



Revista Agrarian

ISSN: 1984-2538

Fertilidade de um Organossolo e produtividade do feijoeiro influenciados pela calagem e inoculação

Histosol fertility and grain yield influenced by liming and inoculation

Marcos Gervasio Pereira¹, Arcangelo Loss², Nivaldo Schultz¹, Everaldo Zonta¹,
Roni Fernandes Guareschi¹, Otávio Augusto Queiroz Santos¹

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465 Km7, Seropédica - RJ, 23897-000, E-mail: mgervasiopereira01@gmail.com

²Universidade Federal de Santa Catarina, Itacorubi, Florianópolis – SC, 88034000

Recebido em: 22/02/2020

Aceito em: 08/07/2020

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da calagem nos atributos químicos de um Organossolo Háplico e a influência da interação da calagem com a inoculação de bactérias fixadoras de N₂ atmosférico (*Rhizobium tropici*), nos teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio e na produtividade de grãos de feijão, cultivar Carioca. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições e esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas doses de calcário e as subparcelas pela presença e ausência de inoculação. As doses de calcário utilizadas foram 0,0; 4,9; 8,9; 15,0 e 27,2 Mg ha⁻¹, visando elevar respectivamente os níveis de saturação por bases 20; 30; 45 e 75%. Aos 45 dias após a aplicação dos tratamentos, foi realizada uma amostragem do solo para verificar alterações nos atributos químicos do solo. Na fase de florescimento foi realizada a coleta de folhas para avaliação dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio. Foi avaliada a produtividade de grãos. A superioridade dos teores de N foliar na interação calagem x inoculação em relação ao controle não inoculado evidência que a calagem favoreceu a simbiose entre o feijoeiro e as estirpes de *Rhizobium tropici* e, conseqüentemente, a fixação biológica de N. A calagem associada à inoculação promoveu aumentos nos teores foliares de nitrogênio e na produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, acidez do solo, *rhizobium tropici*

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effect of liming on the chemical properties of a Histosol and the influence of the interaction of lime with the inoculation of atmospheric N₂-fixing bacteria (*Rhizobium tropici*) in foliar nitrogen, phosphorus and potassium and grain yield of bean cultivar Carioca. The experimental design was a randomized block design with three replications and a split-plot. The plots were made by lime and subplots the presence and absence of inoculation. Lime rates used were 0.0, 4.9, 8.9, 15.0 and 27.2 Mg ha⁻¹, respectively aimed at raising the levels of base saturation 20, 30, 45 and 75%. At 45 days after treatment application, we conducted a soil sampling to verify changes in soil chemical properties. In the flowering stage was collected leaves for evaluation of the levels of nitrogen, phosphorus and potassium. At the end of the cycle was evaluated grain yield. The superiority of leaf N content in the liming x inoculation interaction in relation to the non-inoculated control shows that liming favored the symbiosis between common bean and *Rhizobium tropici* strains and consequently FBN. Liming associated with the inoculation promoted increases in foliar nitrogen and grain yield.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, soil acidity, *rhizobium tropici*

Introdução

Os Organossolos apresentam grande importância ambiental e ecológica devido à capacidade de armazenamento de carbono e água que apresentam e são muito utilizados

pela agricultura familiar (Scheer et al., 2011; Ebeling et al., 2013; Cipriano-Silva et al., 2014). Estes solos possuem elevados teores de carbono na forma de humina, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos (Valladares et al., 2007; Loss et al., 2015; Valladares et al., 2016), bem como



apresentam elevada acidez trocável (Perez et al., 2009) e potencial (Silva et al., 2008; Ebeling et al., 2008). Sendo assim, para que as culturas agrícolas expressem seu máximo potencial quando cultivadas em Organossolos, alguns autores relatam que deve ser feita a calagem e uso de adubação fosfatada (Mattiello et al., 2006; Schultz et al., 2011).

Os elevados teores de Al e baixos valores de pH, características indesejáveis em solos minerais, geralmente, têm menor impacto negativo no desenvolvimento das plantas nos Organossolos, devido ação complexante dos radicais carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica (Quaggio et al., 1987; Schultz et al., 2011; Pereira et al., 2020). Por vezes, nesses solos é verificado a ocorrência de elevados valores de saturação por Al, simultaneamente, com altos níveis de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no complexo sortivo (Ebeling et al., 2008).

O feijão constitui a base alimentar da população brasileira, sendo uma das culturas mais difundidas no Brasil e no mundo (Heinrichs et al., 2008; Bertoldo et al., 2009). Trata-se de uma cultura sensível à acidez do solo (Heinrichs et al., 2008; Rangel et al., 2009), sendo a calagem uma prática indispensável para viabilizar o seu cultivo em Organossolos. Avaliando o efeito da calagem nas propriedades químicas de um Organossolo cultivado com feijão em casa de vegetação, Mattiello et al. (2006) e Schultz et al. (2011) observaram aumentos no conteúdo de N total e potássio (K) na matéria seca em função do aumento da saturação por bases (V%) até 80%.

