

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO, MATÉRIA SECA E ACUMULAÇÃO DE MINERAIS NAS RAÍZES DE ADUBOS VERDES, EM RESPOSTA AO CALCÁRIO E AO FÓSFORO¹

Antonio Rodrigues FERNANDES²
Lilian Cristiane Fernandes LINHARES³
Francisco Ilton de Oliveira MORAIS⁴
George Rodrigues da SILVA⁵

RESUMO: Pesquisas com leguminosas utilizadas como adubos verdes se intensificaram nos últimos anos, no entanto, estudos do sistema radicular como fornecedor de biomassa e de nutrientes têm sido escassos. Com o objetivo de avaliar o efeito da calagem e do fósforo sobre as características químicas do solo, a produção de biomassa e nutrição mineral do sistema radicular de espécies de adubos verdes, realizou-se um experimento num Latossolo Amarelo de Belém (PA). Utilizou-se um delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições, em esquema fatorial 3x3x3. Os fatores constituíram de três espécies, três doses de P (0, 25 e 45 mg dm⁻³) e três doses de calcário (0; 4 e 8 t ha⁻¹). Foram semeadas quatro sementes por vaso, procedendo-se o desbaste para duas plantas dez dias depois do semeio. Colheram-se as plantas 60 dias após a germinação. A calagem aumentou os valores de pH, a disponibilidade de P, Ca e Mg no solo e seus teores nas raízes, bem como as quantidades acumuladas dos nutrientes estudados e a produção de biomassa do sistema radicular e diminuiu o Al trocável do solo. Aumentos expressivos na disponibilidade de P foram proporcionados pela interação das doses de fósforo com a calagem, se refletindo em maiores teores e acúmulos no sistema radicular das leguminosas.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Calagem, Adubação Fosfatada, Sistema Radicular, Nutrição Mineral, *Stizolobium atterimum*, *Stizolobium cochinchinensis*, *Canavalia ensiformes*.

SOIL CHEMICAL PROPERTIES ASSOCIATED WITH MYCORRHIZAL FUNGI ESPORULATION AND COLONIZATION OF CUPUASSU AND PEACH PALM PLANTS IN CENTRAL AMAZONIA

ABSTRACT: The occurrence and the amount of mycorrhizal arbuscular fungi (MAF) depend on plant characteristics and environmental factors. This work determined the effect of the chemical properties of an Oxisol in the presence of arbuscular mycorrhizal fungi associated to root systems of

¹ Aprovado para publicação em 4.11.2003

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. E-mail: arfernan@ufra.edu.br

³ Engenheira Agrônoma, aluna do curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da UFRA

⁴ Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor Visitante da UFRA. E-mail: filton@ig.com.br

⁵ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto da UFRA. Departamento de Ciência do Solo. E-mail: george@ufra.edu.br

cupuassu and peach palm trees. Soil fertility, number of spores and levels of mycorrhizal colonization were determined in samples of roots and soil collected from five selected plants of each specie in the dry and rainy season. Levels of Al and K decreased root colonization of cupuassu in the dry season. Mycorrhizal colonization of cupuassu root systems increased with increases in pH and levels of Ca and Mg of the soil during the rainy season. Ca and Mg content of soils were also important for MAF colonization of peach palm roots. Rhizosphere spores of cupuassu and peach palm increased with increases in K and P contents of soil, respectively, in the dry period. Levels of Al and K reduced the amounts of spores in the soil during the rainy season. In general, arbuscular mycorrhizal fungi were favored by increases in pH and reduction of exchangeable Al of the soil.

INDEX TERMS: Microbial Ecology, Oxisol, *Theobroma grandiflorum*, *Bactris gasipaes*.

