

## LIXIVIAÇÃO DE NITROGÊNIO EM DIFERENTES CLASSES DE SOLOS DO NORTE DO PARANÁ

Rubens Fey, Tiago Zoz, Fábio Steiner, Jucenei Fernando Frandoloso, Osmar Rodrigues Brito. e-mail: rubensfey@hotmail.com

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Ciências Agrárias – Marechal Cândido Rondon – PR.

**Palavras-chave:** textura do solo, sulfato de amônio, nitrato de potássio

### Resumo:

A quantidade de nitrogênio que pode ser lixiviado é influenciada principalmente pelos fatores que determinam o fluxo de água no solo, como a textura e estrutura, bem como pela concentração e forma do nitrogênio presente no solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a lixiviação de nitrogênio em função da granulometria do solo. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial 5 X 2, com cinco solos de diferentes granulometrias, coletados na região norte do estado do Paraná, (37.5; 132.5; 315.0; 491.2 e 546.0 g kg<sup>-1</sup> de argila), e duas fontes de nitrogênio (nitrato de potássio e sulfato de amônio) com quatro repetições. Um tratamento testemunha sem nitrogênio foi incluído para permitir testes estatísticos adicionais. Os solos foram acondicionados em colunas de PVC com 250 mm de altura e 40 mm de diâmetro, e posteriormente, umedecidos até a capacidade de campo. As fontes de nitrogênio foram aplicadas na quantidade equivalente a 65 kg ha<sup>-1</sup> de N e em seguida aplicou-se 150 mL de água destilada, correspondente a uma precipitação de 180 mm. A perda de nitrogênio por lixiviação foi insignificante quando se aplicou sulfato de amônio, porém no tratamento adubado com nitrato de potássio, a lixiviação de N acumulou perdas de até 7% do total aplicado, correlacionando-se inversamente com o teor de argila.

### Introdução

Para um correto planejamento conservacionista de qualquer área de interesse, são necessários estudos detalhados que proporcionam sucesso e se possam usar os recursos naturais sem agredir, de forma degradante, o meio ambiente (Mello et al., 2006).

Segundo Kitamura et al. (2007), no planejamento ambiental é de fundamental importância o conhecimento dos atributos físicos dos solos, envolvendo principalmente aqueles relacionados com sua distribuição granulométrica e que influenciam diretamente o fluxo superficial e o movimento de água no solo.

O nitrogênio (N) é o nutriente exigido em maior quantidade pela maioria das espécies vegetais, podendo ser absorvido na forma de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ou nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Mantovani et al., 2007).

A dinâmica do N no solo envolve processos de natureza física, química e biológica, que determinarão se o N permanecerá adsorvido na camada agricultável do solo, absorvido pelas plantas ou se moverá no solo, até atingir camadas mais profundas (Rocha et al., 2008a).

A lixiviação de nitratos no solo pode alcançar grande magnitude se este ânion estiver presente no solo em quantidades acima da capacidade de absorção pela cultura e quando a irrigação ou chuva exceder a capacidade de armazenagem de água do solo (Rocha et al., 2008b).

Blach e Waring (1979), observaram que as propriedades do solo que mais explicavam o aumento da lixiviação do nitrato do solo, foram a granulometria, matéria orgânica e pH em água. A dinâmica do  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  é orientada pela carga elétrica que possuem. Ambas são adsorvidas às cargas dos colóides, porém são facilmente trocáveis com outros íons da solução do solo (Meurer et al., 2000). Devido ao predomínio de cargas negativas  $\Delta\text{pH} < 0$  (pH em KCl 1 mol – pH em água) na camada arável do solo (Sangoi et al., 2003) é insignificante a adsorção eletrostática do  $\text{NO}_3^-$  nesta camada (Meurer, et al., 2000), enquanto para o  $\text{NH}_4^+$  a adsorção é significativamente alta (Luchese et al., 2002).

Quando um íon possui baixa adsorção na superfície dos colóides do solo, torna-se susceptível a perdas por lixiviação (Sangoi et al., 2003). A movimentação da água ao longo do perfil do solo possui alta correlação com a taxa de lixiviação de íons, a qual tem sido estudada por diversos autores (Guedes, 1974; Addiscott et al., 1992; Stougaard et al., 1992; Errebhi et al., 1998). Wruck et al. (1997) verificaram que o volume e a distribuição de poros são fatores importantes que afetam a mobilidade da água no solo, entretanto, dentre estes fatores, os autores observaram que a macroporosidade está relacionada com a maior intensidade de lixiviação de íons no perfil.