Nas últimas décadas, grandes avanços foram alcançados com a identificação de diversas estirpes de bactérias do gênero *Rhizobium*, eficientes na fixação biológica de nitrogênio (FBN) para a cultura do feijoeiro, indicando a possibilidade da substituição da adubação nitrogenada pela FBN com aumento da produtividade e redução de custos de

produção (Valadão et al., 2009). No entanto, para o cultivo de feijão em Organossolos a nível de campo não existem relatos sobre a eficiência da FBN proveniente da inoculação de bactérias fixadoras de N₂ atmosférico associado à correção da acidez destes solos.

Este trabalho teve como objetivos avaliar o efeito da calagem nos atributos químicos de um Organossolo Háplico e a influência da interação da calagem com a inoculação de bactérias fixadoras de N₂ atmosférico (*Rhizobium tropici*), nos teores foliares de N, fósforo (P) e K na fase de florescimento e na produtividade de grãos de feijão, cultivar Carioca.

Material e métodos

O experimento foi realizado em um Organossolo Háplico (Santos et al., 2018), localizado em Santa Cruz, município do Rio de Janeiro, RJ (22°54'13" S e 43°12'35" W, a 20 m de altitude). O clima da região é do tipo tropical atlântico (Aw), segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 24 °C e a média pluviométrica anual é de 1200 mm. Foi utilizada uma área comercial mantida sob pousio por dois anos, coberta por gramíneas, com predomínio de braquiárias (*Urochloa sp.*). A condução do experimento ocorreu entre os meses de maio a agosto de 2008.

O estudo em questão compreende duas etapas, sendo a primeira etapa à avaliação de diferentes níveis de calagem nos atributos químicos do solo. Para isso, antes da implantação dos tratamentos foi realizada uma amostragem de solo de 0 a 20 cm, na área total do experimento, coletando-se 20 amostras simples para formar uma amostra composta. Através desta amostra foi realizada a caracterização química segundo Donagemma et al. (2011) (Tabela 1).



Tabela 1. Caracterização química da camada superficial antes da implantação do experimento

C.O	Ca	Mg	Na	H+Al	Al	T	V	pH	P	K
g kg ⁻¹	-----cmol _c dm ⁻³ -----						%	1:2,5	----mg dm ⁻³ ----	
98,3	1,3	0,9	0,3	31,0	4,2	33,7	8,0	4,6	74	80

C.O= carbono orgânico

Com base nos resultados da caracterização química do solo foi pré-estabelecida a elevação da saturação por bases para 20; 30; 45 e 75% segundo o método proposto pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Ressalta-se que tomou-se como tratamento controle (sem calagem) o solo com saturação de bases natural (8%) (Tabela 1). Desta forma, as doses de calcário para elevar a saturação por bases aos níveis pré-estabelecidos foram 0,0 (controle – sem calagem); 4,9; 8,9; 15,0 e 27,2 Mg ha⁻¹. A composição química do calcário utilizado foi de 28% de CaO e 12% de MgO, com PRNT de 83%. A aplicação do calcário foi realizada manualmente e a incorporação feita com auxílio de enxada para evitar contaminação entre as parcelas. Quarenta e cinco dias após a incorporação do calcário no solo foi realizada uma nova amostragem do solo na camada de 0 a 20 cm para avaliar o efeito da calagem nas propriedades químicas do solo. Para isto, foram coletadas doze amostras simples por parcela, formando uma amostra composta.

Após a coleta do solo para a avaliação da calagem nas propriedades químicas do solo foi realizada a segunda etapa do experimento, ou seja, a sub-divisão das parcelas com calagem para receber a semeadura das sementes de feijão com e sem inoculação. Nessa etapa buscou-se avaliar o efeito da calagem e da interação da calagem x inoculação de *Rhizobium tropici* (estirpes CIAT 899 - BR322 e PR-F81 - BR520), nos teores foliares de N, P e K no período de florescimento e na produtividade de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Carioca. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições e esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas doses de calcário (0,0; 4,9;

8,9; 15,0 e 27,2 Mg ha⁻¹) e as subparcelas pela presença e ausência de inoculação com *Rhizobium tropici*.

A inoculação das sementes foi realizada na dosagem de 250 g de inoculante para 50 kg de sementes, diluindo o inoculante em água limpa na consistência pastosa homogênea duas horas antes da semeadura. Na semeadura foram distribuídas dez sementes por metro linear, equivalente a um *stand* de 200.000 plantas ha⁻¹.