1 INTRODUÇÃO

Na Região Amazônica há a predominância de duas classes de solo, os Latossolos e os Argissolos, que, juntos, representam cerca de 70% da região (RODRIGUES, 1996). Tais solos se apresentam, na grande maioria, com elevada acidez, elevada saturação em Al e Mn trocáveis, associados à baixa concentração de nutrientes, principalmente P disponível, Ca e Mg (SANCHES, 1981; VIEIRA; SANTOS, 1987).

Estes solos têm sido submetidos a um manejo inadequado com conseqüente deterioração das qualidades físicas, químicas e biológicas, levando à perda de sua capacidade produtiva. Uma das formas de reverter esta situação será o uso de sistemas conservacionistas, nos quais integre uma eficiente cobertura do solo mediante o estabelecimento de sistemas de rotação ou consorciação de culturas que envolvam espécies capazes de proteger o solo pela exuberante capacidade vegetativa e pela reciclagem dos seus nutrientes (DERPSCH, 1984). As leguminosas destacam-se entre estas espécies, pois

podem ser utilizadas como coberturas e adubação verde, possibilitando o aumento do rendimento das culturas que as sucedem, pela redução da erosão, conservação de água, reciclagem de nutrientes e melhoria das características químicas do solo.

Muitos têm sido os trabalhos mostrando a importância das leguminosas como adubos verdes, no entanto, estes foram voltados, quase que exclusivamente, a avaliar a produção de matéria seca da parte aérea e a quantidade de N imobilizada por estas espécies (AMADO; MIELHICZUK; FERNANADEZ, 2000; FAVERO et al., 2000; GONÇALVES; CERETTA; BASSO, 2000; ALVARENGA et al., 1995; TEIXEIRA; TESTA; MIELNICZUK, 1994; CERETA et al., 1994; OLIVEIRA, 1994), esquecendo a importante contribuição do sistema radicular. Este tem grande importância pela quantidade de matéria orgânica e de nutrientes que se soma à parte aérea, e, também, por ser a fonte primária de agentes estabilizadores da estrutura do solo (McVAY; RADCLIFF; HARGROVE, 1989; PERFECT et al., 1990).

As leguminosas quando cultivadas em solos de baixa fertilidade natural não têm apresentado bom desenvolvimento (FORESTIERI; DE-POLLI, 1990), embora tenham conseguido aumento da produtividade da cultura subsequente (DE-POLLI; CHADA, 1989). Portanto, há necessidade de correção da acidez dos solos, bem como uma adubação balanceada, principalmente a base de fósforo, para que possam expressar todo o potencial produtivo.

Para otimizar o uso das leguminosas, é necessário identificar as espécies mais adaptáveis às condições edáficas da região e adequá-las a melhor forma de manejo. Desta forma, tem-se na calagem a prática de manejo do solo que mais aumenta o rendimento das culturas de expressão econômica, em solos ácidos, pois eleva o pH do solo, diminui ou elimina a fitotoxicidade do Al e do Mn, fornece Ca e Mg, além de aumentar a disponibilidade de P (ERNANI et al., 1996; ERNANI; NASCIMENTO; OLIVEIRA, 1998). Entretanto, a recomendação de calcário, bem como de doses de P no cultivo de leguminosas para adubação verde tem sido objeto de poucos estudos.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de calcário e de fósforo na produção de matéria seca do sistema radicular, acumulação de nutrientes e nas características químicas de

um Latossolo Amarelo, cultivado com leguminosas para adubação verde.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP), no período de julho a setembro de 1994.

O solo foi coletado na profundidade de 0 a 20 cm, numa área de vegetação secundária, com mais de 40 anos de idade, situada à margem esquerda da estrada de acesso à FCAP, ao lado de um dendezal pertencente ao CPATU/EMBRAPA e classificado como Latossolo Amarelo distrófico, textura média, fase relevo plano (SANTOS et al., 1983).

