

EFEITOS DO TAMANHO DE AGREGADOS E DA MICROBIOTA SOBRE O NITRATO, EM UM LATOSSOLO VERMELHO ESCURO

COELHO, F. C.¹, RUIZ, H. A.², FRANÇA, G. E. de³ e CANTARUTTI, R. B.⁴

¹Prof. Assoc.-LFIT/CCTA/UENF (fcoelho@uenf.br), ²Prof. Tit.- UFV (hruiz@mail.ufv.br), ³ Pesq. CNPMS/EMBRAPA (franca@cnpms.embrapa.br), ⁴Prof. Adj.-UFV (cantarutti@mail.ufv.br)

Palavras-chave: nitrato, microbiota, transporte, agregados, Latossolo Vermelho-Escuro

No Brasil, o nitrogênio é um dos nutrientes que mais limita a produção de grãos. Seu elevado custo, o mais caro em termos de energia por tonelada produzida, e a recente preocupação com a poluição do meio ambiente, têm determinado mais pesquisas direcionadas para a melhoria da eficiência de utilização de adubos nitrogenados. Além dos prejuízos causados pelas perdas de nitrogênio, a contaminação de aquíferos e mananciais, cuja água é utilizada no consumo humano, é outro problema a ser considerado. FRANÇA *et alii* (1986) observaram que a dinâmica do NO₃⁻ no perfil de um latossolo acompanhou a movimentação da água, sendo observada, no período chuvoso, uma movimentação do NO₃⁻ da camada de 20 - 40 cm para a de 40 - 60 cm de profundidade. Estas águas, contendo concentrações de nitrato acima de 50 mg L⁻¹, quando utilizadas no consumo humano, podem causar doenças como a metahemoglobinemia (SCHEPERS *et alii*, 1991). FRANCIS & SCHEPERS (1994) verificaram que em solos permeáveis, as perdas de nitrogênio por lixiviação podem ser minimizadas por meio do parcelamento da adubação. Apesar de geralmente se utilizar a forma amoniacal como fonte de nitrogênio nas adubações, o NH₄⁺ pode ser rapidamente oxidado no solo para a forma nítrica, em solos com boa aeração (ADDISCOTT *et alii*, 1983; ATLAS & BARTHA, 1993). O íon NO₃⁻, em razão da predominância de cargas negativas no solo, é transportado com facilidade, enquanto o NH₄⁺, dado a adsorção pelo complexo coloidal, é menos lixiviado. Em condições de maior residência da água da chuva ou da irrigação, o nitrogênio adicionado ao solo pode difundir para o interior dos agregados maiores. Nestas circunstâncias, apesar das restrições na absorção do nutriente pela planta e do aumento do processo de desnitrificação, a lixiviação de nitrato pode ser bastante reduzida (ADDISCOTT *et alii*, 1983 & WIERSUM, 1962). O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da atividade biológica sobre as transformações e transporte de nitrogênio em diferentes classes de agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro. O trabalho foi realizado com agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro álico, A moderado, textura argilosa, fase relevo suave ondulado amostrado sob vegetação de cerrado e sob área limpa, previamente cultivada com milho durante vários anos, localizado no Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo/EMBRAPA, Sete Lagoas, MG. Cada amostra de solo foi composta de quatro amostras simples retiradas em locais diferentes das áreas na profundidade de 0 a 5 cm. Foram separadas por via seca quatro classes de agregados: [2,0 a 1,0 (A₁); 1,0 a 0,5 (A₂) e 0,5 a 0,25 (A₃) e 0,25 a 0,105 (A₄) mm]. Posteriormente, determinou-se a composição granulométrica pelo método da pipeta, a densidade aparente pelo método da proveta, o pH em água, o carbono orgânico, a CTC efetiva e a total (EMBRAPA, 1979) o N-NO₃⁻ e o N-NH₄⁺ (TEDESCO *et alii*, 1985) de cada classe (Quadro 1). A unidade experimental foi constituída de uma coluna de vidro de 2 cm de diâmetro interno e 30 cm de comprimento, contendo uma tela plástica e esferas de vidro, de aproximadamente 5 mm de diâmetro, sobrepostos por uma fina camada de lã de vidro, na parte basal, para evitar perda de material

