

Disponibilidade do nitrogênio e sua absorção pelo milho em solo adubado com dejetos de suínos

Denise de Freitas Silva¹, Camilo L. T. Andrade¹, Bruno França Moura¹, Tales Antônio Amaral¹, Maria Lúcia Pereira Simeone¹ e Lília Aparecida de Castro¹

⁽¹⁾ Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 Km 45, Cx. Postal 151, CEP 35701-970 – Sete Lagoas MG. E-mail: denise@cnpms.embrapa.br, camilo@cnpms.embrapa.br, brunof_moura@yahoo.com.br, tales@cnpms.embrapa.br, malu@cnpms.embrapa.br, lilia_acastro@yahoo.com.br

Palavras-chave: produtividade de milho, dinâmica de nutrientes, lixiviação, *Zea mays* L..

Introdução

A suinocultura tem grande importância social e econômica no Brasil. Todavia, os dejetos gerados pelos animais criados em confinamento ainda continuam sendo potenciais contaminantes, mesmo com a utilização destes como fertilizantes em lavouras.

A aplicação de dejetos de suínos no solo é uma forma de ciclar e disponibilizar nutrientes às plantas. Contudo, é preciso compatibilizar o seu descarte com a demanda nutricional das plantas e com a qualidade ambiental. Isso porque os nutrientes presentes no dejetos apresentam-se sob diferentes formas quanto à sua disponibilidade (SCHERER et al., 1996), o que implica em adotar práticas para potencializar o seu uso e reduzir o acúmulo no perfil do solo ou o transporte para fontes de água. A disposição dos dejetos líquidos de suínos no solo pode resultar em perdas de elementos, principalmente nitrogênio, proporcionando menor eficiência de utilização pelas plantas e aumentando os riscos de contaminação da água (BASSO et al., 2005). A dose a ser distribuída depende do valor fertilizante, do resultado da análise do solo e das exigências nutricionais da cultura a ser implantada. No caso do milho, para uma produtividade de 8 t ha⁻¹, é necessário de 10 a 20 kg ha⁻¹ de N no plantio e de 100 a 200 kg ha⁻¹ na adubação de cobertura (CFSEMG, 1999). A recomendação de utilização de dejetos líquidos de suínos é de 40 m³ ha⁻¹ para a cultura do milho, em solo com teores médios de matéria orgânica, e de 45 m³ ha⁻¹ para solos de Cerrado (PERDOMO et al., 2001).

A lixiviação de nitrato é considerada a principal perda de N disponível às plantas. Ela é influenciada diretamente pelos fatores que determinam o fluxo de água no solo e pela concentração de NO₃⁻ na solução (WHITE, 1987). Quanto maior a capacidade de armazenamento de água dos solos, menor a percolação da água pelo perfil e, conseqüentemente, menor o arraste de nitrato para camadas inferiores do solo (BORTOLINI, 2000). Vale lembrar, todavia, que solos sob Cerrado, normalmente com teor de argila alto, apresentam baixa capacidade de retenção e alta taxa de infiltração de água devido à boa estruturação e elevado volume de poros grandes, características essas bem distintas de solos de países de clima temperado.

Outro fator importante na dinâmica de íons está relacionado com as características físico-químicas das camadas sub-superficiais do perfil do solo, entre os quais o balanço de cargas e a superfície específica. A adsorção de nitrato em solos de carga variável tende a aumentar em profundidade e este fenômeno está associado ao incremento do número de



cargas elétricas positivas nesta direção (DYNIA et al., 2006). Oliveira et al. (2000) observaram que a adsorção de nitrato aumentou em profundidade e foi maior nos solos sob vegetação de Cerrado nativo em comparação com os cultivados.