Depois de seco ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneira de malha de 2 mm, foram tomadas amostras de terra, em triplicata, para as análises químicas no laboratório do Departamento de Ciência do Solo da FCAP. A determinação do valor médio de pH em água (1:2,5) e das concentrações de K, Ca, Mg, H e Al e de P disponível do solo (Mehlich I) seguiu os métodos descritos por Silva (1991), enquanto o carbono orgânico foi determinado conforme preconizado por Embrapa (1979). Os resultados analíticos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química das amostras de 0 a 20 cm de profundidade de Latossolo Amarelo distrófico utilizado no experimento.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺	K ⁺	P	C	pH
----- cmol _c dm ⁻³ -----				--- mg dm ⁻³ ---		g dm ⁻³	H ₂ O
0,05	0,05	5,99	2,11	261	3,5	29,7	3,7

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos arranjados em um esquema fatorial de 3x3x3, sendo três espécies de leguminosas, três doses de superfosfato triplo e três doses de calcário.

Foram utilizados vasos de plástico com capacidade para 3,3 dm³ de terra, apresentando furos no fundo, de modo a permitir o escoamento do excesso de água, que era recolhido nos pratos e devolvido aos vasos.

Para a calagem foi utilizado o calcário dolomítico com as seguintes características químicas: 35,9% de CaO, 19% de MgO e 61,7% de PRNT, nas doses de 0; 4 e 8 t ha⁻¹, permanecendo incubados durante 88 dias. As duas últimas doses corresponderam a uma e duas vezes a necessidade de calagem para neutralizar o alumínio trocável do solo (KAMPRATH, 1967).

Como fonte de fósforo, foi usado o superfosfato triplo, com 46,5% de P, que foi distribuído na terra, uniformemente, a uma profundidade de 4cm, nas doses de 0; 25 e 45 mg dm⁻¹ por vaso, de acordo com os tratamentos, logo após o período de incubação.

Foram semeadas quatro sementes por vaso de *Stizolobium aterrimum* (mucuna preta), *Stizolobium cochinchinensis* (mucuna cochinchinensis) e *Canavalia ensiformes* (feijão-de-porco), procedendo-se um desbaste para duas plantas, no décimo dia após o semeio.

A umidade dos vasos, tanto no período de incubação quanto no experimental, foi mantida em torno de 70% do VTP, aferida

mediante pesagens periódicas dos vasos, completando-se o peso com água desmineralizada.

A colheita das plantas foi realizada 60 dias após a germinação das sementes. Nesta ocasião, o material vegetal foi separado em parte aérea e sistema radicular, em seguida lavado em água corrente desmineralizada, colocado em sacos de papel devidamente identificados e levados para a estufa com circulação forçada de ar a 65°C.

Após a determinação do peso seco do material, as amostras das plantas foram moídas em moinho tipo Wiley, com abertura de malha em 1 mm. No extrato obtido por digestão nitroperclórica do material vegetal foram obtidos os teores de P por colorimetria, de K por fotometria de chama e de Ca e de Mg por espectrofotometria de absorção atômica (MURPHY; RILLEY, 1962). O teor de N total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl segundo Muller (1961).

As características químicas do solo, depois de cultivado com as leguminosas, foram determinadas de acordo com a metodologia descrita anteriormente.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e como ocorreram diferenças significativas pelo teste F (P<0,05), foram submetidos ao teste de Tukey (P<0,05) ou a análises de regressão utilizando o sistema de análises estatísticas NTIA. Testaram-se diversos modelos para as equações, sendo a escolha baseada no maior coeficiente de determinação e na sua significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO

A interação do fósforo com a calagem aumentou a disponibilidade de P no solo, após o cultivo de leguminosas (Figura 1). O aumento da concentração de P proporcionado pela calagem, quando não se aplicou fósforo, foi significativo até a dose de 4 t ha⁻¹, enquanto que o aumento provocado pela aplicação do fósforo foi linear e significativo (p<0,05). De acordo com Ernani et al. (1996) e Mendez e Kamprath (1978), a calagem aumenta a disponibilidade de P. Porém os maiores aumentos na disponibilidade de P foram conseguidos na presença do calcário e do fósforo, se ajustando a funções lineares. Tal efeito é devido ao deslocamento do fósforo ligado a Al e Fe pelo aumento da atividade de íons OH, bem como a maior mineralização do P em função da aceleração na decomposição da matéria orgânica (SILVA; VALE; GUILHERME, 1994).