A área das parcelas para avaliação do efeito das doses de calcário foi de 20 m² (5 x 4 m) e as subparcelas com e sem inoculação foram constituídas por 5 linhas de 4 m, espaçadas entre si a 0,5 m (2,5 x 4 m). As avaliações dos teores foliares de N, P e K e a produtividade de grãos foram realizadas em dois metros lineares de duas linhas de cada subparcela, totalizando 2 m², descartando-se um metro de bordadura em cada linha avaliada, ou seja, uma linha de bordadura externa de cada sub-parcela e três linhas entre as duas sub-parcelas, evitando-se assim a contaminação dos tratamentos com e sem inoculação.

A coleta de folhas para avaliação de N, P e K foi realizada segundo metodologia preconizada por Malavolta et al. (1989). A secagem foi feita em estufa de circulação forçada a 65 °C e a determinação dos teores realizada a partir da digestão sulfúrica do material vegetal, sendo em seguida quantificado o teor de N pela destilação por arraste a vapor, o P por colorimetria e K por fotometria de chama. A avaliação de produtividade de grãos foi realizada coletando-se as vagens em 2 m² de cada sub-parcela. Após pré-secagem a pleno sol, procedeu-se a limpeza e secagem dos grãos e posterior secagem em estufa com circulação forçada a 65 °C até atingirem 11% de umidade, sendo



pesados em seguida.

Devido ao baixo índice pluviométrico da região, foi adotada irrigação por aspersão, aplicando-se uma lâmina de 20 mm por semana. A irrigação foi iniciada logo após a incorporação do calcário, visando à aceleração da reação do calcário no solo, e finalizada na fase de senescência das folhas de feijão. A escolha da lâmina de irrigação adotada teve como base a irrigação utilizada pelos agricultores da região.

Os dados foram submetidos à avaliação de normalidade e homogeneidade das variâncias pelos testes de Lilliefors e Cochran e Bartlett, respectivamente, utilizando o software SAEG 5.0. A avaliação do efeito da calagem nos atributos químicos do solo foi submetida à análise de regressão por meio do software Sisvar 4.3, com probabilidade de 1 e 5% pelo teste t de student. Para avaliação do efeito da interação calagem x inoculação foi

realizada análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott com 5% de significância.

Resultados e Discussão

A calagem promoveu alterações nos atributos químicos do solo, com aumentos lineares em função das doses aplicadas, para a saturação por bases (V%), soma de bases (S) (Figura 1a), cálcio e magnésio (Ca e Mg) (Figura 1b), pH (Figura 1c), capacidade de troca catiônica (T) (Figura 1e) e nos teores de matéria orgânica (MO) (Figura 1f). Os teores de fósforo (P) (Figura 1d) e acidez potencial (H + Al) (Figura 1e) apresentaram redução linear e significativa em função do aumento das doses de calcário. Já os teores de alumínio (Al) (Figura 1c) e potássio (K) (Figura 1d) descreveram o modelo quadrático com redução em função do aumento das doses de calcário.

