

Modelagem do movimento de água e estimativa do potencial de perdas por lixiviação dos íons NO_3^- , K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} .

M.I.L. de Oliveira⁽¹⁾, F.A.M. Silva⁽²⁾, W.J. Goedert⁽³⁾, L. Vilela⁽⁴⁾ & T. Becquer⁽⁵⁾.

RESUMO - O objetivo desse trabalho foi simular o fluxo vertical de água no solo utilizando o modelo SARRA, associar estes dados com os de concentrações de íons na solução do solo, na profundidade de 150 cm e, assim, estimar o potencial de perdas por lixiviação dos íons: NO_3^- , K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} , em áreas submetidas aos seguintes sistemas de cultivo: lavoura contínua, pastagem contínua e integração lavoura-pecuária. Para isso, fez-se uso de cápsulas porosas instaladas no perfil do solo na profundidade de 150 cm, para coletar as amostras da solução do solo em seis diferentes datas ao longo dos anos 2005 e 2006. Em seguida, determinaram-se, no laboratório, as concentrações dos íons NO_3^- , K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} . As perdas dos íons por lixiviação foram estimadas a partir do produto da drenagem gerada pelo modelo, pelas concentrações dos íons na solução do solo a 150 cm. Em termos médios, o fluxo vertical de íons no perfil do solo, apresentou concentrações na seguinte ordem de grandeza: $\text{NO}_3^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Em termos comparativos entre os sistemas de cultivo, o potencial de perdas por lixiviação destes íons na solução do solo, mostrou a seguinte seqüência: lavoura contínua sob preparo convencional > lavoura contínua sob plantio direto > integração lavoura-pecuária > pastagem contínua. O modelo SARRA se constitui numa ferramenta útil para estimar o fluxo vertical de água no solo e as perdas por lixiviação.

Palavras chave: solução do solo, fluxos hídricos, perdas de nutrientes.

Introdução

O monitoramento da dinâmica dos íons é um processo complexo e necessita de informações relativas à sua concentração na solução do solo e à evolução da drenagem da água no perfil. A determinação da concentração dos íons na solução do solo é geralmente feita com o uso de técnicas que coletam diretamente a solução do solo [1]. O monitoramento no campo da drenagem necessita de um conjunto de metodologias para determinar a umidade do solo (TDR, sonda de nêutrons) e sucção do solo (tensiômetros), sendo processos que requerem maior dedicação, o que dificulta a sua obtenção.

Uma alternativa bastante utilizada para estimar a drenagem é o uso de modelos de simulação do balanço hídrico. Atualmente, são vários os modelos disponíveis

para a estimativa da drenagem [2, 3], porém, poucos são simples de usar e necessitam de um pequeno conjunto de dados. Modelos mais simples como o SARRA, proposto por FOREST & CLOPES [4], têm sido amplamente utilizados no Brasil [5, 6] e, se mostrado eficiente na simulação do balanço hídrico das culturas.

O objetivo desse trabalho foi simular o fluxo vertical de água no solo, associar estes dados com os de concentrações de íons na solução do solo à profundidade de 150 cm e, assim, estimar o potencial de perdas por lixiviação dos seguintes íons: NO_3^- , K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} , em diferentes sistemas de cultivos, envolvendo: lavoura contínua, pastagem contínua e integração lavoura-pecuária. Complementarmente, o movimento de água e íons foi avaliado em solo sob lavoura contínua, com preparo convencional e plantio direto.

Material e métodos

O experimento foi implantado no ano de 1991, porém, o trabalho foi conduzido durante os anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006, na área experimental da Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina-DF, a 1.200m acima do nível do mar, segundo as coordenadas 15° 35' de latitude Sul e 47° 42' 30' de longitude Oeste. Do ponto de vista climático, segundo a classificação de Köppen, a área está inserida no domínio morfoclimático do Cerrado, com clima tropical estacional (Aw). Apresenta precipitação média anual entre 1.400 mm e 1.600 mm. O solo das parcelas experimentais foi classificado como um Latossolo Vermelho (LV) argiloso.

Para o presente trabalho consideraram-se os seguintes tratamentos: 1) L-SPC-AC - Lavoura contínua com preparo convencional e adubação corretiva gradual; 2) L-SPC-AM - Lavoura contínua com preparo convencional e adubação de manutenção; 3) L-SPD-AC - Lavoura contínua com plantio direto sob vegetação espontânea e adubação corretiva gradual; 4) L-SPD-AM - Lavoura contínua com plantio direto sob vegetação espontânea e adubação de manutenção; 5) P-Pastagem contínua; 6) LP-ILP-AC - Sistema de rotação cultivo pecuária, antes se encontrava em pastagem (Tanzânia) se encontrando atualmente em fase de cultivo, no primeiro ano soja e no segundo ano de cultivo sorgo com plantio direto e adubação corretiva gradual; e, 7) PL-ILP-AC - Sistema de rotação lavoura pecuária se

⁽¹⁾ Primeiro Autor é Mestrando do PPG Agronomia, Universidade Federal de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, DF, CEP 70910-900. E-mail: minesoliveira@yahoo.com.br (apresentador do trabalho)

⁽²⁾ Segundo Autor é Pesquisador da Embrapa Cerrados, BR-020 Km 18 Cx. Postal 08223, CEP: 73301-970 Planaltina, DF.