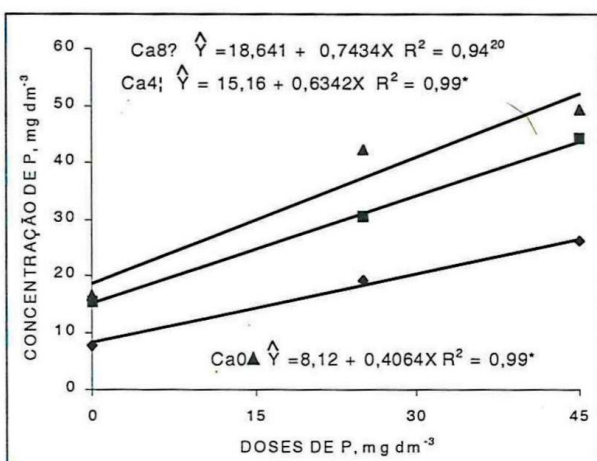


Figura 1 - Concentração de P no solo, cultivado com leguminosas, em função da interação fósforo e calagem. Ca0, Ca4 e Ca8 são respectivamente, 0; 4; e 8 t ha⁻¹ de calcário. ²⁰ e* significativos a 20 e 5%, respectivamente, pelo teste F.

Os efeitos da calagem sobre as concentrações de Ca, Mg e Al³⁺, bem como sobre os valores de pH, após o cultivo de leguminosas, estão apresentados na Tabela 2. Pode-se observar aumentos significativos do Ca e Mg trocável no solo e dos valores de pH e uma redução significativa do Al trocável, porém até a dose de 4 t ha⁻¹. A dose de calcário de 8 t ha⁻¹, embora tenha aumentado o pH do solo para 5,97, não foi suficiente para neutralizar todo o alumínio trocável e nem promover aumento significativo da produção de matéria seca do sistema radicular, em relação a dose de 4 t ha⁻¹. A não neutralização total do alumínio trocável pela dose mais elevada de calcário pode estar relacionada ao alumínio que estava complexado por ligantes orgânicos (ANGHINONI; SALET, 2000), cuja mineralização da matéria orgânica promove uma liberação gradual de alumínio trocável para a solução do solo. Os resultados demonstram que as leguminosas em estudo são capazes de expressarem o seu potencial produtivo em um pH do solo de 5,4 e uma concentração de Al trocável de 0,19 cmol_c dm⁻³, atingido com a dose de calcário de 4 t ha⁻¹.

3.2 MATÉRIA SECA DE RAÍZES

As doses de calcário influenciaram significativamente, de forma distinta, o crescimento do sistema radicular das leguminosas, sendo que apenas as mucunas foram beneficiadas (Tabela 3), com ganhos que atingiram 94% para a mucuna preta e 56% para a mucuna cochinchinensis, até a

dose de 4 t ha⁻¹ de calcário. A não resposta do feijão-de-porco deve estar relacionada a características genéticas da planta, visto que ocorreu ganho de produção da matéria seca da parte aérea (FERNANDES, et al., 1996). Carvalho, Saraiva e Oliveira (1988) mostram um efeito positivo da calagem sobre o sistema radicular de várias leguminosas.

Tabela 2 - Concentrações de Ca, Mg e Al trocáveis e valores de pH do solo, depois de cultivado com leguminosas, em função de doses de calcário.

Calcário (t ha ⁻¹)	Ca	Mg	Al ³⁺	pH
	---- cmol _c dm ⁻³ ----			
0	0,33c	0,46c	2,27a	4,02c
4	3,43b	2,54b	0,19b	5,40b
8	4,97a	3,63a	0,17b	5,97a

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 3 - Matéria seca do sistema radicular de leguminosas, em função de doses de calcário. Duas plantas por vaso.

