

Dinâmica do n-mineral em pastagem de coastcross consorciado com Arachis pintoí com ou sem nitrogênio em duas estações do ano

Mineral-n profile on coastcross pasture mixed with Arachis pintoí with or without nitrogen in two year seasons

LENZI, Alexandre¹; CEACATO, Ulysses²; MACHADO FILHO, Luiz Carlos Pinheiro¹; SILVA, Maria Anita Gonçalves da³; GASPARINO, Eliane²; ROMA, Cláudio⁴, BARBERO, Leandro⁴

¹ Departamento de Zootecnia; Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis/Santa Catarina – Brasil. alexandrelenzi22@yahoo.com.br. ² Departamento de Zootecnia; Universidade Estadual de Maringá – Maringá/Paraná – Brasil. ³ Departamento de Agronomia; Universidade Estadual de Maringá – Maringá/Paraná – Brasil. ⁴ Curso de Mestrado; Pós-graduação em Zootecnia; Universidade Estadual de Maringá – Maringá/Paraná – Brasil.

RESUMO

O objetivo foi avaliar a dinâmica do nitrogênio no solo numa pastagem de Coastcross consorciada com Arachis pintoí ou em cultivo singular, adubada ou não com N, utilizando-se um delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições em quatro tratamentos, a seguir descritos: (CA) Coastcross + Arachis sem N; (CA+100N) Coastcross + Arachis com 100 kg de N; (C+200N) Coastcross com 200 kg de N e (CA+200N) Coastcross + Arachis com 200 kg de N. As avaliações foram realizadas na primavera e verão e estudadas por análise de regressão. Foram coletadas cinco amostras de solo em cada piquete nas profundidades de 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8 e 0,8-1 m, esta operação ocorreu após a aplicação da adubação nitrogenada num prazo máximo de 15 dias, depois de uma precipitação de 20 a 30 mm. Os resultados mostraram maior concentração do N-mineral nas camadas superficiais do solo, decrescendo à medida que aumentava a profundidade do mesmo, principalmente nos tratamentos que continha leguminosa e, nestes, ocorria maior capacidade de retenção do nitrogênio.

PALAVRAS-CHAVE: lixiviação, nitrogênio, primavera, verão.

ABSTRACT

This trial was carried out to evaluate nitrogen dynamics on soil profile, on a Coastcross pasture mixed or not with Arachis pintoí, fertilized or not with N, using a randomized block design with four replications in four treatments, as follow: (CA) Coastcross + Arachis without N; (CA+100N) Coastcross + Arachis with 100 kg of N; (C+200N) Coastcross with 200 kg of N and (CA+200N) Coastcross + Arachis with 200 kg of N. The evaluations were conducted in spring and summer and studied by a regression analysis. It was collected five soil samples in each paddock on 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8 and 0,8-1 m depth. This operation was made no longer than 15 days, after nitrogen fertilization and 20 to 30 mm rainfall precipitation. The results showed that the highest mineral-N was on the most superficial soil layers, decreasing with the increase of soil depth, mainly on treatments containing legume, which presented a higher nitrogen retention capacity.

KEY WORDS: leaching, nitrogen, spring, summer

Correspondências para: alexandrelenzi22@yahoo.com.br.
Aceito para publicação em 02/03/2009

Introdução

No Brasil, cerca de 70% dos solos cultivados apresentam alguma limitação de fertilidade. A baixa disponibilidade de nitrogênio (N), de fósforo (P), e a alta saturação de alumínio (Al) são os fatores químicos que limitam com mais intensidade a produção forrageira nos solos ácidos tropicais, dificultando, assim, a exploração racional e econômica da pecuária (SANTOS *et al.*, 2002).

Sabe-se que a sustentabilidade de um sistema agrícola é dependente da interação de vários fatores, entre eles o solo em seus aspectos físicos, químicos e biológicos. No entanto, nos sistemas atuais de exploração agrícola, pouca importância tem sido dada a este aspecto, e ocorre crescente perda de fertilidade nos solos.