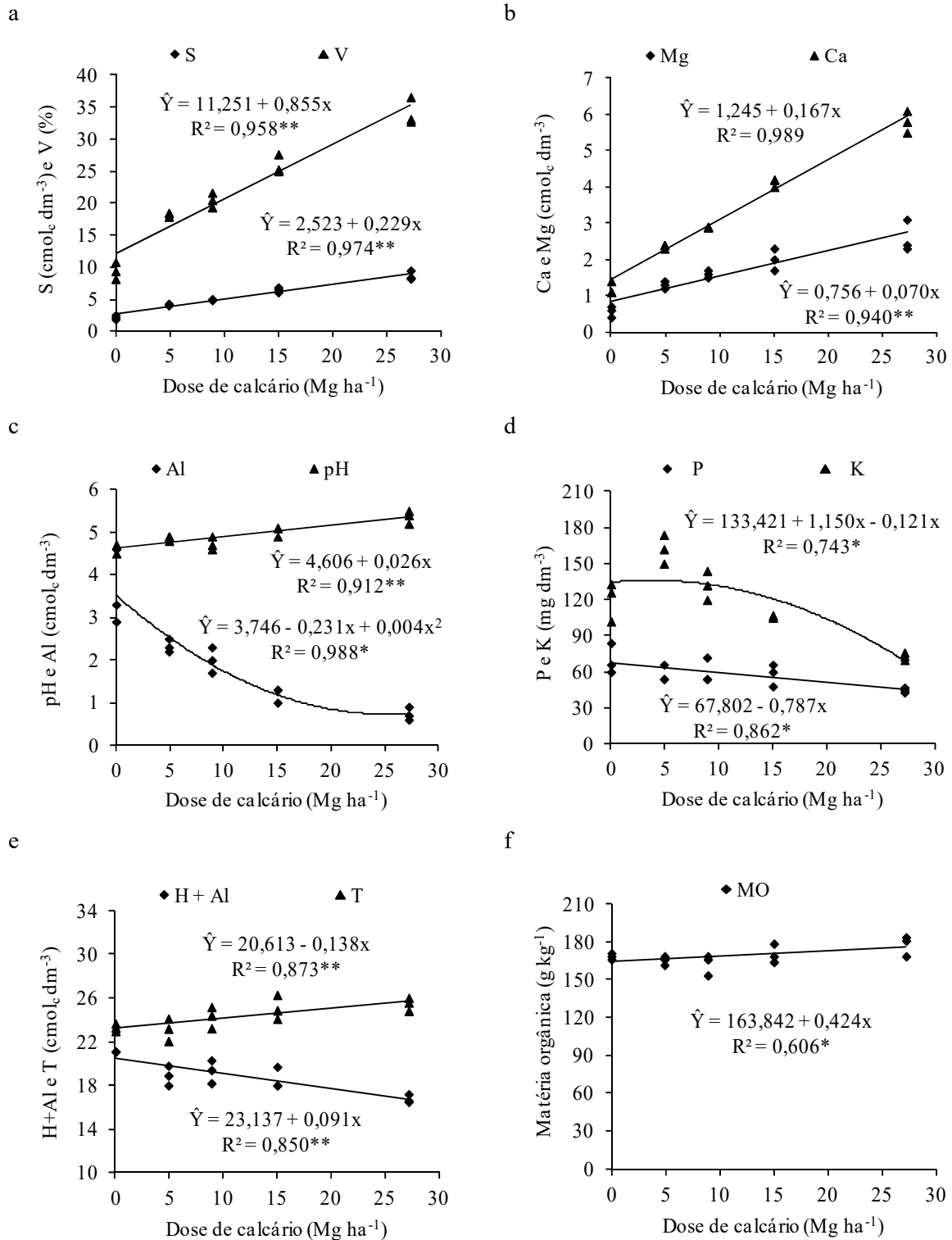


Figura 1. Propriedades químicas de um Organossolo Háplico em função de diferentes doses de calcário, após quatro meses de incorporação. **, * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t de student



Os valores reais de V% obtidos após quatro meses de incorporação do calcário foram de 17; 20; 26 e 34% para as doses de 4,9; 8,9; 15,0 e 27,2 Mg ha⁻¹, respectivamente. A maior aproximação do valor de V% pré-estabelecido (20%) e o real (17%) obtido após o período de incorporação ocorreu na dose de 4,9 Mg ha⁻¹. As doses de 8,9; 15,0 e 27,2 Mg ha⁻¹ não promoveram aumentos nos valores de V de acordo com os valores pré-estabelecidos (30; 45 e 75%). A pequena alteração nos valores de V mesmo com elevadas doses de calcário é decorrente da elevada capacidade de tamponamento dos Organossolos. Estudos de Ebeling et al. (2008) e Pereira et al. (2020) com Organossolos e solos com horizontes superficiais com elevados teores de matéria orgânica concluíram que grande parte da acidez desses solos é decorrente da dissociação do H⁺ proveniente dos radicais carboxílicos e fenólicos presentes na matéria orgânica do solo.

Outro aspecto importante que influencia diretamente na resistência de elevação da saturação por bases dos Organossolos é a elevada acidez potencial (H + Al), que neste caso oscilou de 21,10 cmol_c dm⁻³ no controle sem calagem a 16,76 cmol_c dm⁻³ na dose de 27,2 Mg ha⁻¹ (Figura 1e). Segundo Sousa et al. (2007), em solos muito ácidos ou com altos conteúdos de matéria orgânica, os teores de hidrogênio (H⁺) podem ser maiores do que os de Al³⁺, promovendo um maior tamponamento ao solo (Silva et al., 2008; Ebeling et al., 2008) desfavorecendo a elevação dos valores de saturação por bases. Ebeling et al. (2008), estudando a relação entre a acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica, verificaram que nos Organossolos a saturação por bases variou de 2 a 84%, sendo predominante os solos com baixa saturação por bases (70%). Segundo os autores esses resultados demonstram o predomínio do H⁺ no complexo sortivo, conferindo um maior tamponamento ao solo, influenciando diretamente a elevação da saturação por bases.