Objetivou-se com este estudo avaliar a distribuição do nitrato e do amônio no perfil de um latossolo, ao longo do ciclo de uma cultura de milho irrigado, que recebeu dejetos líquidos de suínos como parte da fertilização.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Junco Agropastoril, no município de Papagaios, MG, sendo essa empresa uma parceira da Embrapa Milho e Sorgo nas pesquisas e na transferência de tecnologia em manejo de dejetos de suínos. Selecionou-se uma gleba de 0,5 ha com sete anos de histórico de fertilização com dejetos líquidos de suínos, a qual é irrigada por pivô central de 90 ha. O sistema de produção utilizado é altamente intensivo, consistindo no plantio sucessivo da cultura do milho, estando, portanto, sujeito a uma forte pressão no aspecto ambiental e fitossanitário. A condução da lavoura ficou a cargo do proprietário, não havendo interferência nenhuma da pesquisa no manejo da cultura. O solo representativo do sítio é classificado como Latossolo Vermelho, distrófico típico, textura muito argilosa, cujos principais atributos químicos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental

Prof. cm	pH (H ₂ O)	H+Al	Al	Ca	Mg	K	P	MO ¹ (dag kg ⁻¹)	SB ² (cmol _c dm ⁻³)	CTC ³ (cmol _c dm ⁻³)
		(cmol _c dm ⁻³)				(mg dm ⁻³)				
0-15	5.6	4.98	0.00	3.31	1.02	300	64	3.19	5.10	10.08
15-30	5.5	4.36	0.00	1.95	0.54	174	12	1.59	2.94	7.30
30-45	5.3	3.20	0.12	1.22	0.38	85	2	1.64	1.82	5.02
45-60	5.4	2.96	0.12	0.98	0.33	71	2	1.39	1.50	4.45
60-90	4.8	2.93	0.12	0.42	0.16	31	1	1.07	0.66	3.59
90-120	4.6	2.93	0.12	0.29	0.10	21	1	0.86	0.44	3.37

¹ Teor de matéria orgânica (MO); ² Soma de Bases (SB); ³ Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

O plantio do híbrido simples de milho DKB 390YG, foi realizado no dia 25 de outubro de 2008. A emergência das plantas ocorreu aos nove dias após a semeadura (DAS), o embonecamento aos 60 DAS, a maturidade fisiológica aos 133 DAS e a colheita foi realizada aos 136 DAS (a umidade dos grãos na colheita foi de 17,8%). Cada uma das seis parcelas experimentais era formada por oito fileiras de 10 m de comprimento, espaçadas de 0,68 m, sendo consideradas como área útil as seis fileiras centrais com 10 m de comprimento. A adubação consistiu de 35 m³ ha⁻¹ de dejetos líquidos de suíno, aplicado 17 dias antes da semeadura e mais 35 m³ ha⁻¹ aplicado uma semana antes do plantio. Dos 70 m³ ha⁻¹ aplicado de dejetos suínos, 88,3 kg ha⁻¹ é amônio e 0,024 kg ha⁻¹ é nitrato, cuja composição química é apresentada na Tabela 2. A fertilização com dejetos foi complementada com 350 kg ha⁻¹ da fórmula 09-33-12 (N-P-K) aplicada no sulco de semeadura e cobertura parcelada em duas vezes, sendo 150 kg ha⁻¹ de ureia aos 12 DAS e a mesma quantidade aos 25 DAS. Estimou-se a lâmina de irrigação através das horas de operação do pivô central registradas pelo operador levando-se em consideração uma avaliação de uniformidade de aplicação de água realizada previamente no mesmo.



Tabela 2 - Teores de nutrientes presentes no dejetos líquidos¹ de suínos utilizados.

Data	N	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P	K	Ca mg L ⁻¹	Mg	Zn	Fe	Cu	Mn	Na
08/10/2008	634,37	1261,37	0,34	188,35	581,88	152,40	72,92	20,30	17,73	8,92	3,21	140

¹Dejetos líquidos de suíno estabilizados em um biodigestor por um período de 35 dias antes de serem aplicados na lavoura.