Com a degradação das áreas agrícolas, altera-se a qualidade e a quantidade de matéria orgânica do solo. Conseqüentemente, há diminuição da atividade da biomassa microbiana (BM), principal responsável pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo (DALAL, 1998; DE-POLLI & GUERRA, 1999), e que exerce influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono e minerais, ou seja, na liberação e na imobilização de nutrientes (JENKINSON & LADD, 1981).

O nitrogênio, além de ser o elemento mais importante para a produção das plantas forrageiras, também é o elemento mais susceptível às perdas por lixiviação no perfil do solo, pois apresenta carga negativa e não é absorvido pelos colóides do solo que apresentam predominantemente cargas negativas (PRIMAVESI *et al.*, 2006).

Segundo CHICHESTER (1977), a excessiva aplicação de fertilizante nitrogenado pode resultar em altos níveis de nitrato, que permanecendo no solo, sem serem absorvidos pelas plantas, podem lixiviar até às águas subterrâneas, vindo a contaminá-las. O íon nitrato normalmente é muito móvel no perfil do solo, especialmente em

sistemas de produção, onde o solo é bem estruturado ao longo do perfil, pois com menor evaporação, a taxa de infiltração de água tende a ser maior (ROSOLEM *et al.*, 2003).

O N é um elemento relevante nos estudos de matéria orgânica do solo, sendo um dos nutrientes com dinâmica mais pronunciada no sistema. Sua maior parte está na fração orgânica (mais de 90%), um grande reservatório de formas mais prontamente disponíveis, como a nítrica e a amoniacal (D'ANDRÉA *et al.*, 2004), no solo resulta diretamente do fertilizante nitrogenado aplicado ou da mineralização da matéria orgânica (PRIMAVESI *et al.*, 2006).

Conforme Smith (1982), cerca de 70% do (N) presente, no solo, está imobilizado pela microflora. Em virtude da ação destes microrganismos na transformação do N-orgânico para formas de íons de amônio e nitrato, a intensidade de perdas de N por lixiviação e absorção pelas plantas é influenciada pela biomassa microbiana do solo (DUXBURY & NKAMBULE, 1994).

Nesse sentido, os benefícios da inclusão das leguminosas ao sistema são tanto para manter um balanço positivo de nitrogênio ao sistema, por meio da fixação biológica do nitrogênio atmosférico, como pelo aumento da qualidade da palha, o que favorece os processos de mineralização e, também, auxilia na absorção do nitrato livre no perfil do solo em camada mais profunda por causa das características de seu sistema radicular (OLIVEIRA, 2004).

Segundo Primavesi *et al.* (2004), em sistemas de criação animal em pasto, é necessário maior detalhamento dos conhecimentos sobre a extração de nutrientes pelas forrageiras, especialmente em sistemas intensivos que utilizam elevadas doses de fertilizantes, a fim de orientar adubações futuras e evitar prejuízos em virtude de desequilíbrios nutricionais. Entretanto, poucos são os trabalhos que estudam as perdas

Dinâmica do n-mineral em pastagem

de nutrientes por lixiviação em áreas de pastagens, principalmente o nitrogênio.

O objetivo deste trabalho foi monitorar a dinâmica do N-mineral no perfil do solo da pastagem de Coastcross consorciada ou não com *Arachis pinto* com ou sem o uso de nitrogênio, em duas estações do ano (primavera e verão).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), no município de Paranavaí-PR, cuja localização geográfica é latitude 23° 05' S e longitude 52° 26' W e uma altitude média de 480 m.

O tipo climático predominante na região é o Cfa – clima subtropical úmido mesotérmico (classificação de Köppen). Este se caracteriza pela predominância de verões quentes, baixa frequência de geadas severas e uma tendência de concentração das chuvas na estação de verão (CORRÊA, 1996). A temperatura média anual é de 22°C, a média dos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) é de 25°C e do mês mais frio (junho) 17,7°C. A precipitação anual situa-se em torno de 1200 mm e as condições climáticas ocorridas durante o experimento são mostradas na Figura 1.

