

LIXIVIAÇÃO DE NITRATO EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM SOLOS ARGILOSO E ARENOSO

WALTER DA COSTA MENDES¹; JOSÉ ALVES JUNIOR²; PAULO CÉSAR RIBEIRO DA CUNHA³; ANDERSON RODRIGO DA SILVA⁴; ADÃO WAGNER PÊGO EVANGELISTA² E DERBLAI CASAROLI²

¹Prof. Mestre, Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, Urutaí, GO, CEP 75790-000. Doutorando, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia, Goiânia, GO. Fone (64) 92638918. E-mail: mendeswalter2@gmail.com

²Prof. Doutor, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás – Campus Samambaia, Goiânia, GO, CEP 74001-970. E-mail: josealvesufg@yahoo.com.br; awpego@bol.com.br; derblaicasaroli@yahoo.com.br

³Prof. Doutor, Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, Urutaí, GO, CEP 75790-000. E-mail: pcdacunha@hotmail.com

⁴Prof. Mestre, Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, Urutaí, GO, CEP 75790-000. E-mail: anderson.silva@ifgoiano.edu.br

1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de lâminas de água aplicadas em solo argiloso e arenoso, sobre a lixiviação de nitrato em colunas indeformadas de solo com 144 mm de diâmetro e 300 mm de altura. O experimento foi conduzido em ambiente protegido em Urutaí, Goiás. As colunas foram arranjadas em blocos completos casualizados com três repetições. Como fonte de Nitrogênio utilizou-se o nitrato de cálcio com 15,5% de Nitrogênio Total (N). Nas colunas adubadas foram aplicadas quatro lâminas de água, equivalentes a 50%, 100%, 150% e 200% da lâmina de água obtida pela diferença de massa das colunas dos tratamentos 100%. Essa diferença foi calculada entre a massa na capacidade de campo e a massa atual (momento de se realizar irrigação). As irrigações foram realizadas a cada três dias, por um período de 81 dias. Foi realizada análise conjunta dos dados de acordo com o fator Tempo. Posteriormente foi ajustado um modelo de superfície de resposta, de segundo grau completo, para estudo dos fatores Tempo e Água, para cada tipo de solo. A movimentação de N-NO₃ variou em função do tipo de solo e das lâminas de irrigação, sendo que a maior e mais rápida mobilidade vertical se deu no solo arenoso em relação ao solo argiloso.

Palavras-chave: colunas indeformadas de solo, textura do solo, manejo da água.

**MENDES, W. C.; ALVES JUNIOR, J.; CUNHA, P. C. R.; SILVA, A. R.;
EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, DERBLAI
NITRATE LEACHING IN FUNCTION OF IRRIGATION ON SOILS CLAYEY AND
SANDY**

2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of applied water levels on nitrate leaching on undisturbed soil columns (144 mm diameter and 300 mm high) filled with a clay and a sandy soil in soil column. The experiment was conducted in a greenhouse in Urutaí, Goiás. The

columns were arranged in a randomized complete block design with three replications. Calcium nitrate, with 15.5% of Total Nitrogen (N), was used as source of Nitrogen. Water depths equal to 50%, 100%, 150% and 200% of water depth corresponding to the mass difference of 100% treatment column were applied. This difference was calculated between the mass at field capacity and the current mass (time to carry out irrigation). Irrigation depths were applied every three days for a period of 81 days. Joint analysis was performed of data according to the time factor. It was later set a full second degree response surface model for the study of time and water factors for each type of soil. The movement of N-NO₃ varied depending on the soil type and irrigation levels, with the greater and more rapid upward mobility occurred in sandy soil from the ground clay.

Keywords: undisturbed soil cores, soil texture, water management.

3 INTRODUÇÃO

Um dos problemas que ocorrem, em razão do uso intensivo de fertilizantes em sistemas de cultivo, é a lixiviação, fenômeno que envolve complexa interação entre hidrologia do solo, absorção de água e nutrientes pelas plantas, e práticas de manejo (VAN ES; SOGBEDJI; SCHINDELBECK, 2006). Essa lixiviação é motivo de constante preocupação e exige monitoramento constantemente, para evitar a perda de nutrientes e causar poluição ambiental (SANTOS; FAGERIA; ZIMMERMANN, 2002).