De acordo com Camargo et al. (1989) a maior capacidade de armazenamento de água dos solos argilosos reduz a velocidade de percolação da água no perfil, reduzindo assim o arraste de nitrato para camadas inferiores. Kitamura et al. (2007) relatam que a capacidade de retenção de água e nutrientes possui correlação positiva com os teores de argila do solo. Em solos arenosos, o manejo adequado da água e da adubação nitrogenada (parcelamento) minimiza as perdas de nitrato por lixiviação (Sanchez, 2000).

Nesse contexto o presente trabalho teve como objetivo quantificar as perdas de nitrogênio nas formas de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  através da lixiviação em diferentes classes de solos do norte do Paraná

## **Materiais e Métodos**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Estadual de Londrina (PR). Foram selecionados cinco solos da região norte do estado do Paraná, com características físico-químicas distintas (Tabela 1).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 5x2, em que os fatores foram cinco solos (colocar as abreviações de cada solo) e duas fontes de N (nitrato de potássio e sulfato de amônio), com quatro repetições. Para cada solo, foi conduzida uma testemunha (sem adição de adubo nitrogenado), com três repetições, totalizando 55 parcelas experimentais.

**Tabela 1 - Características físicas <sup>(1)</sup> e  $\Delta$ pH <sup>(2)</sup> dos solos utilizados no experimento**

| Amostras de solo | Argila                        | Silte | Areia | $\Delta$ pH |
|------------------|-------------------------------|-------|-------|-------------|
|                  | -----g Kg <sup>-1</sup> ----- |       |       |             |
| Argissolo        | 37.5                          | 62.5  | 900.0 | - 1.30      |
| Argissolo        | 132.5                         | 130.0 | 737.5 | - 0.50      |
| Argissolo        | 315.0                         | 292.1 | 393.7 | - 1.00      |
| Nitossolo        | 491.2                         | 228.7 | 280.0 | - 0.80      |
| Latossolo        | 546.2                         | 122.1 | 332.5 | - 1.00      |

<sup>(1)</sup> Determinada pelo método da Pipeta conforme EMBRAPA (1997).

<sup>(2)</sup> Determinada pela diferença do pH em KCl menos pH em água.

Para instalação do experimento foram coletadas amostras de terra nos municípios de Londrina, Rolândia e Porecatu da camada superficial (0 – 20 cm) de cada solo. As amostras coletadas foram secadas ao ar, destorroadas, peneiradas (4 mm), homogeneizadas e amostradas para análises granulométricas (EMBRAPA, 1997) e para avaliação da fertilidade (IAPAR, 1992). Os solos foram corrigidos utilizando-se o CaCO<sub>3</sub> com a finalidade de elevar o índice de saturação por bases de cada solo a 70%, mantendo os solos incubados por cinco dias a 60% da capacidade máxima de retenção de água do solo. Após incubação procedeu-se determinação do  $\Delta$ pH (tabela 1) para avaliação da carga líquida do solo.

**Tabela 2 - Características químicas <sup>(3)</sup> dos solos utilizados no experimento**

| Solo                          | M.O.               | P                   | pH   | Al+H  | K    | Ca   | Mg   | Al   | CTC   |
|-------------------------------|--------------------|---------------------|------|---|------|------|------|------|-------|
| - g kg <sup>-1</sup> argila - | g Kg <sup>-1</sup> | mg dm <sup>-3</sup> |      | -----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |      |      |      |      |       |
| 37.5                          | 5.36               | 4.61                | 6.13 | 1.98  | 0.13 | 1.63 | 0.71 | 0.04 | 4.44  |
| 132.5                         | 6.70               | 3.60                | 4.61 | 3.62  | 0.13 | 1.27 | 0.86 | 0.18 | 5.87  |
| 315.0                         | 18.76              | 15.10               | 5.74 | 4.54  | 0.77 | 7.05 | 0.18 | 0.03 | 12.35 |
| 491.2                         | 11.39              | 0.09                | 4.36 | 7.35  | 0.14 | 1.85 | 0.36 | 0.41 | 9.70  |
| 546.2                         | 16.24              | 1.21                | 4.37 | 7.60  | 0.34 | 2.30 | 0.53 | 0.37 | 10.78 |

<sup>(3)</sup> Metodologia adotada pelo IAPAR (Pavan et al., 1992).