A soma de bases aumentou de 2,21

cmol_c dm⁻³ no controle sem calagem para 8,71 cmol_c dm⁻³ no tratamento com a dose de 27,2 Mg ha⁻¹ (Figura 1a). Os íons que contribuíram de forma mais expressiva foram Ca e Mg. Os teores de Ca variaram de 1,20 cmol_c dm⁻³ no tratamento controle sem calagem para 5,80 cmol_c dm⁻³ no tratamento com a maior dose de calcário (27,2 Mg ha⁻¹). Já para os teores de Mg a amplitude de variação foi de 0,57 cmol_c dm⁻³ (controle sem calagem) para 2,60 cmol_c dm⁻³ no tratamento com a maior dose de calcário (27,2 Mg ha⁻¹). Os teores de Ca + Mg observados no controle sem calagem são considerados inadequados para o cultivo da maioria das culturas agrícolas, no entanto, a menor dose de calcário aplicada (4,9 Mg ha⁻¹), proporcionou a elevação dos teores de Ca e Mg para 2,37 e 1,30 (cmol_c dm⁻³), respectivamente (Figura 1b).

O aumento das doses de calcário acarretou incrementos nos valores de pH de 4,63 para 5,37, e decréscimo nos teores de Al³⁺ 3,60 a 0,73 cmol_c dm⁻³ do controle sem aplicação de calcário para a dose de 27,2 Mg ha⁻¹, respectivamente. Apesar das alterações nos valores de pH e Al terem sido influenciadas pela calagem, a amplitude desta variação foi pequena quando comparada com as elevadas doses aplicadas. A resistência de variação dos valores de pH e Al nos Organossolos é resultante da alta capacidade de tamponamento desses solos, devido ao elevado conteúdo de matéria orgânica (Silva et al., 2008; Ebeling et al., 2008; Perez et al., 2009).

O teor de K apresentou aumento de 120 mg dm⁻³ no controle sem calagem para 162 mg dm⁻³ na dose de 4,9 Mg ha⁻¹, com decréscimo constante (132; 106 e 73 mg dm⁻³ nas doses 8,9; 15 e 27,2 Mg ha⁻¹, respectivamente. Este resultado indica que a dose de 4,9 Mg ha⁻¹ de calcário aumentou a disponibilidade de K no solo, no entanto, com a elevação das doses de calcário e conseqüentemente dos teores de Ca + Mg (Figura 1b), provavelmente houve deslocamento do K para a solução do solo por fluxo de massa, favorecendo a perda de K por lixiviação pela proximidade do lençol freático



com a superfície do solo. A energia de ligação dos cátions trocáveis Ca, Mg e K aos colóides do solo depende da valência e do tamanho do íon hidratado, de modo que, em solos bem drenados, as quantidades de K lixiviadas são relativamente maiores do que as dos cátions bivalentes (Raij, 1991). O coeficiente de correlação entre Ca + Mg e K ($r = -0,69$) confirma a redução dos teores de K em função da elevação dos teores de Ca + Mg.

Os teores de fósforo (P) (Figura 1d) reduziram de 70 mg dm^{-3} no controle sem calagem para 45 mg dm^{-3} na maior dose de calcário. A redução dos teores de P em função das doses de calcário pode ser resultado da precipitação de P na forma de fosfato de tricálcico (Ca_3PO_4)₂. Estudos desenvolvidos por Mattiello et al. (2006) e Schultz et al. (2011) avaliando o efeito da calagem nas propriedades químicas de Organossolos e no conteúdo de nutrientes verificaram redução nos teores de P e K no solo em função da elevação da saturação por bases. Os autores atribuíram a redução destes nutrientes à maior absorção destes pela cultura.

A capacidade de troca catiônica (T) apresentou aumento de $23,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no controle sem calagem a $25,48 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose de $27,2 \text{ Mg ha}^{-1}$. Os elevados valores de T são resultantes, principalmente dos elevados valores de H + Al ($21,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo no controle sem calagem a $16,76 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo na dose de $27,2 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Figura 1e). Nestas condições, elevados valores de T não significam alta fertilidade do solo e reforçam as afirmações da necessidade de que sejam desenvolvidos estudos para recomendação de calagem e adubação dos Organossolos.

O conteúdo de matéria orgânica foi pouco influenciado pelas doses de calcário aplicadas ($R^2 = 0,606$), o que se atribui ao curto espaço de tempo entre a incorporação e a avaliação (quatro meses), não havendo tempo suficiente para se iniciar o processo de mineralização da matéria orgânica.

A avaliação dos teores foliares de N, P e K no período de florescimento mostra que tanto a calagem quanto a inoculação

promoveram aumentos nos teores de N das plantas. A interação calagem x inoculação proporcionou teores de N foliar superiores aos dos tratamentos isolados (Tabela 2). As doses de calcário de $8,9$ e 15 Mg ha^{-1} aplicadas no controle sem inoculação e o tratamento com dose de $8,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ associado à inoculação apresentaram teores de N inferiores aos observados na dose de $27,2 \text{ Mg ha}^{-1}$.