⁽³⁾ Terceiro Autor é Professor Adjunto do Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, DF, CEP 70910-900.

⁽⁴⁾ Quarto Autor é Pesquisador da Embrapa Cerrados, BR-020 Km 18 Cx. Postal 08223, CEP: 73301-970 Planaltina, DF.

⁽⁵⁾ Quinto Autor é Pesquisador do Institut de Recherche pour le Développement (rança), UMR 137 BioSol, Universités Paris VI et XII / Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Caixa Postal 08223, CEP 73310-970, Planaltina, DF.

encontrando atualmente em fase de pastagem, com plantio direto e adubação corretiva gradual.

Para a coleta de amostras da solução do solo, foram instaladas no início da estação chuvosa, depois da implantação da cultura anual, 84 cápsulas porosas nas entrelinhas de cultivo, na profundidade de 150 cm, com seis repetições, segundo metodologia descrita por Grossmann & Udluft [7]. Depois de coletadas, foram realizadas análises dos teores do ânion NO_3^- e dos cátions K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} no laboratório de química de solos da Embrapa Cerrados, onde o NO_3^- foi determinado pela metodologia de cromatografia iônica, K^+ por fotometria de emissão de chama e Mg^{2+} , e Ca^{2+} foram determinados no Espectrômetro de Emissão Atômica com fonte de plasma (ICP-AES).

A drenagem foi estimada com o uso do modelo SARRA que simula o balanço hídrico das culturas (Equação 1) com o passo de cálculo diário, a partir de um conjunto de parâmetros utilizados para descrever o solo, a cultura e o clima.

$$P + \text{Irr} = \text{ETR} + \text{Dr} + \text{Esc} + \Delta\text{Arm}, \quad (1)$$
onde: P = chuva, mm; Irr = Irrigação, mm; ETR = Evapotranspiração real da cultura, mm; Dr = drenagem (fluxo vertical), mm; Esc = Escoamento superficial, mm; e, ΔArm = Variação da água armazenada no perfil de solo explorado pelas raízes, mm.

O cálculo para estimar a lixiviação de íons foi feito pelo produto da drenagem pelas concentrações dos íons na solução do solo, segundo a equação (2):

$$\text{Lix} = \text{Dr} \times \text{Con} \quad (2)$$
onde: Lix é a lixiviação dos íons em $\mu\text{M m}^{-2}$; Dr, é drenagem em mm e Con é a concentração dos íons em $\mu\text{M L}^{-1}$.

Para calcular as quantidades dos íons lixiviados em kg ha^{-1} foram calculados pela equação (3):

$$\text{Lix} (\text{kg ha}^{-1}) = \text{Lix} (\mu\text{M m}^{-2}) * \text{PM}(\text{g}) * 100 \quad (3)$$
onde PM é o peso molecular do íon considerado.

Resultados e discussão

A Figura 1 representa a drenagem estimada pelo modelo SARRA (Equação 1) para os anos agrícolas 2004/05 (A) e 2005/06 (C) e a quantidade dos íons nitrato, potássio, magnésio e cálcio lixiviados (B e D) no solo sob os sistemas de lavoura contínua (L-SPC-AC e AM) e (L-SPD-AC e AM), integração lavoura/pecuária (LP-ILP-AC) e (PL-ILP-AC) e pastagem contínua (P) (Equações 2 e 3).

Analisando-se a Figura 1 A e C, observa-se que no ano 2004/05 a quantidade de água drenada no sistema de lavoura contínua L-SPD-AC, L-SPD-AM e integração lavoura-pecuária LP-ILP-AC (470 mm) foi superior a dos demais tratamentos, considerando-se que nesse ano choveu 1421 mm durante o período experimental. Isso está de acordo com as observações feitas por Muzilli [8], que afirmou que este sistema favorece a maior agregação de partículas, a melhoria da porosidade, beneficiando a aeração, a infiltração e o armazenamento da água no solo.