de solo. A extremidade inferior da coluna era afunilada e conectada com uma mangueira de látex com pinça de Hoffmann para regular a vazão. As colunas foram preenchidas com agregados até os 5 cm da borda superior e os materiais foram cobertos com lã de vidro para evitar o contato direto com o fluido de saturação ou de eluição. O ensaio foi realizado em condições de laboratório, cujos tratamentos corresponderam a um fatorial 2×4 , sendo: vegetação de cobertura (cerrado e milho); presença e ausência de esterilização do solo com brometo de metila; quatro classes de agregados (A_1 , A_2 , A_3 e A_4); dispostos em um esquema de parcela subdividida no tempo, em que a parcela constituiu o período de amostragem do fluido percolado, após eluição com água destilada, a cada dois dias em condição de saturação, totalizando seis amostragens (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias após a primeira percolação). Os agregados dos tratamentos com esterilização sofreram exposição ao brometo de metila, por um período de 24 horas, antes de serem acondicionados nas colunas. Após montados os sistemas de percolação foram percoladas, de forma ascendente com o auxílio de frascos de Mariotte, a solução de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ à $10.000 \mu\text{moles L}^{-1}$ de N até saturação. Posteriormente cada sistema foi mantido em condição próxima à capacidade de campo retirando-se a conexão da parte basal das colunas com os frascos de Mariotte deixando-se a solução das colunas escoarem. As colunas com os agregados foram incubadas por sete dias após o qual foi feita esterilização de todos os sistemas com vapor de clorofórmio para paralisação da atividade microbiológica em todos os tratamentos. Foi então efetuada a eluição com água destilada, após cada intervalo de dois dias de saturação dos sistemas, sendo coletado um volume correspondente a duas vezes o volume de poros em cada eluição. Nas soluções efluentes foram determinadas as concentrações de N-NO_3^- e N-NH_4^+ (TEDESCO *et alii*, 1985). Foi realizada a análise de variância dos fatores em estudo seguida de teste de média para se avaliar o efeito das classes de agregados para cada cobertura vegetal, fonte de nitrogênio e esterilização e análise de regressão para os dados dos teores de nitrato e amônio em função dos intervalos de coleta em dias. As classes de agregados do solo sob cerrado, submetidas à esterilização (CCE) ou não esterilizadas (CSE), com diâmetros de 2,0 a 1,0 (A_1); 1,0 a 0,5 (A_2) e 0,5 a 0,25 mm (A_3) apresentaram efluentes da primeira eluição com concentrações de nitrato semelhantes entre si (Figura 1), entretanto, os agregados de tamanho 0,25 a 0,105 mm (A_4), não esterilizados (CSE), apresentaram efluente com concentração de nitrato aproximadamente cinco vezes menor que a dos demais agregados, porém, quando submetidos à esterilização (CCE) apresentaram teor de nitrato em média duas vezes superior à dos efluentes das demais classes (Figura 1). Da mesma forma como ocorreu para a CSE e CCE, as classes de agregados A_1 , A_2 e A_3 do solo sob cultivo de milho, não submetidas à esterilização (MSE) apresentaram concentrações de nitrato menores nos efluentes da primeira eluição que o dos agregados de menor tamanho (A_4), entretanto, quando submetidos à esterilização (MCE) estes apresentaram teor de nitrato superior à dos efluentes das demais classes (Figura 1). Os efluentes dos agregados A_1 , A_2 e A_3 do MSE apresentaram teores de nitrato semelhantes, enquanto, para o MCE o efluente do A_3 apresentou teor de nitrato maior que o dos agregados A_1 e A_2 (Figura 1). Sob atividade da microbiota (CSE e MSE), certamente, em A_4 ocorreu maior desnitrificação em comparação às demais classes de agregados. CARVALHO (1998) verificou que quanto menor o tamanho dos agregados maior a sua capacidade de retenção de umidade e, conseqüentemente, maior a condição de anaerobiose. É sabido que, condições anaeróbicas com restrição de O_2 favorecem a desnitrificação (ATLAS & BARTHA, 1993). Desta forma, bactérias anaeróbicas facultativas utilizam os óxidos NO_3^- e NO_2^- como aceptores finais de elétrons no lugar do oxigênio, na fosforilação oxidativa na cadeia de transporte de elétrons da respiração. Os produtos finais, N_2O , ou NO , ou N_2 , volatilizam (SIQUEIRA, 1993), sendo que os primeiros podem trazer danos à camada de ozônio da atmosfera terrestre. A maior concentração de NO