Por ser um dos nutrientes mais absorvidos e muito exportado pelas plantas, o nitrogênio (N) deve ser repostado (SILVA et al., 2000). Vários fatores afetam a eficiência da adubação nitrogenada, podendo ocorrer perdas elevadas de N (BARBOSA FILHO; SILVA, 2001). Essas perdas variam muito em função do tipo de solo. Sangoi et al. (2003) observaram que as perdas de N foram numericamente maiores e mais rápidas no solo arenoso, com baixa CTC, do que no solo argiloso.

O nitrato (NO₃) no solo resulta diretamente do fertilizante nitrogenado aplicado ou da mineralização da matéria orgânica. Por outro lado, quando NO₃ na solução do solo não é absorvido pelas plantas ou imobilizado pela microbiota do solo, pode ser facilmente lixiviado, pois apresenta carga negativa e não é adsorvido pelos colóides do solo que apresentam predominantemente cargas negativas (PRIMAVESI et al., 2006). Correa, White e Weatherley (2006), avaliando os riscos de lixiviação de NO₃ em solo argiloso e arenoso, verificaram que cerca de 20% foi perdido na zona superficial até os 20 cm de profundidade em solo argiloso, enquanto que em solo arenoso essa perda variou de 42 a 76%.

A lixiviação de NO₃ é influenciada pela textura, quantidade de adubo aplicado, tipo de adubação, exigência e absorção de N pelas plantas, quantidade e frequência de precipitação pluvial, manejo da irrigação, condições de drenagem e dinâmica das transformações do N como mineralização, imobilização e desnitrificação (CAMPBELL et al., 1993). Íons de NO₃ por não serem retidos na fase sólida do solo, geralmente ficam dissolvidos em sua solução, e podem ser lixiviados em maior ou menor grau, em função da percolação da água ao longo do perfil do solo, reduzindo sua disponibilidade para as plantas, com riscos de contaminação das águas de superfície e subsuperfície (JADOSKI et al., 2010). De acordo com Santos, Fageria e Zimmermann (2002), o volume de água percolado tem sido relatado como o principal responsável pelas perdas de nutrientes.

As perdas de N-NO₃ no perfil do solo devem, então, ser monitoradas, especialmente em sistemas de produção intensivos, com elevado uso de insumos nitrogenados, para que sejam

tomadas medidas que promovam aumento da eficiência do uso do N aplicados, com a finalidade de possibilitar o gerenciamento de um sistema de produção economicamente sustentável, com produtos de qualidade e com mínimo impacto ambiental negativo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de lâminas crescentes de água aplicadas em solos argiloso e arenoso, sobre a lixiviação de N-NO₃ em colunas indeformadas de solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de março a agosto de 2014, sob ambiente protegido em casa de vegetação do setor de Olericultura do Câmpus Urutaí do Instituto Federal Goiano, em colunas indeformadas com dois solos de texturas contrastantes. O solo argiloso foi obtido na área do pivô central do Câmpus Urutaí, Estado de Goiás, apresentando como coordenadas geográficas 17° 28' 41" de latitude Sul e 48° 11' 35" de longitude Oeste, com altitude de 823 m. O solo arenoso foi obtido em área tradicional de produção agrícola, localizada no município de Ipameri, Goiás, apresentando como coordenadas geográficas 17° 40' 53" de latitude Sul e 48° 17' 11" de longitude Oeste, com altitude de 838 m. Em ambas as áreas as lavouras são manejadas sob sistema de semeadura direta. O clima das áreas, conforme classificação de Köppen é do tipo Cwa, caracterizado como tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso. As amostragens para análise química e granulométrica dos solos foram realizadas anteriores à instalação do experimento (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados das análises química e granulométrica dos solos das áreas experimentais, Urutaí – Goiás, 2014.