Os diferentes solos foram acondicionados em colunas, constituídas de tubos de PVC de 40 mm de diâmetro e 250 mm de altura, perfazendo um volume de 314.2 cm<sup>3</sup>. As colunas de solo foram umedecidas até atingir a capacidade máxima de retenção de água. Em seguida, cada coluna de solo foi adubada com de 10 mg de N, utilizando o KNO<sub>3</sub> (nitrato de potássio) e o (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (sulfato de amônio) na forma de sais P. A. (puro para análise). Os sais foram aplicados na superfície do solo. Esta dose equivale a 65 kg N ha<sup>-1</sup>.

Imediatamente após a adubação, cada coluna de solo recebeu 150 ml de água destilada mediante gotejamento (5 a 6 gotas por minuto), simulando uma chuva com volume de água equivalente a 180 mm.

O conteúdo lixiviado de cada coluna foi coletado e posteriormente analisado segundo método descrito por Tedesco et al. (1995) para determinar as concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ .

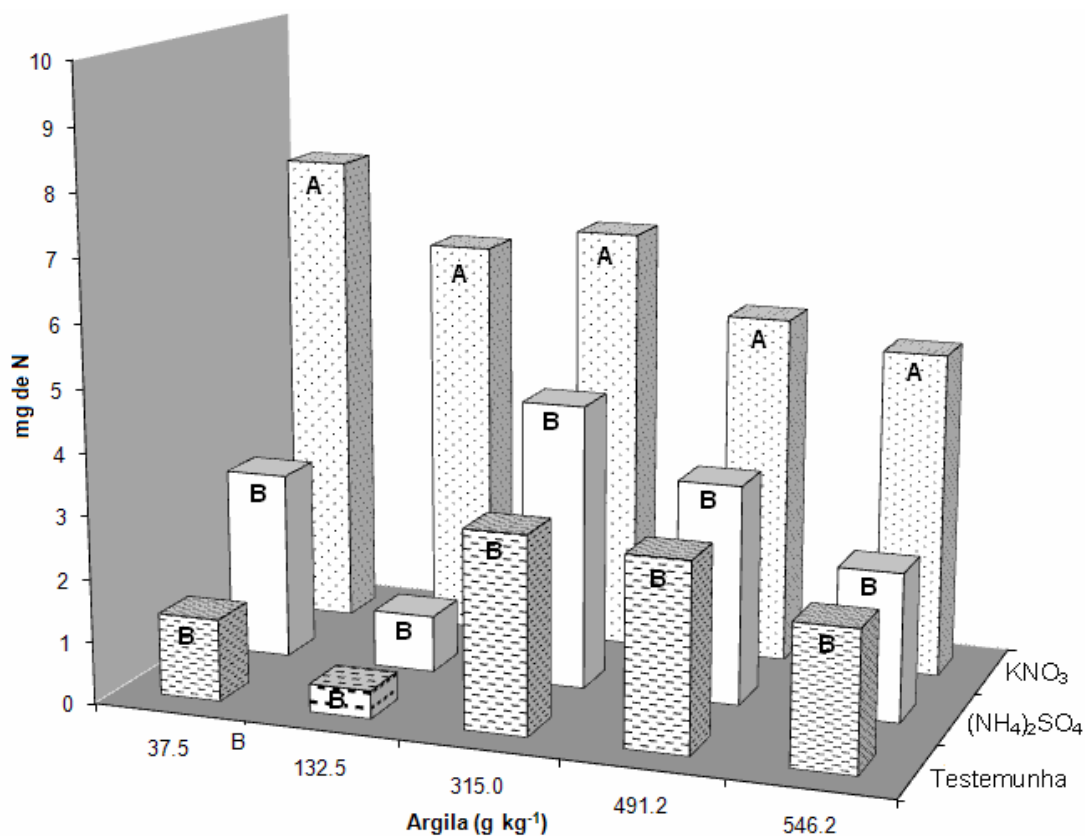
Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ). Também foi realizada análise de correlação entre a lixiviação de N e os teores de argila das amostras.