3- no efluente do A₄, em condições de esterilização (Figura 1), pode estar relacionada à maior retenção da solução de Ca(NO₃)₂ nos microporos (CARVALHO, 1998), enquanto, as demais classes, que, por possuir uma maior percentagem de poros maiores, deixaram escoar maior quantidade da solução quando as colunas foram deixadas em condições próximas à capacidade de campo, restando menos nitrato, e, por conseguinte, resultando em efluente menos concentrado na primeira eluição. A partir da primeira eluição não houve diferença significativa entre os teores de nitrato das soluções efluentes das quatro classes de agregados avaliadas, ocorrendo, em média, 174; 18; 15; 13 e 13 μmoles L⁻¹ de nitrato nas cinco eluições sequenciais aos dois; quatro; seis; oito e 10 dias após a primeira eluição. Isto ocorreu devido ao ânion NO₃⁻ ser facilmente lixiviável, assim, na primeira eluição ele foi praticamente totalmente retirado do sistema. As regressões obtidas para avaliar o efeito do período de tempo em dias em estado de saturação com água, sobre o teor de nitrato do efluente, foram de maneira geral, cúbicas raiz e raiz quadráticas (Quadro 2) com decréscimo acentuado dos teores do ânion a partir da primeira eluição. Isso indica a baixa retenção do nitrato no sistema adsorvido e a sua facilidade em ser lixiviado. Tal fato foi confirmado pela análise dos agregados de todas as classes após a última eluição que revelou ausência de nitrato prontamente disponível. A vegetação, o tamanho dos agregados, os dias em estado de saturação, assim como a esterilização com brometo de metila não afetaram significativamente o teor de amônio dos efluentes, que apresentaram, em média, teor de 220 μmoles L⁻¹ de amônio. Este resultado indica que a diminuição mais pronunciada do teor de nitrato no efluente do A₄ está relacionada principalmente à desnitrificação, pois, caso o teor de amônio se apresentasse maior no efluente desta classe de agregados, poderia-se supor que tivesse ocorrido a predominância da amonificação do nitrato, que tem como produto o amônio como relatado por ATLAS e BARTHA (1993).

LITERATURA CITADA

- ADDISCOTT, T.M.; THOMAS, V.H. & JANJUA, M.A. Measurement and simulation of anion diffusion in natural soil aggregates and clods. *J. Soil Sci.*, **34**:709-721, 1983.
- ARAÚJO, C.A.S. *Movimento de fósforo e de macronutrientes catiônicos em agregados de um latossolo vermelho-escuro*. Viçosa, MG, UFV, 1997. 121p. (Tese D.S.)
- ATLAS, R. M. & BARTHA, R. *Microbial Ecology – Fundamentals and Applications*. 3rd ed. N. York, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1993.
- CARVALHO, M.A. *Retenção de água e outros atributos físicos de agregados de um latossolo vermelho-escuro*. Viçosa, MG, UFV, 1998. 83p. (Tese D.S.)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. s.n.p.
- FRANÇA, G. E., BAHIA FILHO, A. F. C., PARENTONI, S. N. *et alii* Dinâmica de nitrogênio em dois tipos de solos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - EMBRAPA - CNPMS. *Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo 1980 - 1984*. Sete Lagoas, 1986. p. 50 - 1.
- FRANCIS, D.D. & SCHEPERS, J.S. Nitrogen uptake efficiency in maize production using irrigation water high in nitrate. *Fertilizer Res.*, **39**:239-244, 1994.
- JACKSON, M. L. Organic matter determination for soil. In: JACKSON, M. L. ed. *Soil chemical analysis*, New Jersey, Prentice-Hall, 1958. p. 205-226.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A. Nitrogen. In: PRINCIPLES of plant nutrition. Switzerland:

International Potash Institute, 1982. p. 335 - 68.