Para se avaliar a dinâmica do nitrogênio, amostrou-se o perfil do solo antes do plantio e ao longo do desenvolvimento da cultura. Colheram-se amostras simples, com auxílio de um trado holandês, nas camadas de 0 a 0,15; 0,15 a 0,30; 0,30 a 0,45; 0,45 a 0,60; 0,60 a 0,90 e 0,90 a 1,20 m em três pontos distintos das entrelinhas do milho, em cada uma das seis repetições do ensaio. Amostras de cada camada foram separadas em baldes limpos, destorroadas e misturadas para gerar uma amostra composta. Para efeito comparativo, coletaram-se também amostras do solo em uma gleba contígua à parcela experimental, coberta por Cerrado nativo relativamente bem preservado. Encaminharam-se as amostras ao laboratório de Análises de Solos da Embrapa Milho e Sorgo para determinação de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻. Empregou-se o método de destilação Kjeldahl, sendo o N-mineral extraído por solução de cloreto de potássio 1 mol L⁻¹. Uma alíquota de 10 mL da solução extraída com KCl foi usada para determinação do N-mineral. Na primeira destilação para determinação de amônio adicionou-se MgO e na segunda destilação da mesma amostra, adicionou-se liga Dervada para determinação de nitrato, com posterior quantificação por titulação com ácido sulfúrico (NOGUEIRA e SOUZA, 2005).

Os dados de concentração de nitrato e de amônio no perfil do solo foram plotados para alguns períodos do ciclo da cultura, permitindo-se uma avaliação qualitativa da mobilidade desses íons, sobretudo o nitrato.

Resultados e Discussão

As concentrações de nitrato no perfil do solo aos 17 dias antes da semeadura do milho eram elevadas, sobretudo na superfície e nas camadas subsuperficiais (Figura 1), coincidindo com a primeira aplicação de dejetos. Aos 11 DAS, as concentrações observadas haviam decrescido significativamente e, como a cultura ainda estava em seu estágio inicial de desenvolvimento, com baixa absorção de nitrogênio (Figura 3), este decréscimo se deveu à lixiviação para as camadas mais profundas do solo. Após as duas adubações de cobertura, as concentrações de nitrato se elevaram de novo em todo o perfil do solo, indicando considerável lixiviação. Na fase de embonecamento da cultura (60 DAS), as concentrações de nitrato no perfil do solo retornaram a níveis observados aos 11 DAS, indicando forte extração pela cultura e concomitante lixiviação do nitrato para além das camadas mais profundas, onde a atividade radicular é reduzida, especialmente em sistemas irrigados. Entre os 88 e 130 DAS, as concentrações de nitrato no perfil do solo praticamente se estabilizaram em 2,5 mg kg⁻¹. Alguns trabalhos demonstram que a absorção de nitrogênio pelo milho é mais intensa no período entre 40 e 60 DAS (FRANÇA et al., 1994). A elevação nas concentrações deste elemento verificada aos 137 DAS (6,28 mg kg⁻¹) possivelmente deve-se à mineralização de restos culturais e de material da fase sólida presente nos dejetos e ao fato de a planta estar em senescência e não mais absorver nitrogênio.

Vale notar que neste sistema de cultivo altamente intensivo e com a utilização continuada de dejetos líquidos de suínos como fonte de fertilizantes, as concentrações de nitrato no solo frequentemente ultrapassam os níveis observados no Cerrado nativo, onde os processos de transformação de N estão em um certo equilíbrio.



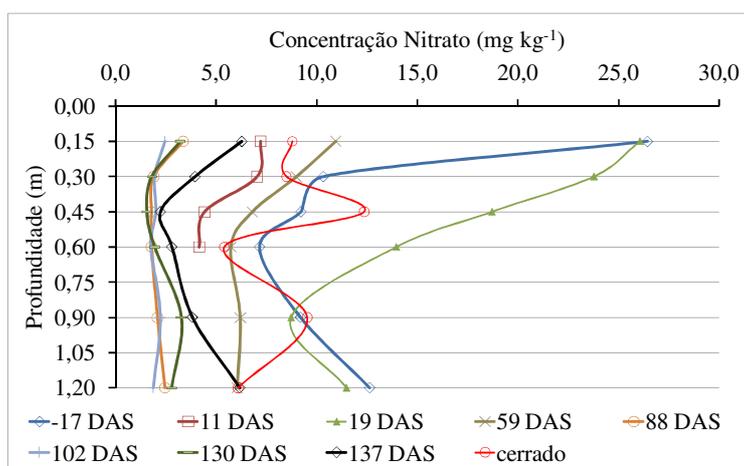


Figura 1 – Distribuição da quantidade de nitrato no perfil do solo, ao longo do ciclo da cultura do milho e do Cerrado nativo.