Para o segundo ano estudado, as drenagens foram inferiores, porém, os fatos se repetiram para os mesmos tratamentos, com exceção da pastagem contínua que

apresentou a menor drenagem (53 mm). Isto pode estar relacionado com o menor índice pluviométrico ocorrido no período (1209 mm) e com o maior consumo de água das plantas, uma vez que estes sistemas mantêm plantas em estágio vegetativo durante todo o ano.

A Figura 1B e D revela que o nitrato (NO_3^-) foi geralmente o íon encontrado em maior quantidade na solução do solo. Nas parcelas sob sistema de lavoura contínua com preparo convencional (L-SPC-AC e L-SPC-AM), a lixiviação acumulada chegou a 61 kg ha^{-1} para o primeiro ciclo, o que representa uma perda N de, aproximadamente, $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Figura 1 B). Essas maiores perdas estão relacionadas com o revolvimento do solo e o aceleração da decomposição de restos vegetais e com a menor absorção da planta na fase inicial do crescimento, devido seu sistema radicular ainda não estar bem desenvolvido. Nos tratamentos L-SPD-AC e L-SPD-AM foram encontrados valores de 17 kg ha^{-1} e 20 kg ha^{-1} , respectivamente. As menores quantidades de nitrato, no entanto, foram observadas nos tratamentos P e PL-ILP-AC, com 1,5 e $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente.

No segundo ano estudado houve uma diminuição da ordem de 50% dos valores de nitrato lixiviado. Isso pode ser explicado pelo menor índice pluviométrico ocorrido no período.

As maiores lixiviações do íon potássio foram registradas para as parcelas sob lavoura contínua, sendo que no sistema sob plantio direto (L-SPD-AC) houve um incremento na perda de 8 kg ha^{-1} , no primeiro ano (Figura 1 B). Para os demais tratamentos, as quantidades lixiviadas foram bastante similares, sendo que as menores lixiviações foram encontradas nos tratamentos LP-ILP-AC com 2 kg ha^{-1} e PL-ILP-AC com $0,8 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 1B).

No que se refere ao íon magnésio, em geral as perdas por lixiviação foram inferiores quando comparadas com os demais íons avaliados. No tratamento PL-ILP-AC ocorreu a maior perda, com 12 kg ha^{-1} , o que não diferenciou muito dos tratamentos L-SPC-AC e AM e L-SPD-AC e AM onde as quantidades observadas foram de 8, 9, 8 e 7 kg ha^{-1} , conforme (Figura 1B) a menor perda foi observada do tratamento LP-ILP-AC, 4 kg ha^{-1} .

Para o íon cálcio, as quantidades foram mais elevadas quando comparadas com as dos demais cátions, para todos os tratamentos (Figura 1B e D), com exceção das do nitrato. A elevada quantidade de cálcio na solução pode ser resultante da aplicação de calcário durante o decorrer do experimento, especialmente para as parcelas com adubação corretiva (AC). O que está de acordo com Quaggio *et al.* [9] que mostrou que a calagem promoveu aumentos nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} em camadas profundas do solo, com reflexos no pH.

Conclusões

1) A movimentação de íons em profundidade foi menor para aqueles sistemas sob pastagem e rotação lavoura-pastagem (P, LP-ILP-AC, PL-ILP-AC);

Excluído: QUAGGIO

2) A variação do fluxo vertical das concentrações dos íons no perfil do solo apresentou a seguinte ordem de grandeza: $\text{NO}_3^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$;

3) Quanto aos sistemas de cultivo, o potencial de perdas por lixiviação variou segundo a seguinte ordem: lavoura contínua sob preparo convencional > lavoura contínua sob plantio direto > integração lavoura-pecuária > pastagem contínua;

4) A quantidade de água percolada no solo, até 150 cm de profundidade, foi elevada para todos os tratamentos avaliados, contudo, a quantidade de íons lixiviados está mais relacionada com a concentração destes íons na solução do solo;

5) O modelo SARRA (Sistema de Análise Regional do Risco Agroclimático), se constitui numa ferramenta importante para estimar o fluxo vertical de água no solo e as perdas de nutrientes para as camadas mais profundas do solo.