## **Resultados e Discussão**

Os resultados apresentados na Figura 1 indicam que ocorreram diferenças ( $P < 0,05$ ) na quantidade de N lixiviado entre as fontes estudadas. Os tubos que receberam aplicação de nitrato de potássio apresentaram maior lixiviação de  $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  quando comparados com o sulfato de amônio e a testemunha (sem adição de nitrogênio), nas diferentes granulometrias.

O caráter aniônico do nitrato, associado à carga negativa no colóide ( $\Delta\text{pH} < 0$ ), possivelmente influenciou nos resultados obtidos (tabela 1). Porém, Oliveira et al. (2000), observaram que o  $\Delta\text{pH}$ , não é um bom índice para prever a adsorção de nitrato em solos com diferentes granulometrias.

Não foram verificadas diferenças entre o sulfato de amônio e o tratamento testemunha na quantidade de N lixiviado. O amônio por ser um cátion possivelmente ficou adsorvido nas cargas elétricas negativas das amostras de solo (Luchese, 2002) e a dose de 10 mg de N não foi suficiente para possibilitar a sua lixiviação nas colunas de solo.



**Figura 1 - Nitrogênio lixiviado ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) em função da adubação com 10 mg de N nas fontes  $\text{KNO}_3$  e  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  em colunas de solo com diferentes teores de argila.**

Analisando separadamente a lixiviação de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  entre as fontes e em cada amostra de solo (tabela 3) pode-se observar que, foi encontrado maior quantidade de  $\text{NH}_4^+$  no lixiviado somente nas amostras com 37.5 e 491.2  $\text{g kg}^{-1}$  de argila quando se utilizou a fonte sulfato de amônio. No entanto, apesar desta última amostra apresentar diferenças ( $P < 0,05$ ) em relação à testemunha, 0.64 mg de N lixiviado pela coluna de solo é insignificante diante dos 10 mg de N aplicados. Na amostra com 37.5  $\text{g kg}^{-1}$  de argila a maior lixiviação de amônio pode ter ocorrido devido à menor capacidade de troca de cátions (tabela 1) e maior espaço poroso entre as partículas de areia destas amostras, o que aumentou a velocidade de infiltração de água como observado por Wruck (1997), carregando consigo os íons não adsorvidos.

**Tabela 3 - Quantidades de nitrato e amônio lixiviados após adubação com 10 mg de N em colunas de solo com nitrato de potássio e sulfato de amônio em solos com diferentes granulometrias**

| Fontes de N                  | Teor de Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ ) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                              | 37.5                                  |                 | 132.5           |                 | 315.0           |                 | 491.2           |                 | 546.2           |                 |
|                              | $\text{NH}_4^+$                       | $\text{NO}_3^-$ | $\text{NH}_4^+$ | $\text{NO}_3^-$ | $\text{NH}_4^+$ | $\text{NO}_3^-$ | $\text{NH}_4^+$ | $\text{NO}_3^-$ | $\text{NH}_4^+$ | $\text{NO}_3^-$ |
| Testemunha                   | 0.08 b                                | 1.23 b          | 0.34 a          | 0.10 b          | 0.14 a          | 3.02 b          | 0.15 b          | 2.86 b          | 0.10 a          | 2.14 b          |
| $\text{KNO}_3$               | 0.17 b                                | 7.57 a          | 0.56 a          | 5.90 a          | 0.21 a          | 6.63 a          | 0.31 ab         | 5.30 a          | 0.11 a          | 5.11 a          |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 1.73 a                                | 1.28 b          | 0.64 a          | 0.27 b          | 0.24 a          | 4.32 b          | 0.64 a          | 2.87 b          | 0.23 a          | 2.14 b          |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 %.

A lixiviação de nitrato foi sempre maior quando se utilizou a fonte o nitrato de potássio, independentemente da proporção de argila nas amostras de terra estudados (tabela 3). O  $\text{KNO}_3$  dissocia-se rapidamente na água, liberando  $\text{K}^+$  e  $\text{NO}_3^-$  e o íon nitrato em solos com carga líquida negativa ( $\Delta\text{pH}<0$ ) tende a lixiviar. Resultados semelhantes foram obtidos por Guedes (1974).

Verificou-se uma correlação negativa significativa ( $r = -0.97$ ;  $P < 0.01$ ) entre a quantidade de N lixiviado e os teores de argila nos tratamentos adubados com nitrato de potássio, indicando que as maiores perdas de nitrato ocorreram nas amostras com menores teores de argila (figura 2), corroborando com Lund (1974). Provavelmente este comportamento do ânion nitrato esta associado à menor quantidade de cargas positivas dos solos arenosos e principalmente à maior velocidade de infiltração de água.