A dinâmica do amônio no solo apresentou um comportamento semelhante ao do nitrato. Observaram-se, aos 17 dias antes do plantio, valores elevados deste cátion na camada 0 a 0,15 m do perfil do solo (Figura 2), refletindo a aplicação do dejetos realizada imediatamente antes da coleta de solo. Com o desenvolvimento da cultura, aumentou-se a absorção deste nutriente (Figura 3) e, com isso, as quantidades de amônio presentes no perfil do solo reduziram-se. Concomitantemente, ocorreu a nitrificação deste cátion transformando-o em nitrato, que é a principal fonte de nitrogênio assimilado pelas plantas, porém mais facilmente lixiviável. Após as adubações de cobertura, observou-se uma elevação nas concentrações de amônio em todo o perfil do solo (Figura 2). Os menores valores de pH e de CTC das camadas subsuperficiais do perfil do solo favoreceram a lixiviação para abaixo da zona das raízes. Tal como ocorreu com o nitrato (Figura 1), observou-se uma estabilização na concentração de amônio, em torno de $2,5 \text{ mg kg}^{-1}$, após os 88 DAS.

Com a finalização do ciclo da cultura do milho aos 137 DAS, as concentrações do amônio, bem como as do nitrato tenderam a aumentar no perfil do solo, devido ao fato de a cultura do milho não mais absorver nitrogênio e, possivelmente, continuar ocorrendo a mineralização de restos culturais e de material da fase sólida presente nos dejetos.

Observa-se na Figura 2 que aos 11 DAS os maiores valores de concentração de amônio estavam na camada superficial, enquanto que aos 59 DAS os maiores valores foram observados na camada de 0,30 a 0,45 m, indicando que de fato este elemento se movimentava verticalmente no solo, possivelmente em decorrência da amonificação de N orgânico, contribuindo para o aumento do amônio. Cabezas e Souza (2008), em experimento com milho e aplicação de ureia mais gesso, observaram uma maior proporção de N-NH_4^+ em relação ao N-NO_3^- em todas as camadas em profundidade, indicando uma movimentação vertical desse elemento. Segundo Scherer et al. (1996), os adubos orgânicos apresentam, em geral, um maior efeito residual no solo que os fertilizantes de origem mineral. Esse padrão é explicado pela lenta mineralização dos compostos orgânicos, tornando os nutrientes disponíveis num maior espaço de tempo. Desta forma, estes nutrientes ficam menos sujeitos às reações químicas do solo, ao contrário do que acontece com os adubos minerais.



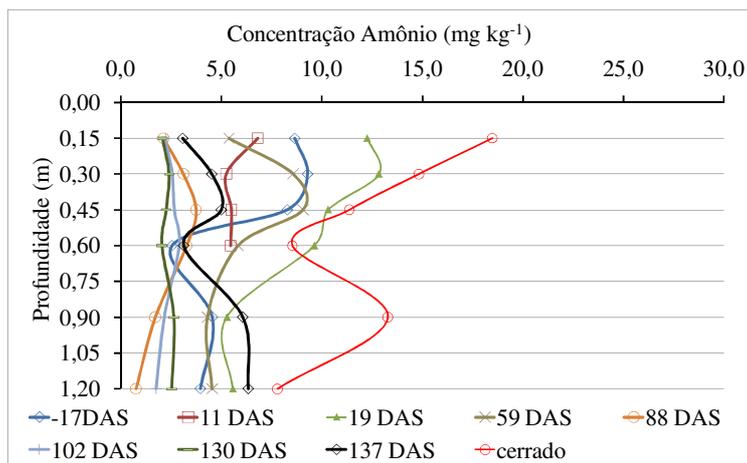


Figura 2 – Distribuição da quantidade de amônio no perfil do solo, ao longo do ciclo da cultura do milho e do Cerrado nativo.