Solo	Camada (m)	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	K	N	M.O.	Argila	Silte	Areia
			cmolc dm ⁻³				mg dm ⁻³	(%)				
Argiloso ¹	0,00-0,10	5,76	1,05	0,59	0,1	4,95	170	0,06	3,1	45,3	12,2	42,5
	0,10-0,20	5,55	0,82	0,57	0,1	3,96	60	0,09	2,4	46,3	12,3	41,4
	0,20-0,30	5,27	0,65	0,36	0,1	3,80	50	0,08	2,0	44,1	14,0	41,9
Arenoso ²	0,00-0,10	5,99	5,68	1,07	0,0	4,29	90	0,07	2,5	22,1	9,7	68,2
	0,10-0,20	5,45	2,71	0,75	0,0	4,95	30	0,07	2,2	22,7	9,1	68,2
	0,20-0,30	5,09	1,33	0,64	0,3	3,63	20	0,04	1,6	24,5	7,4	68,1

¹Solo da área do pivô central do Câmpus Urutaí, Goiás

²Solo da área tradicional de produção agrícola em Ipameri, Goiás

A coleta dos monólitos de solo foi realizada utilizando-se tubos de PVC, com 350 mm de comprimento, 144 mm de diâmetro interno e 3 mm de espessura de parede, que foram introduzidos verticalmente no solo até 300 mm de profundidade, restando 50 mm do tubo livre na parte superior. O controle da profundidade foi realizado por meio da colocação de uma marca na parede externa dos tubos, aos 300 mm de altura (Figura 1). A extremidade do tubo introduzida no solo foi afiada pelo lado externo, e as paredes do tubo foram lubrificadas com vaselina. Esses procedimentos tiveram a finalidade de facilitar a coleta e diminuir um eventual atrito do solo com as paredes do tubo, o que poderia ocasionar distúrbio da estrutura e, por consequência, alterar a porosidade da coluna indeformada. As colunas foram retiradas do solo manualmente, cavando-se em volta dos tubos e retirando-os do solo.

Figura 1. Coleta dos monólitos de solo (A – introdução do tubo de PVC no solo; B – tubos de PVC inseridos no solo).



Depois de retiradas do solo, o fundo das colunas foram vedadas com tampas de PVC, para facilitar a retenção do solo. No centro da tampa, foi feito um orifício com 5 mm de diâmetro, onde foi conectada uma mangueira plástica de igual diâmetro, a fim de direcionar o fluxo do lixiviado diretamente para os frascos de coleta. As colunas foram acondicionadas em um suporte de madeira, em ambiente protegido, de maneira a permitir a colocação dos frascos de coleta embaixo delas (Figura 2). O experimento foi constituído por 8 tratamentos, arranjados em blocos completos casualizados com três repetições, onde cada coluna representando uma parcela.

Figura 2. Colunas acondicionadas em suporte de madeira, em ambiente protegido.



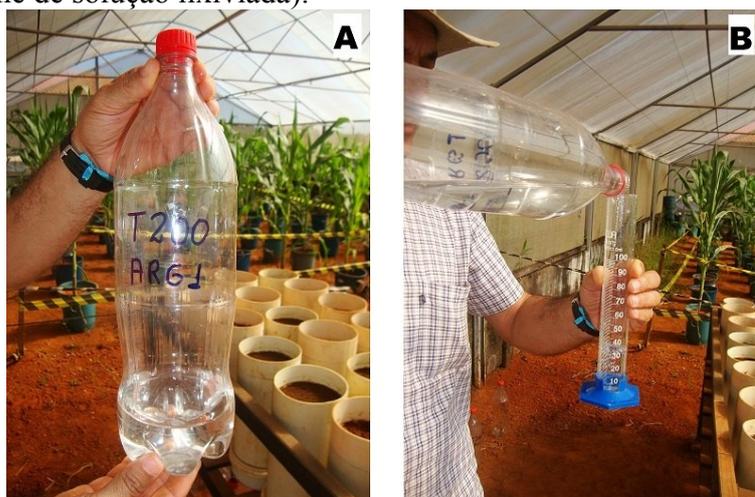
Em ambiente protegido, as colunas ficaram armazenadas durante 60 dias para perda de umidade, que após contração por desidratação formou-se um espaço entre a parede interna do tubo de PVC e a coluna de solo e utilizando silicone, esses espaços foram vedados nas bordas superiores das colunas na interface entre PVC e solo seco, com o objetivo de impedir que a água de percolação formasse um fluxo preferencial através da parede do tubo. Em seguida, os solos das colunas foram umedecidos, adicionando lentamente água deionizada pela parte

superior da coluna, com os drenos obstruídos, até atingir uma altura de água acima da superfície do solo de 30 mm, mantendo essa condição por 12 h, para completa saturação dos solos, sendo aplicado em média 1.929 ml nas colunas de solo arenoso e 2.033 ml nas colunas de solo argiloso.