De maneira geral, a inoculação associada à calagem promoveu aumento no teor de N em relação ao controle não inoculado. O aumento do teor de N foliar em função da calagem e da interação calagem x inoculação é resultante da melhoria na fertilidade do solo, principalmente com a elevação dos teores de Ca, Mg, do pH e redução do Al tóxico do solo (Figuras 1b e 1c).

Além disso, a calagem promove melhoria na disponibilidade de micronutrientes e neutralização do manganês (Mn) tóxico (Sousa et al., 2007). Segundo Venegas e Scudeler (2011), a toxicidade por Al e Mn e deficiências de Ca, P e micronutrientes, são prejudiciais à simbiose do feijoeiro com a população de *Rhizobium*. A superioridade dos teores de N foliar na interação calagem x inoculação em relação ao controle não inoculado evidencia que a calagem favoreceu a simbiose entre o feijoeiro e as estirpes de *Rhizobium tropici* e conseqüentemente a FBN.

Estes resultados corroboram com aqueles relatados por Ferreira et al. (2000) avaliando a inoculação de estirpes de *Rhizobium tropici* comparadas a tratamentos com aplicação de 30 kg ha^{-1} de N na semeadura e 30 kg ha^{-1} em cobertura (ureia) e uma variedade não nodulante que recebeu adubação com 250 kg ha^{-1} do formulado 04-30-10 na semeadura e 30 kg ha^{-1} de N (ureia) em cobertura. Estes autores verificaram que os teores foliares de N não diferiram entre os tratamentos com inoculação e adubação nitrogenada, porém foram superiores aos teores encontrados na cultivar não nodulante, mostrando a importância da FBN para a cultura de feijão. Avaliando o efeito do pH do meio de cultivo na eficiência simbiótica de estirpes de



Rhizobium, em solo com e sem calagem em experimentos de campo e casa de vegetação, Ruffini et al. (2011) verificaram que o aumento do pH do solo favoreceu a simbiose entre as bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas e o feijoeiro-comum.

Teores de N semelhantes aos encontrados neste estudo foram reportados por Ferreira et al. (2009) e Valadão et al. (2009), ambos avaliando o efeito da interação entre adubação nitrogenada e inoculação com e sem adubação com molibdênio. Os autores observaram que os maiores teores de N foliar ocorreram quando as sementes foram inoculadas e adubadas com molibdênio. Quanto aos teores de N foliar encontrados na dose de 8,9 Mg ha⁻¹ (controle e inoculado) e na dose de 15 Mg ha⁻¹ (controle sem inoculação) não se é possível fazer inferências sobre possíveis efeitos negativos dos tratamentos, uma vez que houve aumento dos teores até a maior dose de calcário aplicada (27,2 Mg ha⁻¹).

A calagem com as doses de 4,9; 15 e 27,2 Mg ha⁻¹ promoveu aumento no teor de P foliar em relação ao controle sem calagem e a dose de 8,9 Mg ha⁻¹. A interação calagem x inoculação não alterou o teor de P foliar, no entanto na ausência da calagem a inoculação proporcionou aumento no teor de P foliar (Figura 1d).

Os teores de K não foram afetados pela inoculação nos diferentes tratamentos com as doses de calcário. A semelhança entre os teores foliares de K nos diferentes tratamentos com calagem e inoculação pode ser decorrente dos teores deste elemento no solo estar em níveis considerados adequados para a nutrição da cultura de feijão, mesmo nas maiores doses de calcário onde houve redução de K no solo (Figura 1d).

A produtividade de grãos apresentou resposta significativa para a calagem e interação calagem x inoculação (Tabela 3).

Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) e teores foliares de N, P e K da cultura do feijão (g kg⁻¹) no período de florescimento, cultivado em Organossolo Háptico com diferentes doses de calcário, com e sem inoculação com Rhizobium tropici (estirpes BR322 e BR520)

Parâmetros da ANOVA para o atributo N						
Valor p	Calagem	Inoculação	Interação	CV 1 (%)	CV 2 (%)	
	0,001	0,014	0,006	5,0	7,9	
Desdobramento da interação calagem x inoculação para N						
Tratamentos	Dose de calcário (Mg ha ⁻¹)					Média da inoculação
	0,0	4,9	8,9	15,0	27,2	
Controle	24,0 Bb	28,0 Ab	24,6 B	26,0 Bb	30,0 A	26,5 b
Inoculado	29,9 Ba	33,4 Aa	28,4 B	31,9 Aa	33,3 A	31,4 a
Parâmetros da ANOVA para o atributo P						
Valor p	Calagem	Inoculação	Interação	CV 1 (%)	CV 2 (%)	
	0,015	0,739	0,080	12,5	12,6	
Desdobramento da interação calagem x inoculação para P						
Tratamentos	Dose de calcário (Mg ha ⁻¹)					Média da inoculação
	0,0	4,9	8,9	15,0	27,2	
Controle	5,1 Bb	8,5 A	5,6 B	7,6 A	8,3 A	7,0
Inoculado	7,0 a	7,6	6,7	7,2	7,4	7,2
Parâmetros da ANOVA para o atributo K						
Valor p	Calagem	Inoculação	Interação	CV 1 (%)	CV 2 (%)	
	0,662	0,680	0,535	22,8	27,7	
Desdobramento da interação calagem x inoculação para K						