Espécies	Calcário, t ha ⁻¹		
	0	4	8
----- g vaso ⁻¹ -----			
Mucuna preta	2.05bAB	3.97aA	4.45aA
M.cochinchinensis	2.86bA	4.46aA	4.68aA
Feijão-de-porco	1.71aB	1.74aB	1.92aB

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A contribuição do sistema radicular em matéria seca que seria incorporado ao solo, se estabelecido para este experimento um estande de 200 000 plantas ha⁻¹, variou entre as espécies em função das doses de

calcário: 2 050 a 4 450 kg ha⁻¹ para a mucuna preta, 2.860 a 4.680 kg ha⁻¹ para a mucuna cochinchinensis e 1 710 a 1 920 kg ha⁻¹ para o feijão-de-porco. Não obstante, a contribuição com a biomassa, as raízes estão envolvidas na estabilização da estrutura do solo, diretamente por aproximar e proteger os agregados do solo, e indiretamente por fornecerem materiais orgânicos estabilizantes e deposições de carbono que são da maior importância para manutenção da estrutura do solo (McVAY; RADCLIFF; HARGROVE, 1989; PERFECT et al., 1990).

As leguminosas em estudo não nodularam na ausência da calagem, mesmo com a adubação fosfatada. Já nos tratamentos que receberam calagem a nodulação atingiu 76% das plantas, não havendo diferenças entre as espécies. Fato justificado pela importância do cálcio para a infecção das raízes e formação dos nódulos (MUNS, 1978). Por outro lado, no tratamento em que não foi realizada a calagem, a ausência de nodulação pode ser justificada pelo baixo pH e o elevado teor de alumínio trocável do solo (CARVALHO; SARAIVA; OLIVEIRA, 1988; MURPHY; EDWARDS; ASHER, 1984), demonstrado na Tabela 1.

3.3 TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES NAS RAÍZES

Os teores e acúmulos de nutrientes variaram entre as leguminosas (Tabelas 4 e 5), o que pode estar relacionado à diferença entre as espécies na eficiência de absorção de íons (MENGEL; KIRKBY, 1987). O feijão-de-porco apresentou menores

teores de N, K e Mg e maiores de Ca, sendo que acumulou menor quantidade de nutrientes em relação às mucunas.

Ao extrapolar-se os dados de acúmulo de nutrientes para um hectare, onde normalmente o estande destas leguminosas atinge 200 000 plantas, ter-se-ia uma contribuição do sistema radicular de: 55; 8; 10; 6 e 7 kg ha⁻¹, de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, para a mucuna preta; 76; 8; 12; 8 e 7,5 kg ha⁻¹, de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, para a mucuna cochinchinensis; e 33; 4,5; 4,6; 5 e 2,8 kg ha⁻¹, de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, para o feijão-de-porco. Nas condições de campo, os resultados poderão apresentar diferenças em função da maior variação dos fatores ambientais.

Tabela 4 - Teores de nutrientes nas raízes da mucuna preta (MP), mucuna cochinchinensis (MC) e feijão-de-porco (FP)

Espécies	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg ⁻¹ -----				
MP	25,54ab	3,20a	4,08b	2,69b	2,83a
MC	27,45a	2,81b	4,71a	2,70b	2,59b
FP	23,62b	3,17a	3,36c	3,73a	2,13c

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 5 - Acúmulos de nutrientes pelas raízes da mucuna preta (MP), mucuna cochinchinensis (MC) e feijão-de-porco (FP)

Espécies	N	P	K	Ca	Mg
	----- mg vaso ⁻¹ -----				
MP	55,24b	8,20a	10,06b	6,44ab	6,82a
MC	75,96a	8,25a	12,18a	8,16a	7,51a
FP	33,45c	4,46b	4,59c	5,16b	2,81b