Após o período de 12 h, foram abertos os drenos e quando o excesso de água foi drenado, mediu-se o volume da água percolada, em média 719 ml nas colunas de solo arenoso e 646 ml nas colunas de solo argiloso, sendo utilizado, portanto 1.210 ml no solo arenoso e 1.388 ml no solo argiloso para elevá-los à capacidade de campo. Realizou-se também a pesagem de todas as colunas para obtenção da massa na capacidade de campo. Deixou-se as colunas perdendo água por evaporação por três dias e em seguida foi realizada a adubação. Como fonte de N foi aplicado nitrato de cálcio com 15,5% de Nitrogênio Total (N), sendo 14,4% N-Nítrico e 1,1% N-Amoniacal, em quantidade equivalente a três vezes a dose normalmente aplicada em condições de campo na produção de grãos, com o objetivo de simular uma alta carga do elemento mineral em solução, e conseqüentemente, um potencial máximo de lixiviação (BERTOL et al., 2010). O adubo mineral utilizado em cada coluna foi dissolvido em um pequeno volume de água deionizada (10 ml), para facilitar a distribuição na superfície da coluna de solo, sendo aplicada em cada coluna a quantidade de 3.152 mg de nitrato de cálcio, o que equivale a 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Sobre as colunas adubadas foram aplicadas quatro lâminas de água complementares, equivalentes a 50%, 100%, 150% e 200% da lâmina de água obtida pela média da diferença de massa das colunas dos tratamentos 100%. Essa diferença foi calculada entre a massa na capacidade de campo e a massa atual (momento de se realizar irrigação). As irrigações foram realizadas manualmente, com auxílio de uma seringa a cada três dias, por um período de 81 dias. Na mesma periodicidade, foi coletada a solução do solo em cada coluna, mensurando o volume e a concentração do nitrogênio mineral (nitrato), sem filtragem ou digestão da solução (Figura 3). O cálculo da quantidade perdida de N-NO₃ foi feito multiplicando-se a concentração pelo volume de água percolado em cada coleta lixiviada.

Figura 3. Coleta de lixiviado (A – frasco contendo solução lixiviada; B – mensuração do volume de solução lixiviada).



As quantidades de lâminas de água (mm) aplicadas ao longo dos 81 dias do experimento nas colunas de solos arenosos e argilosos estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidades acumuladas de lâminas de água (mm) aplicadas ao longo de 81 dias nas colunas de solo argiloso (ARG) e arenoso (ARE), Urutaí – Goiás, 2014.

Tempo (dias)	Lâmina de irrigação							
	50%		100%		150%		200%	
	ARG	ARE	ARG	ARE	ARG	ARE	ARG	ARE
81	125	97	250	194	375	291	500	388

50%, 100%, 150% e 200% representam a % de água aplicada por irrigação com base na diferença de massa da coluna irrigada a 100%.

Com o auxílio do programa R versão 3.1.2, os dados foram submetidos a testes de média e posteriormente foi ajustado um modelo de superfície de resposta de segundo grau completo, e gráficos de linhas para estudo dos fatores Tempo e Água, para cada tipo de solo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelas quantidades acumuladas de NO₃ (mg) lixiviada ao longo de 81 dias nos dois tipos de solos e nas diferentes lâminas de água aplicadas (Tabela 3), observa-se que entre os tipos de solo dentro de cada tratamento, apenas o tratamento com lâminas de irrigação de 150% apresentou diferença significativa, sendo que a lixiviação de NO₃ no solo arenoso para esse tratamento foi 244% superior em comparação ao solo argiloso. A não apresentação de diferença significativa entre os tipos de solo no tratamento com 200% de lâmina de irrigação, provavelmente se deu porque, a força de adsorção de NO₃ pelos colóides do solo ser muito fraca, aliada a alta aplicação de água, pode ter contribuído para a lixiviação de altos valores de NO₃ também no solo argiloso pelo grande movimento descendente de água no solo.

Tabela 3. Quantidade acumulada de NO₃ (mg) lixiviada ao longo de 81 dias em solo argiloso (ARG) e arenoso (ARE), em função de diferentes lâminas de irrigação, Urutaí – Goiás, 2014.