Referências bibliográficas

- [1] SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A.; WONG, J. Liberação de cálcio e magnésio por cápsulas porosas de porcelana usadas na extração de solução do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.28, p.605-610, 2004.
- [2] VANCLOOSTER, M.; VIAENE, P.; DIELS J., CHRISTIANENS K. WAVE: A mathematical model for simulating water and agro-chemicals in the soil and vadose environment. Release 2.0. References and user's manual. Institute for Land and Water Management, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 1994.
- [3] BRISSON, N.; GARY, C.; JUSTES, E.; ROCHE, R.; MARY, B.; RIPOCHE, D.; ZIMMER, D.; SIERRA, J.; BERTUZZI, P.; BURGER, P.; BUSSIÈRE, F.; CABIDOCHÉ, Y.M.; CELLIER, P.; DEBAEKE, P.; GAUDILLÈRE, J.P.; HÉNAULT, C.; MARAUX, F.; SEGUIN, B.; SINOQUET, H. An overview of the crop model STICS. **European Journal of Agronomy**, 18: 309-332, 2003.
- [4] FOREST, F. & CLOPES, A. Contribution à l'explication de la variabilité du rendement d'une culture de maïs plus ou moins intensifiée à l'aide d'un modèle de bilan hydrique amélioré. In: REYNIERS, F.N.; NETOYO, L. (Eds.). **Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale**: Vers une gestion des flux hydriques par les systèmes de culture Paris: J. Libbey, 3-15, 1994.
- [5] FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, 9, 3:415-421, 2001.
- [6] SANS, L.M.; ASSAD, E.D.; GUIMARÃES, D.P.; AVELLAR, G. Zoneamento de riscos climáticos para o milho para a região centro-oeste do Brasil e para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, 9. Número especial:527-535. 2001.
- [7] GROSSMAN, J. & UDLUFT, P. The extraction of soil water by the suction-cup method: a review. *Journal of Soil Science*, 42: 83-93, 1991.
- [8] MUZILLI, O. A fertilidade do solo no contexto da agricultura sustentável. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 12., Águas de Lindóia (SP), 1996. **Anais...** Comissão de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, 1996.
- [9] QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.V.; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 28, 3: 375-383, 1993.

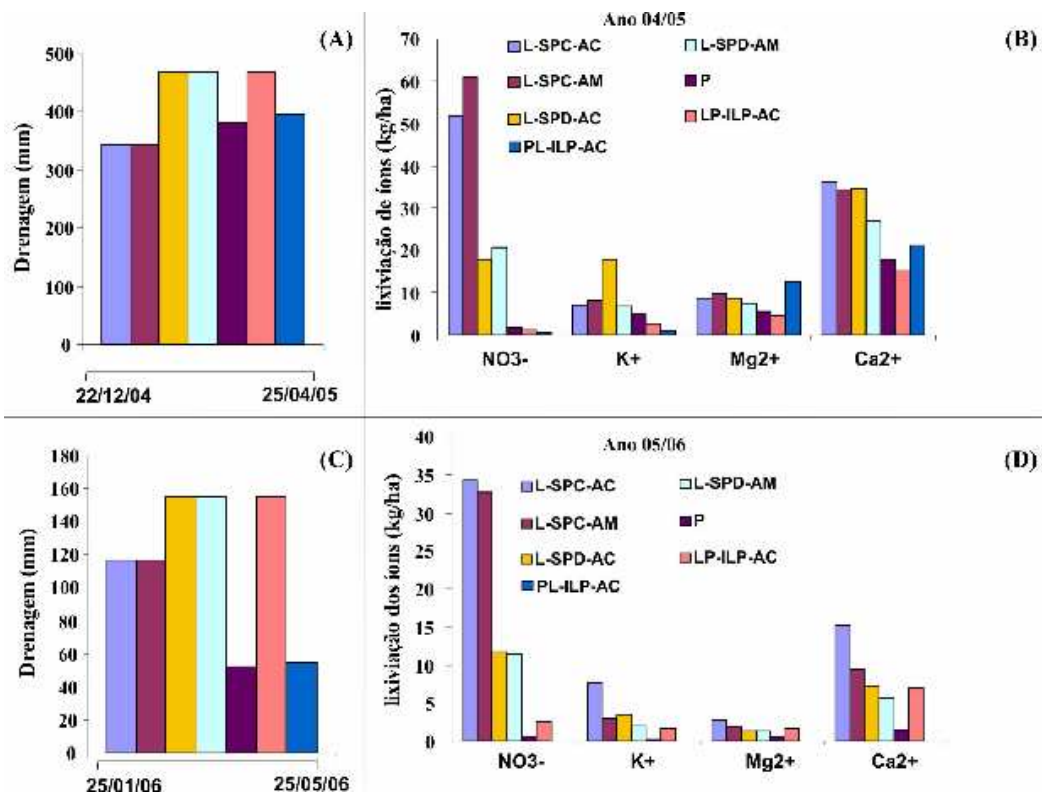


Figura 1. Drenagem estimada (mm) pelo modelo SARRA para os anos agrícolas 2004/05 (A) e 2005/06 (C) e quantidade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos íons (B e D) nitrato, potássio, magnésio e cálcio lixiviados no solo sob os sistemas de lavoura contínua (L-SPC-AC e AM) e (L-SPD-AC e AM), integração lavoura/pecuária (LP-ILP-AC) e (PL-ILP-AC) e pastagem contínua (P).