SCHEPERS, J.S.; MARTIN, D.L.; WATTS, D.G. & FERGUSON, R.B. Integrated water and nitrogen management. In: BOGÁRDI, I. & KUZELKA, R.D. (eds.), **NITRATE CONTAMINATION**. Berlin, Springer-Verlag, 1991. p.163-171.

SIQUEIRA, J. O. *Biologia do Solo*. Lavras, ESAL/FAEPE. 1993.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEM, H. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, UFRS, 1985. s.n.p. (Boletim Técnico, 5)

WIERSUM, L.K. Uptake of nitrogen and phosphorus in relation to soil structure and nutrient mobility. *Pl. Soil*, **16**:62-69, 1962.

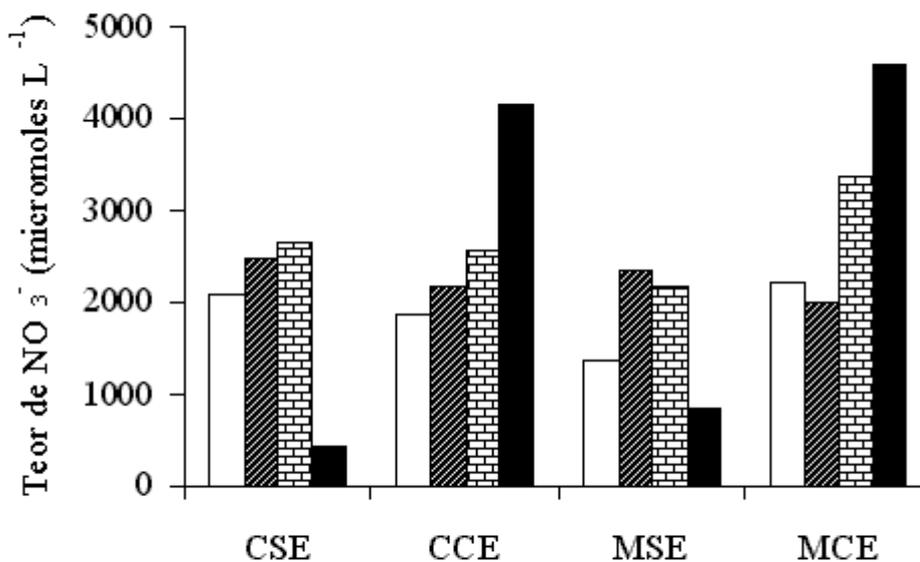
QUADRO 1 - Caracterização química e física dos agregados do Latossolo Vermelho-Escuro

Característica	Classe de Agregados (mm)			
	2,0-10	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,105
	CERRADO			
pH em água (12,5)	5,3	5,0	5,2	5,2
CTC efetiva (mmol dm ⁻³)	24,3	26,5	29,4	29,8
CTC total (mmol dm ⁻³)	95,9	100,3	112,8	120,1
Carbono orgânico (kg kg ⁻¹) ⁽¹⁾	0,031	0,033	0,034	0,037
NO ₃ ⁻ (mmol dm ⁻³)	91	88	74	96
NH ₄ ⁺ (mmol dm ⁻³)	124	122	153	112
- Areia (kg kg ⁻¹) ⁽²⁾	0,27	0,22	0,16	0,14
- Silte (kg kg ⁻¹) ⁽²⁾	0,17	0,23	0,26	0,22
- Argila (kg kg ⁻¹) ⁽²⁾	0,56	0,55	0,58	0,64
Densidade aparente (kg dm ⁻³) ⁽³⁾	0,91	0,92	0,90	0,90
	MILHO			
pH em água (12,5)	5,2	5,1	5,1	5,0
CTC efetiva (mmol dm ⁻³)	23,3	25,9	28,4	28,6
CTC total (mmol dm ⁻³)	92,9	99,3	110,9	114,1
Carbono orgânico (kg kg ⁻¹) ⁽¹⁾	0,025	0,028	0,032	0,033
NO ₃ ⁻ (mmol dm ⁻³)	92	86	101	103
NH ₄ ⁺ (mmol dm ⁻³)	85	94	107	112
- Areia (kg kg ⁻¹) ⁽²⁾	0,31	0,25	0,17	0,14
- Silte (kg kg ⁻¹) ⁽²⁾	0,16	0,20	0,27	0,24
- Argila (kg kg ⁻¹) ⁽²⁾	0,53	0,55	0,56	0,62
Densidade aparente (kg dm ⁻³) ⁽³⁾	0,92	0,94	0,93	0,91

(1) Método de Walkley e Black (JACKSON, 1958). (2) Método da pipeta e (3) Método da proveta (EMBRAPA, 1979).