Tempo (dias)	Lâmina de irrigação							
	50%		100%		150%		200%	
	ARG	ARE	ARG	ARE	ARG	ARE	ARG	ARE
81	0,00c	0,00c	43,83c	151,00c	851,10b	2077,00a	2063,77a	2270,40a

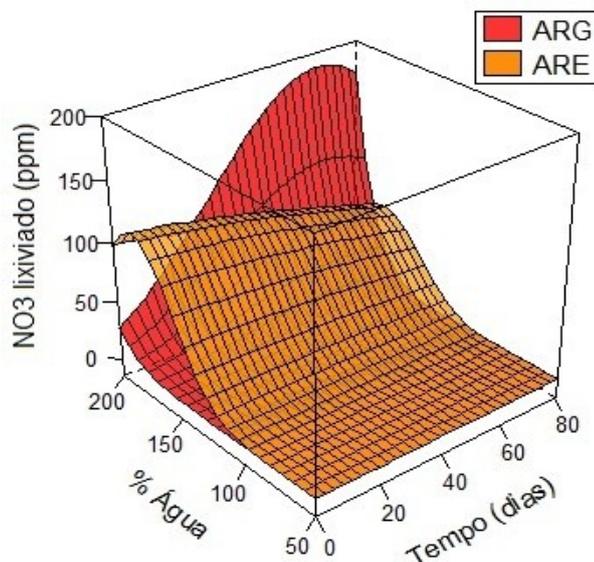
Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem ($p > 0,01$) pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade de erro. 50%, 100%, 150% e 200% representam a % de água aplicada por irrigação com base na diferença de massa da coluna irrigada a 100%.

Com relação às diferentes lâminas de água houve diferença significativa entre as quantidades lixiviadas de NO₃ entre as lâminas de 100% e 150%. No tratamento com lâminas de 100% a lixiviação de NO₃ no solo argiloso representou 1,40% do total aplicado na coluna (TAC) e no arenoso 4,79% do TAC, enquanto que no tratamento com lâminas de 150% o solo argiloso lixiviou 27,00% do TAC e o arenoso 65,89% do TAC. Já na comparação dos tratamentos com lâminas de água de 150% e 200%, só houve diferença significativa em relação ao NO₃ lixiviado para o solo argiloso, que lixiviou 27,00% do TAC no tratamento com lâmina de 150% e 65,47% do TAC no tratamento com lâmina de 200%.

Perdas percentuais de NO₃ próximas ou superiores a 100% do aplicado foram encontradas também em outros estudos (BERTOL et al., 2005; PIOVESAN et al., 2009)

Para estudo dos fatores Tempo e Água, para cada tipo de solo, foi ajustado um modelo de superfície de resposta de segundo grau completo. A escolha do modelo foi baseada no valor do coeficiente de determinação múltiplo (R²). O ajuste do modelo está apresentado no plano tridimensional (Figura 4).

Figura 4. Modelo de superfície de resposta de segundo grau completo, baseada no valor do coeficiente de determinação múltiplo (R^2).



Pelas equações de regressão ajustadas (1 e 2), observa-se que para ambos os tipos de solo houve efeito expressivo das lâminas de água sobre a quantidade de NO_3 lixiviado.

$$\text{NO}_3_{\text{ARE}} = (-1,5392 - 0,00167 \times T - 0,00001 \times T^2 + 0,03458 \times A - 0,00009 \times A^2 - 0,000012 \times TA)^{10} \quad (1)$$