O teor de amônio no solo sob Cerrado foi superior ao do solo cultivado com milho (Figura 2). Isso porque, no ambiente natural, ocorre a reciclagem dos nutrientes constantemente e no solo cultivado com milho, devido às adubações e as correções de acidez realizadas na área agrícola, proporciona condições favoráveis aos microrganismos nitrificadores, ocorrendo também a extração de nutrientes pela cultura fazendo com que diminua essa concentração no solo. d'Andréa et al. (2004), estudando a mobilidade de nitrato e amônio no perfil de solo de Cerrado nativo, obteve concentrações de 30 e 42 mg kg⁻¹, respectivamente. Por meio do processo de decomposição, a serrapilheira libera para o solo elementos minerais que as plantas utilizam, desempenhando, assim, um papel fundamental na circulação de nutrientes e nas transferências de energia entre os níveis tróficos (SIOLI, 1991), contribuindo para manutenção dos processos de um ecossistema. A serrapilheira atua na superfície do solo como um sistema de entrada e saída de nutrientes ao ecossistema, através dos processos de produção e decomposição. Estes processos são particularmente importantes na restauração da fertilidade do solo em áreas em início de sucessão ecológica (PERES et al., 1983).

Aplicando em média 94 kg ha⁻¹ de matéria seca de dejetos de suínos obteve-se, nesse experimento, uma produtividade média de grãos de milho de 10.817 kg ha⁻¹ com 13 % de umidade, sendo esta uma produtividade alta em relação à média da região que é de 4.500 kg ha⁻¹, com produtores empregando diferentes níveis de tecnologia (AGRIANUAL 2008). A produtividade média para o híbrido DKB 390 GY varia de 8.659 a 8.414 kg ha⁻¹ (DEKALB, 2009). Evans et al. (1977), estudando a cultura do milho submetida à aplicação de dejetos líquidos de suíno na dosagem de 636 t ha⁻¹ (peso fresco), por dois anos sucessivos, monitorados por mais dois, observaram que a produção média de grãos foi de 7.100 kg ha⁻¹, enquanto que para os tratamentos fertilizados com adubação convencional este valor foi de 6.880 kg ha⁻¹. Em estudos realizados por KONZEN e ALVARENGA (2002), a produtividade de milho em função da adubação com dejetos de suínos ficou entre 5.200 e 7.600 kg ha⁻¹.



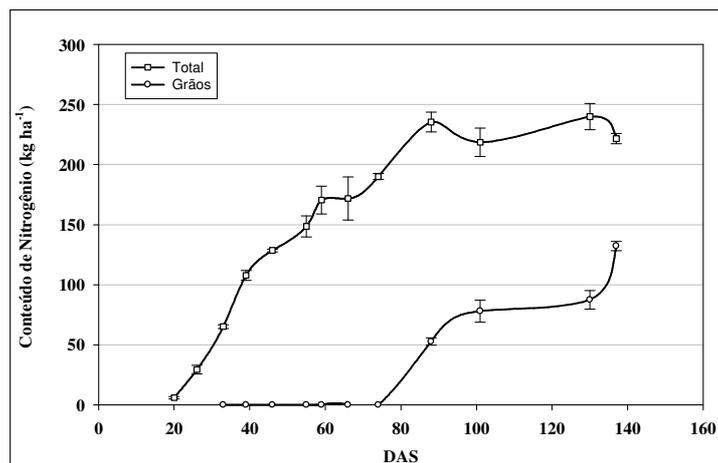


Figura 3 – Conteúdo de nitrogênio no tecido vegetal ao longo do ciclo da cultura do milho. As barras verticais referem-se ao erro padrão acima e abaixo da média.

Observa-se na Figura 3 que o máximo acúmulo de nitrogênio na biomassa aérea total de milho foi de 240 kg ha^{-1} e no grão foi de 132 kg ha^{-1} . A absorção de N pela planta de milho está na faixa de 84 a 336 kg ha^{-1} para uma produtividade de 3 a 12 t ha^{-1} (CANTARELLA, 2007). Observa-se que o acúmulo do nitrogênio encontra-se dentro da faixa considerada normal para o desenvolvimento da planta.

A absorção de nitrogênio pelo milho foi mais intensa no período de 21 a 40 DAS, embora a planta absorva o elemento em todo o ciclo (Figura 3). Apesar de as exigências nutricionais serem menores nos estádios iniciais de crescimento, pesquisas indicam que altas concentrações de N na zona radicular são benéficas para promover o rápido crescimento inicial da planta e o aumento da produtividade (VARVEL, 1997).