Tratamentos	Dose de calcário (Mg ha ⁻¹)					Média da inoculação
	0,0	4,9	8,9	15,0	27,2	
Controle	33,7	44,3	34,4	44,6	38,1	39,0
Inoculado	43,3	32,7	33,4	38,8	38,8	37,4

CV - Coeficiente de variação. Letras maiúsculas comparam as médias na linha e minúsculas na coluna pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). A ausência de letras significa que não houve diferença entre as médias, conforme o valor p apresentado ($p > 0,05$)

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) e produtividade de grãos de feijoeiro (kg ha⁻¹) cultivado em Organossolo Háplico em função das diferentes doses de calcário com e sem inoculação com *Rhizobium tropici* (estirpes RB322 e BR520)

Parâmetros da ANOVA para o atributo produtividade					
Valor p	Calagem	Inoculação	Interação	CV 1 (%)	CV 2 (%)
	0,004	0,000	0,009	11,2	8,4

Desdobramento da interação calagem x inoculação para produtividade						
Tratamentos	Dose de calcário (Mg ha ⁻¹)					Média da inoculação
	0,0	4,9	8,9	15,0	27,2	
Controle	884 Bb	1235 Ab	1113 Ab	1218 Ab	995 Bb	1089 b
Inoculado	1158 Ca	1527 Ba	1620 Ba	1819 Aa	1818 Aa	1588 a

CV - Coeficiente de variação. Letras maiúsculas comparam as médias na linha e minúsculas na coluna. Teste Scott-Knott ($p < 0,05$)

A calagem promoveu aumento na produtividade de grãos nas doses de 4,9; 8,9 e 15 Mg ha⁻¹ em relação ao controle sem calagem e a dose de 27,2 Mg ha⁻¹. A interação calagem x inoculação promoveu aumento na produtividade de grãos até a dose de 15 Mg ha⁻¹, não sendo verificada diferença entre esta dose e a dose de 27,2 Mg ha⁻¹. A produtividade de grãos do tratamento inoculado foi superior ao controle não inoculado em todas as doses de calcário e ao controle sem calagem. O incremento de produtividade de grãos do feijoeiro em função da interação calagem x inoculação mostra que a calagem favoreceu a simbiose do feijoeiro com as estirpes *Rhizobium tropici* (BR322 e BR520), até a maior dose aplicada.

Tomando como base as propriedades químicas do solo apresentadas nas Figuras 1 e as recomendações de adubação e calagem para a cultura de feijão, pode-se inferir que nos tratamentos que receberam calagem, somente o teor de Al poderia ter limitado a produtividade do feijoeiro, no entanto, isto não aconteceu, uma vez que houve incremento na produtividade de grãos até a dose de 15 Mg ha⁻¹, na qual o teor de Al no solo ainda era de 1,20

cmolc dm⁻³). Este resultado reforça a afirmação de Quaggio et al. (1987) de que nos Organossolos não se deve procurar atingir os mesmos valores de pH dos solos minerais, pois os efeitos tóxicos do Al, Mn e Fe são reduzidos pela ação complexante dos radicais carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica.

A avaliação da eficiência da inoculação de bactérias do gênero *Rhizobium* na produtividade do feijoeiro em Organossolos é incipiente na literatura. No entanto, trabalhos desenvolvidos em Latossolo Vermelho eutroférico (Ferreira et al., 2009) e Latossolo Vermelho Distrófico (Romanini Júnior et al., 2007), apontam para a possibilidade da substituição do N mineral pelo N derivado da fixação por bactérias do gênero *Rhizobium*.

Conclusões

A interação da calagem com a inoculação promoveu aumentos nos teores foliares de N e na produtividade de grãos de feijão.

A superioridade dos teores de N foliar na interação calagem x inoculação em relação ao controle não inoculado evidencia que a



calagem favoreceu a simbiose entre o feijoeiro e as estirpes de *Rhizobium tropici* e consequentemente a FBN.

Referências

BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; BARILI, L.D.; VALE, L.M., ROCHA; F. Correlação entre caracteres de produção e tempo de cocção em feijão em dois ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p.135-140, 2009.

CIPRIANO-SILVA, R.; VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. Caracterização de Organossolos em ambientes de várzea do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.26-38, 2014.

DONAGEMMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA W.G.; VIANA, J.H.M. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Documentos / Embrapa Solos; 132).

EBELING, A.G.; ANJOS, L.H.C.; PEREZ, D.V.; PEREIRA, M.G.; VALLADARES, G. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v.67, p.429-439, 2008.

EBELING, A.G.; ANJOS, L.H.C.; PEREZ, D.V.; PEREIRA, M.G.; NOVOTNY, E.H. Atributos físicos e matéria orgânica de Organossolos Háplicos em distintos ambientes no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.763-774, 2013.

FERREIRA, A.N.; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C.; ARAÚJO, R.S.; SÁ, M.E.; BUZZETTI, S. 2000. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v.57, p.507-512, 2000.

FERREIRA, P.A.A.; SILVA, M.A.P.; CASSETARI, A.; RUFINI, M.; MOREIRA, F.M.S.; ANDRADE, M.J.B. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v.39, p.2210-2212, 2009.

HEINRICH, R.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P.A.M.; MALAVOLTA, E. Atributos químicos do solo e produção do feijoeiro com a aplicação de calcário e manganês. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1157-1164. 2008

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; BERNINI, T.A.; VALLADARES, G.S. Caracterização química e hidrofóbica de Organossolos e solos com horizonte histórico. **Comunicata Scientiae**, v.6, p.113-122, 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, Piracicaba, Brasil, 1989. 201 p.

MATTIELLO, E.M.; PEREIRA, M.G.; ZONTA, E. Efeito da calagem nas propriedades químicas de um Organossolo e no conteúdo de nutrientes da Fitomassa do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. Cv.carioca). **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida**, v. 26, p.51-56, 2006.

PEREZ, D.V.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, G.A.; PEREIRA, M.G. Comparison of H/Al stoichiometry of mineral and organic soils in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.1071-1076, 2009.

PEREIRA, M.G.; ARAÚJO, A. L. S.; DORTZBACH, D.; TAVARES, O. C. H.; SILVA NETO, E. C. Estimativa da acidez potencial através do método do pH SMP em solos de altitude de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, p. 50-55, 2020.

QUAGGIO, J.A.; ISHIMURA, I.; SAES, L.A.; YANAI, K. Resposta da abobrinha-italiana a doses de calcários com diferentes teores de magnésio em solo orgânico do Vale da Ribeira (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, p.167-173. 1987.

RAIJ, B.VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres, 1991. 343p.

RANGEL, A.F.; RAO, I.M.; HORST, W.J. Intracellular distribution and binding state of aluminum in root apices of two common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes in relation to Al toxicity. **Physiologia Plantarum**, v.135, p.162-173, 2009.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S.; SÁ, M.E.; BUZZETTI, S.; FERNANDES, F. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, v.23, p.74-82, 2007.



RUFINI, M., FERREIRA, P. A. A., SOARES, B. L., OLIVEIRA, D. P., ANDRADE, M. J. B. DE; MOREIRA, F. M. DE S. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.81-88, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJOFILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5.ed., Brasília, DF: Embrapa, 2018. 353 p.

SCHEER, M. B.; CURCIO, G. R.; RODERJAN, C. V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos na Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1013-1026, 2011.

SCHULTZ, N.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; BEUTLER, S.J.; ZONTA, E. Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes em feijoeiro cultivado em amostras de um Organossolo em função da calagem. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.285-291. 2011.

SILVA, E.B.; SILVA, A.C.; GRAZZIOTTI, P.H.; FARNEZI, M.M.M.; FERREIRA, C.A.; COSTA, H.A.O.; HORAK, I. Comparação de métodos para estimar a acidez potencial mediante determinação do pH SMP em Organossolos da serra do espinhaço meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.2007-2013, 2008.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. *In*: Novais, R.F.; Alvarez V.V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Brasil, p. 205-274, 2007.

VALADÃO, F.C.A.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L.A.; BORCHARTT, L.; OLIVEIRA, A.A.; VALADÃO JUNIOR, D.D. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazonica**, v.39, p.741-748, 2009.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; BENITES, V.M.; EBELING, A.G.; MOUTA, R.O. Humic substance fractions and attributes of Histosols and related high-organic-matter soils from Brazil. **Communications in Soil**

Science and Plant Analysis, v.38, p.763-777, 2007.

VALLADARES, G.S., PEREIRA, M.G., BENITES, V.M., ANJOS, L.H.C., EBELING, A.G., GUARESCHI, R.F. Carbon and nitrogen stocks and humic fractions in Brazilian Organosols. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-16, 2016.

VENEGAS, F.; SCUDELER, F. Compatibilidade de diferentes cepas de rhizobium tropici com o fungo trichoderma harzianum no tratamento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* l.). **Ensaio e Ciência: Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde**, v.15, p.19:30. 2011.