QUADRO 2- Equações de regressão relacionando o teor de nitrato (\hat{Y}) no efluente, em μ moles L⁻¹, com o tempo de difusão (D), após lixiviações com dois volumes de poros com água destilada

Tratamento	Agregados	Equações de regressão	R ²
	mm		
Cerrado / Sem esterilização (CSE)	2,0 - 1,0	$\hat{Y} = 2080,96 - 2440,01^{**}D^{0,5} + 945,308^{**}D - 120,346^{**}D^{1,5}$	0,999
	1,0 - 0,5	$\hat{Y} = 2483,12 - 3325,85^{**}D^{0,5} + 1440,60^{**}D - 201,542^{**}D^{1,5}$	0,999
	0,5 - 0,25	$\hat{Y} = 2648,08 - 3713,63^{**}D^{0,5} + 1662,58^{**}D - 238,382^{**}D^{1,5}$	0,999
	0,25 - 0,105	$\hat{Y} = 449,662 - 607,921^{**}D^{0,5} + 270,335^{**}D - 38,6044^{**}D^{1,5}$	0,999
Cerrado / Com esterilização (CCE)	2,0 - 1,0	$\hat{Y} = 1862,57 - 975,782^{**}D^{0,5} - 62,9822^{**}D + 60,1043^{**}D^{1,5}$	0,993
	1,0 - 0,5	$\hat{Y} = 2187,81 - 2982,71^{**}D^{0,5} + 1309,67^{**}D - 185,115^{**}D^{1,5}$	0,999
	0,5 - 0,25	$\hat{Y} = 2562,52 - 3575,67^{**}D^{0,5} + 1595,51^{**}D - 228,225^{**}D^{1,5}$	0,999
	0,25 - 0,105	$\hat{Y} = 4146,85 - 5798,06^{**}D^{0,5} + 2587,29^{**}D - 370,108^{**}D^{1,5}$	0,999
Milho / Sem esterilização (MSE)	2,0 - 1,0	$\hat{Y} = 1348,18 - 676,899^{**}D + 105,441^{**}D^2 - 5,12405^{**}D^3$	0,996
	1,0 - 0,5	$\hat{Y} = 2319,49 - 2085,65^{**}D^{0,5} + 442,016^{**}D$	0,977
	0,5 - 0,25	$\hat{Y} = 2133,49 - 1927,25^{**}D^{0,5} + 409,789^{**}D$	0,975
	0,25 - 0,105	$\hat{Y} = 833,811 - 743,785^{**}D^{0,5} + 157,903^{**}D$	0,976
Milho / Com esterilização (MCE)	2,0 - 1,0	$\hat{Y} = 2231,17 - 1506,68^{**}D^{0,5} + 251,425^{**}D$	0,981
	1,0 - 0,5	$\hat{Y} = 2019,05 - 1563,71^{**}D^{0,5} + 297,272^{**}D$	0,997
	0,5 - 0,25	$\hat{Y} = 3310,43 - 2959,03^{**}D^{0,5} + 623,986^{**}D$	0,979
	0,25 - 0,105	$\hat{Y} = 4520,27 - 4035,33^{**}D^{0,5} + 849,672^{**}D$	0,980



□ 2,0 - 1,0 mm ▨ 1,0 - 0,5 mm ▩ 0,5 - 0,25 mm ■ 0,25 - 0,105 mm

Figura 1- Teor de nitrato no efluente da primeira eluição com água destilada considerando as classes de agregados das amostras: sob cerrado, sem esterilização (CSE); sob cerrado, com esterilização (CCE); sob milho, sem esterilização (MSE) e; sob milho, com esterilização (MCE). As médias seguidas pelas mesmas letras dentro de cada vegetação e esterilização não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan