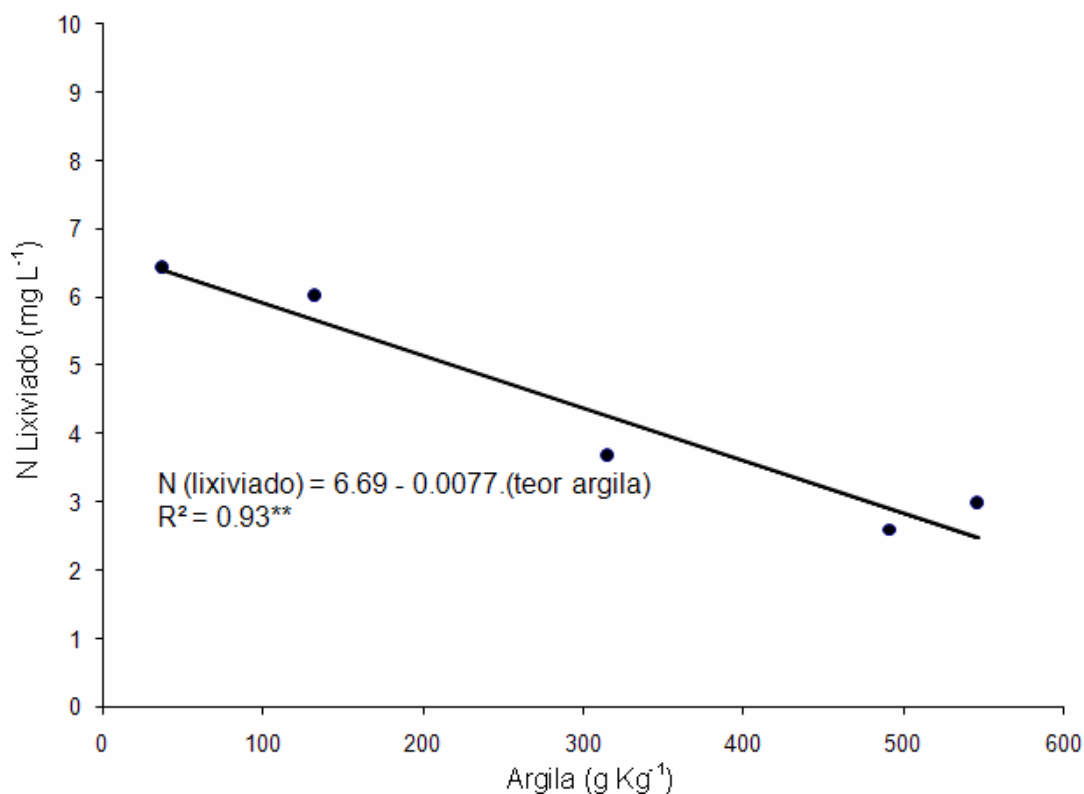


Figura 2 – Nitrogênio lixiviado após adubação de 10 mg de N na fonte  $\text{KNO}_3$  em colunas de solos com diferentes teores de argila.

## Conclusões

Para os solos do norte do Paraná estudados nas condições em que o experimento foi conduzido pode-se concluir que:

O emprego de sulfato de amônio na dose de 65 kg de N  $\text{ha}^{-1}$  não resulta em perdas de nitrogênio por lixiviação em solos com mais de 132,5 g  $\text{kg}^{-1}$  de argila;

O uso de nitrato de potássio resulta em perdas de N por lixiviação, com correlação negativa com o teor de argila.

## Referências

- Addiscott, T. M.; Whitmore, A. P.; Powlson, D.S. *Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem*. Tucson: CAB Internacional. Wallingford, 1992. 169p.
- Black, A. S.; Waring, S. A. Adsorption of nitrate, chloride and sulphate by some highly weathered soils from South-East Queensland. *Australian Journal of Soil Research*, v.17, n.2, p.271-282, 1979.
- Camargo, P. B. et al. Destino do N de Fertilizantes – N<sup>15</sup> (Uréia e Aquamônia) Aplicados na Cultura da Cana-de-Açúcar. I. Deslocamento no Solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 1989. *Resumos Recife*: SBCS, 1989. p.70-71.
- EMBRAPA. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.1997. 212p.
- Errbhi, M.; Rosen, C. J.; Gupta, C. S.; Birong, D. E.. Potato Yield Response and Nitrate Leaching as Influenced by Nitrogen Management. *Agronomy Journal*, v. 90, n.1, p.10-15, 1998.
- Guedes, G. A. de A. *Contribuição ao Estudo do Movimento dos Íons Nitrato e Amônio em Colunas de Material de Solos do Triângulo Mineiro e de Pirapora*. 1974. 39f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa.
- IAPAR, *Manual de análise química de solo e controle de qualidade*. Londrina, PR: Instituto Agrônomo do Paraná, 1992, 37p. (Circular nº 76)
- Kinjo, T.; Keihl, E.J. & Pratt, P.F. Movimento de Nitrato em Colunas de Terra de um Latossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, n.1, p. 47-50, 1978.
- Kitamura, A. E. P. M. Carvalho, M. P. & Lima, C. G. R. Relação entre a Variabilidade Espacial das Frações Granulométricas do Solo e a Produtividade do Feijoeiro sob Plantio Direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 361-369, 2007.
- Luchese, E. D.; Favero, L.O.B.; Lenzi, E. *Fundamentos da Química do Solo*. Rio de Janeiro. Freitas Bastos, 2002. 182p.
- Lund, L.J.; Adriano, D.C. & Pratt, P.F. Nitrate Concentrations in Depp Soil Cores as Related to Soil Profile Characteristics. *Journal Environment Quality*, v.3, n.1, p.78-82., 1974.
- Mantovani, A. Ernani, P. R. & Sangoi, L. A Adição de Superfosfato Triplo e a Percolação de Nitrogênio no Solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31p. 887-895, 2007.
- Mello, G. Bueno, C. R. P. & Pereira, G. T. Variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo em áreas intensamente cultivadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.10, n.2, p.294–305, 2006.
- Meurer, E. J; Thenheimer, D.; Bissani, C. A.. Fenômenos de superfície. In: Meurer, E. J. *Fundamentos de Química do Solo*. 2000. Cap. 5.. p. 77-105.

Oliveira, J. R. A.; Vilela, L.; Angelayarza, M. Adsorção de nitrato em solos de cerrado do distrito federal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.35, n.6, p.1199-1205, 2000.

Pavan, M. A.; Bloch, M. F.; Zempulski, H. C.; Miyazawa, M.; Zocoler, D. C. *Manual de Análise Química de Solo e Controle de Qualidade*. Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, 1992. (Circular nº 76).

Rocha, F. A. Martinez, M. A. Matos, A. T. Cantarutti, R. B. & Silva, J. O. Modelo Numérico do Transporte de Nitrogênio no Solo. Parte I: Desenvolvimento e Teste do Modelo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.1, p.47–53, 2008. a

Rocha, F. A. Martinez, M. A. Matos, A. T. Cantarutti, R. B. & Silva, J. O. Modelo Numérico do Transporte de Nitrogênio no Solo. Parte II: Reações Biológicas Durante a Lixiviação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.1, p.54–61, 2008. b

Sanchez, C. A.. Response of Lettuce to Water and Nitrogen on Sand in the Potencial for Leaching of Nitrate – N. *HortScience*, v.35, n.1, p.73-77, 2000.

Sangoi, L.; Ernani, P. R.; Lech, V. A.; Rampazzo, C. Lixiviação de Nitrogênio Afetada pela Forma de Aplicação de Uréia e Manejo dos Restos Culturais de Aveia em Dois Solos com Texturas Contrastantes. *Revista Ciência Rural*, v. 33 n.1, p.67-70., 2003.

Stourgaard, B.; Jensen, C.; Jensen, N. H. *Simulation of Nitrate Leaching from Arable Land in a Danish Contry (1989 – 1992)*. Nitrogen Cycling and Leaching in Cool and West Regions of Europe – workshop. Gembloux; Belgium. 1992. 149p.

Tedesco, M.J. Nitrogênio. In: *Princípio da Fertilidade de Solo*. Departamento de Solos da UFRGS, 1995.p 73-98.

Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H. & Volkweiss, S.J. *Análise de Solo, Plantas e Outros Materiais*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

Wruck, F. J. *Mobilidade de Nitrato Cobre e Zinco, Provenientes do Efluente Líquido de Granja Suinícola, no Solo*. 1997. 84f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa.