2005.

VEZZANI, Fabiane, M.; MIELNICZUCK, João. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 213-223, 2011.