$$R^2 = 0,81$$

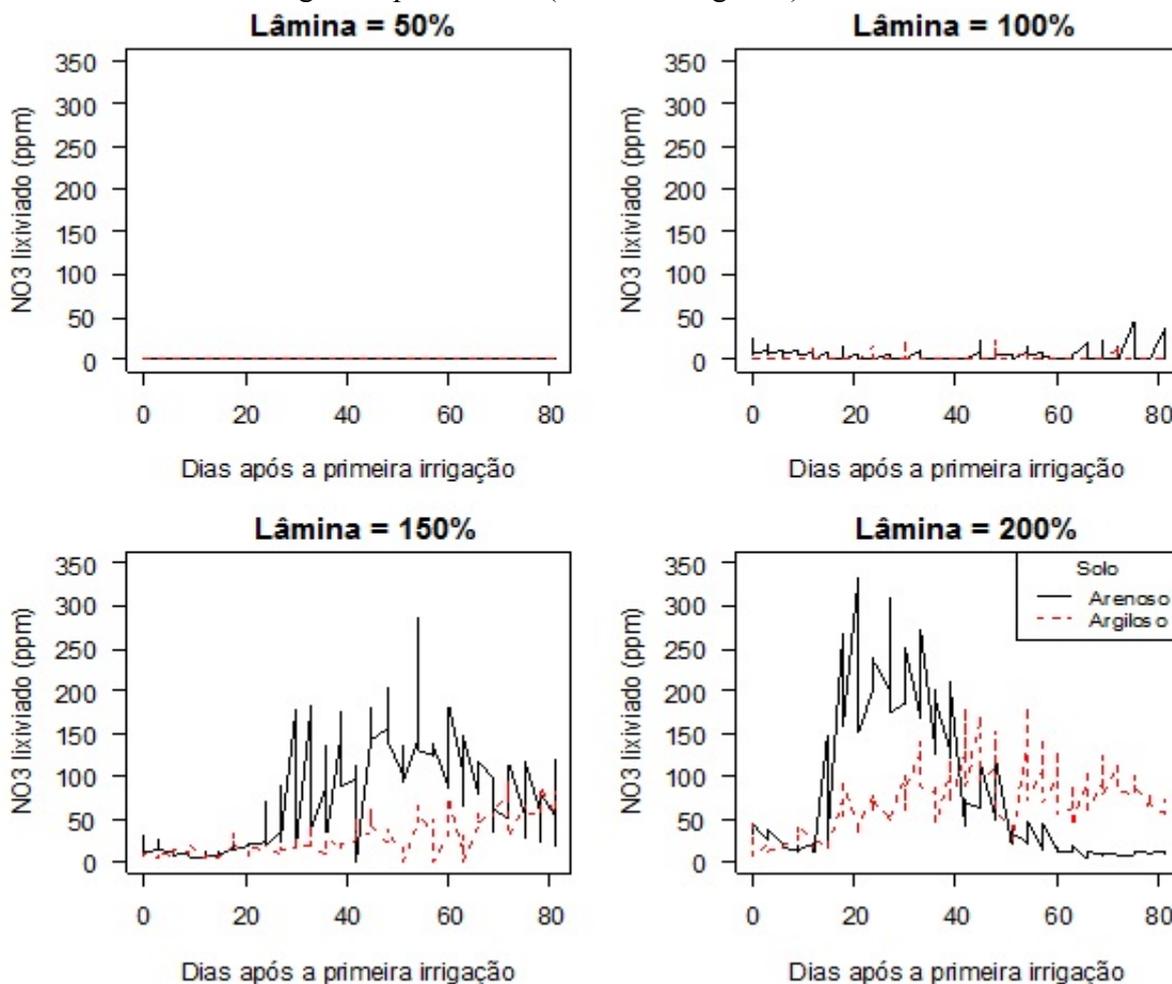
$$\text{NO}_3_{\text{ARG}} = (-0,7821 - 0,00385 \times T - 0,00007 \times T^2 + 0,01321 \times A - 0,00001 \times A^2 + 0,00002 \times TA)^{10} \quad (2)$$

$$R^2 = 0,79$$

Para o solo argiloso houve efeito apenas do termo linear, enquanto que para o solo arenoso houve efeito quadrático, comportamento que pode ser notado principalmente em lâminas superiores a 100%. Diferenças entre os tipos de solo podem ser verificadas mais claramente em lâminas de água em torno de 150%, ao longo de todo o período estudado.

As superfícies de resposta, de segundo grau completo, são o resultado do ajuste de modelos. Então, elas são “suaves”, isto é, não mostram as variações específicas ou muito localizadas dos dados, mas sim a tendência geral. Já com os gráficos de linha é possível analisar mais pontualmente as alterações dos dados (Figura 5).

Figura 5. Quantidade de NO_3 no efluente lixiviado em relação ao tempo, para diferentes lâminas de água e tipos de solo (arenoso e argiloso).



Nos gráficos de linha é possível visualizar, que não houve coleta de efluente lixiviado nas colunas com lâminas de água de 50%. Nas colunas com lâminas de água de 100%, houve coleta de lixiviado em algumas aplicações, tanto em solo arenoso como em solo argiloso, mas sempre com baixos valores de NO_3 , no acumulado não chegando a 5% do TAC. Pelos solos terem sido retirados de áreas de plantio direto, as lixiviações em algumas colunas desse tratamento podem ter ocorrido devido a um fluxo preferencial em canais formados no solo pelo apodrecimento de raízes, predominantemente de gramíneas.