Conclusões

A produtividade média de grãos de milho com o uso de dejetos suínos, como fonte parcial de nutrientes, foi superior à produtividade média esperada para o híbrido e também maior que a média da região.

Verificou-se a ocorrência de lixiviação de nitrogênio, sobretudo na forma de nitrato, embora haja indícios suficientes para indicar que o amônio também se movimenta verticalmente.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo suporte financeiro dado projeto e ao primeiro autor. Aos empregados de apoio da Embrapa Milho e Sorgo pelo auxílio na coleta e análise de dados (Vilmar F. Martins “Barão”, Ademilson S. da Rocha, Cleber A. da Cruz, Paulo G. Paula, José Eduardo Filho, Edna Patto P. de Pinho) e ao Sr. Antônio Gonzaga e Alexiano, da Fazenda Junco, por permitirem e apoiarem as amostragens em suas áreas de plantio.



Referências

- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 905-915, 2000.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 361-366, 2000.
- CABEZAS, W. A.R. L.; SOUZA, M. A. Volatilização de amônio, lixiviação de nitrogênio e produtividade de milho em resposta à aplicação de mistura de uréia com sulfato de amônio ou com gesso agrícola. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, n. 4, p. 2331-2342, 2008.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. SBCS, Viçosa, 2007. **Fertilidade do solo**, 1017 p. (Eds. NOVAIS, R. F., ALAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L.).
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. (5ª Aproximação). Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1999. 359 p.
- d'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, 2004.
- DEKALB. Semente Híbrida de Milho Safrinha 2007 DKB 390. Disponível em: <http://www.dekalb.com.br/produto_milho_safrinha.aspx?id=34>. Acesso em: 26/05/2010.
- DYNIA, J. F.; SOUZA, M. D.; BOEIRA, R. C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.855-862, 2006.
- EVANS, S. D., GOODRICH, P. R., MUNTER, R. C., SMITH, R. E. Effects of solid and liquid beef manure and liquid hog manure on soil characteristics and on growth, yield, and composition of corn. **J. Environ. Qual.** v.6, n.4, p. 361-368, 1977.
- FRANÇA, G. E.; COELHO, A. M.; RESENDE, M.; BAHIA FILHO, A. F. C. Parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho irrigado. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**: 1992-1993. Sete Lagoas, 1994. p. 28-29.
- KASELE, I. N.; NYIRENDA, F.; SHANAHAN, F. J. et al. Ethepon alters corn growth, water use, and grain yield under drought stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, p.283-288, 1994.



KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. Monitoramento ambiental do uso de dejetos líquidos de suínos como insumo na agricultura: Efeito de doses na produtividade de milho. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 2, p. 123-131, 2002.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos**. In: PRIMAVESI, A. C.; ANDRADE, A. G.; ALVES, B. J. R.; ROSSO, C.; BATISTA, E. M.; PRATES, H. T.; ORTIZ, F. R.; MELLO, J.; FERRAZ, M. R.; LINHARES, N. W.; MACHADO, P. L. O. A.; MOELLER, R.; ALVES, R. C. S.; SILVA, W. M. Método de Análise de Solo. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. p. 67-130.

OLIVEIRA, J. R. A. de; VILELA, L.; AYARZA, M. A. Adsorção de nitrato em solos de cerrado do Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 35, p. 1199-1205, 2000.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. de; NONES, K. **Produção de suínos e meio ambiente**. 9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura - Gramado, RS. 2001.

PERES, J. R. R.; SUHET, A.; VARGAS, M. A. T.; DROZDOWICZ, A. 1983. Litter production in areas of Brazilian "Cerrados". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 18(9): 1037-43.

SIOLI, H. 1991. **Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Ed. Vozes, Petrópolis, Rio de Janeiro. 72p.

SCHERER, E.E. et al. Avaliação da qualidade do dejetos líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante. Florianópolis: **EPAGRI**, 1996. 46p. (Boletim técnico).

VARVEL, G. E.; SCHPERS, J. S.; FRANCIS, D. D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, n. 4, p. 1233-1239, 1997.

WHITE, R. E. Leaching. In: WILSON, J. R. **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Wallingford: C.A.B. International, 1987. p.193-211.

Apoio: FAPEMIG