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A interação do fósforo com a calagem elevaram os teores e acúmulos de P nas leguminosas (Tabelas 6 e 7), sendo que foram significativos até às doses intermediárias de fósforo e de calagem. Embora os aumentos proporcionados pela calagem, na ausência do fósforo, nos teores de P não tenham sido significativos, os acúmulos o foram, o que está relacionado ao aumento da concentração de P no solo (Figura 1), do pH e redução do Al trocável (Tabela 2), o que favoreceu a expansão do sistema radicular. Efeitos da calagem, aumentando a resposta a fósforo, por leguminosas, foi também observado por Carvalho, Saraiva e Oliveira (1988) e Snyder, Kretschmer e Sartain (1978).

Tabela 6 - Teores de P nas raízes das leguminosas, em função da interação fósforo e calagem.

Fósforo (mg dm ⁻³)	0	4	8
	----- (t ha ⁻¹) -----		
0	1,42bA	1,66bA	1,86bA
25	2,12aB	4,17aA	4,40aA
45	2,58aB	4,51aA	4,84aA

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 7 - Acúmulos de P nas raízes das leguminosas, em função da interação fósforo e calagem.

Fósforo (mg dm ⁻³)	0	4	8
	----- (t ha ⁻¹) -----		
0	1,98bB	4,11bA	4,33bA
25	3,99aB	10,00aA	10,74aA
45	4,56aB	10,66aA	12,36aA

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os teores de N diminuíram nas leguminosas em função da calagem, enquanto que os acúmulos aumentaram (Tabelas 8 e 9), considerando a adubação fosfatada. Tais resultados se justificam pelo aumento da produção de matéria seca das raízes, principalmente nas mucunas (Tabela 3). Por outro lado, tanto os teores quanto os acúmulos de P, Ca e Mg aumentaram com a calagem, enquanto que para o K não houve alteração significativa.

Tabela 8 - Teores de nutrientes nas raízes das leguminosas, em função das doses de calcário, considerando a adubação fosfatada.

Calcário (t ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg ⁻¹ -----				
0	29,05a	2,04b	4,22a	1,54c	1,57b
4	22,79b	3,44a	3,70a	3,46b	2,97a
8	24,78b	3,70a	4,23a	4,12a	2,99a

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 9 - Acúmulo de nutrientes nas raízes das leguminosas, em função das doses de calcário, considerando a adubação fosfatada.

Calcário (t ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
	----- mg vaso ⁻¹ -----				
0	49,85b	3,51b	8,66a	2,58b	2,53b
4	55,52ab	8,26a	8,76a	7,74a	7,35a
8	59,28a	9,15a	9,41a	9,63a	7,25a

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4 CONCLUSÃO

A calagem aumentou a disponibilidade de P, Ca, Mg e os valores de pH e diminuiu o Al trocável do solo, sendo que aumentos expressivos na disponibilidade de P foram proporcionados

pela interação das doses de fósforo com a calagem, se refletindo em maiores teores e acúmulos de P no sistema radicular das leguminosas.

A calagem proporcionou aumentos na produção de biomassa do sistema radicular, nos teores de Ca e Mg, bem como nas quantidades acumuladas destes nutrientes estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M. da; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.2, p.175-185, 1995.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNÁNDEZ, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.24, n.1, p.179-189, 2000.
- ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Recomendação de calcário no sistema plantio direto consolidado. In: KAMINSKI, J. (Coord.) *Uso de corretivo da acidez do solo no plantio direto*. Pelotas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.41-59.
- CARVALHO, M. M.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, F. T. T. et al. Resposta de leguminosas forrageiras tropicais à calagem e ao fósforo, em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.12, n.2, p.153-159, maio/ago. 1988.
- CERETA, C.A.; AITA, C.; BRAIDA, J.A.; PAVINATO, A.; SALET, R.L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.2, p.215-220, 1994.