Nas colunas com lâminas de água de 150%, no o solo arenoso a partir de 24 dias após a primeira irrigação (DAPI), começou a aparecer valores de NO_3 na solução lixiviada em torno de 32 mg, 1,00% do TAC, que vão crescendo, até atingir os maiores valores em torno de 180 mg, 5,71% do TAC por volta de 54 DAPI, depois apresenta um decaimento ao longo do tempo, chegando aos 81 DAPI em torno de 60 mg, 1,90% do TAC. Já o solo argiloso, só começou a aparecer valores de NO_3 na solução lixiviada com valores em torno de 32 mg, 1,00% do TAC aos 42 DAPI, atingindo os maiores valores em torno de 70 mg, 2,22% do TAC nas últimas irrigações. De acordo com Correa et al. (2006) em elevadas aplicações de água, a taxa de lixiviação de íons NO_3 é maior e mais rápida em solos arenosos. Por apresentarem maior número de macroporos, o que facilita o movimento do soluto nesse solo por fluxo de massa, e

serem em geral pobres de matéria orgânica eles possuem baixa capacidade para reter o NO_3 , tendendo a permanecer mais em solução, sujeito então ao processo de lixiviação.

Nas colunas com lâminas de água de 200%, o solo arenoso apresentou já nas primeiras irrigações, valores de NO_3 na solução lixiviada em torno de 32 mg, 1,00% do TAC, atingindo os maiores valores, acima de 200 mg, 6,35% do TAC entre 18 e 33 DAPI, seguindo depois um decaimento, chegando ao final do experimento em torno de 10 mg, 0,32% do TAC. Já o solo argiloso começou a aparecer valores de NO_3 na solução lixiviada com valores em torno de 32 mg, 1,00% do TAC aos 9 DAPI, atingindo os maiores valores, em torno de 145 mg, 4,60% do TAC por volta de 45 DAPI, mostrando depois um decaimento, chegando ao final do experimento em torno de 70 mg, 2,22% do TAC. Portanto a maior parte do NO_3 lixiviado no solo arenoso nesse tratamento se deu na primeira metade do experimento e no solo argiloso na segunda metade.

6 CONCLUSÕES

Lâminas crescentes de irrigação influenciam na lixiviação de NO_3 , quanto maior a lâmina de água maior a perda do íon NO_3 para ambos os solos, sendo que a maior e mais rápida mobilidade vertical ocorre no solo arenoso, principalmente em maiores lâminas de água, 150 e 200%.

7 REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com uréia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. 1, n. 93, p. 1-5, 2001.
- BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J. Perdas de nitrogênio via superfície e subsuperfície em sistema de semeadura direta. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 3, p. 429-443, 2005.
- BERTOL, O. J.; FEY, E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J.; RIZZI, N. E. Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistema de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1841-1850, 2010.
- CAMPBELL, C. A.; ZENTNER, R. P.; SELLES, F.; AKINREMI, O. O. Nitrate leaching as influenced by fertilization in the Brown soil zone. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 73, n. 4, p. 387-397, 1993.
- CORREA, R. S.; WHITE, R. E.; WEATHERLEY, A. J. Risk of nitrate leaching from two soils amended with biosolids. **Water Resources**, v. 33, n. 4, p. 453-462, 2006.
- JADOSKI, S. O.; SAITO, L. R.; PRADO, C.; LOPES, E. C.; SALES, L. L. S. R. Características da lixiviação de nitrato em áreas de agricultura intensiva. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v3, n. 1, p. 193-200, 2010.

PIOVESAN, R. P.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V.; REISSMANN, C. B. Perdas de nutrientes via subsuperfície em colunas de solo sob fertilização mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 757-766, 2009.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Lixiviação de nitrato em pastagem de coastcross adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 683-690, 2006.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 687-692, 2003.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura do arroz e irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 12-16, 2002.

SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; CHIDI, S. N.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura agrônômica**, Ilha Solteira, v. 9, n. 1, p.1-17, 2000.

VAN ES, H.M.; SOGBEDJI, J.M.; SCHINDELBECK, R.R. Effect of manure application timing, crop, and soil type on nitrate leaching. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, n. 2, p. 670-679, 2006.