- DE-POLLI, H.; CHADA, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.2, p.287-293, 1989.
- DERPSCH, R. Importância da cobertura do solo e do preparo conservacionista. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1.; SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO DO PLANALTO, 3., 1983, Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: UPF/PIUCS/Faculdade de Agronomia, 1984. p.153-166.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos e análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979. 217p.
- ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L.; OLIVEIRA, L.C. Increase of grain and green matter of corn by liming. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.22, n.2, p.275-280, 1998.
- ; FIGUEIREDO, O.A.R.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J.A. Decréscimo da retenção de fósforo no solo pelo aumento do pH. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.20, n.1, p.159-162, 1996.
- FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C.; NEVES, J.C.L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.24, n.1, p.171-177, 2000.
- FERNANDES, A.R.; CHAVES, R. de S.; SILVA, G.R. da; DIAS, A.C.C.P.; ROCHA NETO, O.G. da. Doses de superfosfato e de calcário no crescimento de leguminosas herbáceas. *Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará*, Belém, n.26, p.53-66, jul./dez. 1996.
- FORESTIERI, E.F.; DE-POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna preta num Podzólico Vermelho Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.2, p.167-172, 1990.
- GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.24, n.1, p.153-159, 2000.
- KAMPRATH, E. J. *Soil acidity and response to liming*. Raleigh: North Carolina State University. Inst. Soil Testing Serv., 1967. 23p. (Technical Bulletin, 4).
- McVAY, K.A.; RADCLIFF, D.E.; HARGROVE, W.L. Winter legumes effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.53, p.1856-1862, 1989.
- MENDEZ, J.; KAMPRATH, E.J. Liming of latossols and the effect on phosphorus response. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.42, p.86-88, 1978.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MULLER, L. Um aparato micro Kjeldhal simples para análises rotineiras rápidas de Materiales Vegetales. *Turrialba*, Turrialba, v. 11, p.17-25, 1961.
- MUNS, D. N. Soil acidity and nodulation. In: ANDREW, C. S.; KAMPRATH, E. J. (Ed.). *Mineral nutrition of legumes in tropical and sub-tropical soils*. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 247-263.
- MURPHY, H. E., EDUARDES, D. G., ASHER, C. J. Effects of aluminium on nodulation and early growth of four tropical pasture legumes. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, v. 35, p. 663-673, 1984.
- MURPHY, J., RILLEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.*, v. 27, p. 31-36, 1962.
- OLIVEIRA, E.L. de. Coberturas verdes de inverno e adubação nitrogenada em algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.2, p.235-241, 1994.

PERFECT, E.; KAY, D.B.; LOON, W.K.P. VAN; SHEARD, R.W.; POJASOK, T. Factors influencing soil structural stability within a growing season. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.54, p.171-179, 1990.

RODRIGUES, T.E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F (Ed.). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: UFV/DPS/SBCS, 1996. p.19-60.

SANCHES, P. A. *Suelos del trópico: características y manejo*. San José: IICA, 1981. 634p.

SANTOS, P.C.T.C. dos; VIEIRA, L.S.; VIEIRA, M. de N.F. et al. *Os solos da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará*. Belém: FCAP, 1983. 60p. (FCAP. Informe Didático, 5).

SILVA, C.A.; VALE, F.R.; GUILHERME, L.R.G. Efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, n.3, p.471-476, 1994.

SILVA, S.B. *Análise química de solos*. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1991. 41p. (FCAP. Informe Didático, 11).

SNYDER, G.H.; KRETSCHMER, A.E.; SARTAIN, J.B. Field response of four tropical legumes to lime and superphosphate. *Agronomy Journal*, Madison, v.70, p.269-273, 1978.

TEIXEIRA, L.A.J.; TESTA, V.M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.2, p.207-214, 1994.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. dos. *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*. São Paulo: Ceres, 1987. 420p.