O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (EMBRAPA, 1999), textura arenosa, com aproximadamente 89% de areia, 1% de silte e 10% de argila. O resultado da análise química do solo para a amostragem em julho de 2004 foram os seguintes: pH H₂O = 4,8 ; P = 7,8 ; C = 6,5 ; Al = 0,1 ; H + Al = 2,6 ; Ca = 1,1 ; Mg = 0,7 ; K = 0,1.

A área experimental era equivalente a 5,3 ha e subdividida em 16 piquetes com tamanho médio de 0,3 ha. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições e composto por quatro tratamentos, a seguir descritos: (Coastcross + *Arachis pinto*); (Coastcross + *Arachis pinto* + 100 kg/ha/ano de N); (Coastcross + 200 kg/ha/ano de N) e (Coastcross + *Arachis pinto* + 200 kg/ha/ano de N).

As aplicações do nitrogênio (nitrato de amônio) foram parceladas em doses iguais e aplicadas em quatro etapas, sendo a primeira em 05 de outubro de 2004 – início de primavera, a segunda em 16 de novembro de 2004, a terceira em 04 de janeiro de 2005 - no início do verão e a quarta em 05 de abril de 2005 - no início do outono.

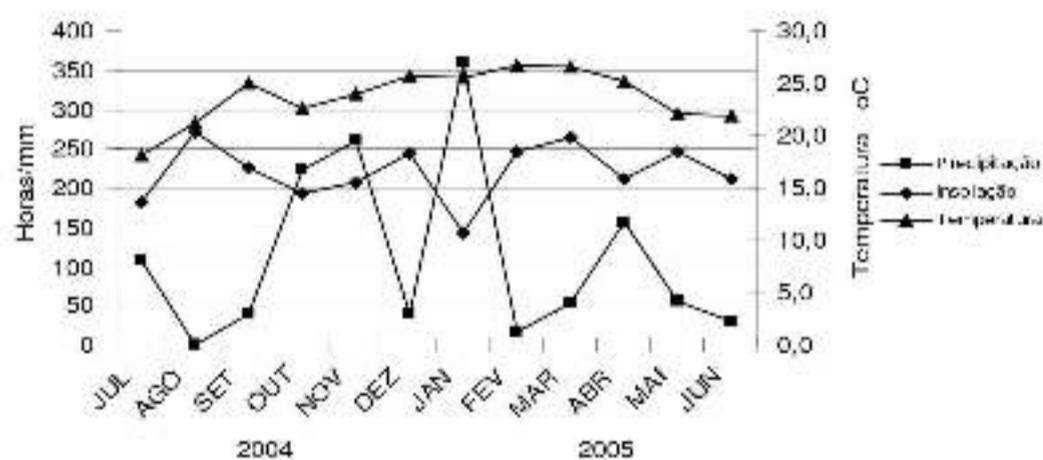


Figura 1: Temperatura média do ar (°C), Precipitação pluviométrica (mm) e Insolação ocorrida no período de julho/2004 a junho/2005. Fonte: Estação Agrometeorológica do IAPAR, Paranavaí-PR.

As avaliações de nitrato e amônio no perfil do solo foram realizadas nos meses de novembro (primavera) e janeiro (verão), perfazendo um total de duas coletas. As amostras de solo foram retiradas em cinco pontos de cada piquete, de maneira aleatória, nas profundidades de 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8 e 0,8-1 m, e esta operação ocorreu após a aplicação da adubação nitrogenada seguida de uma precipitação entre 20 a 30 mm, num prazo máximo de 15 dias. Imediatamente, após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo e encaminhadas ao laboratório para extração e determinação do nitrato e amônio, conforme a metodologia descrita por SILVA *et al.* (1999). As avaliações do nitrato e amônio no perfil do solo foram estudadas pela análise de regressão, por meio do programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997).

Resultados e Discussão

Os resultados mostram uma distribuição do nitrato mais amônio no perfil do solo até 1 m de profundidade. Pelas equações de regressão, o modelo cúbico é o que melhor explica os resultados obtidos durante a coleta realizada na primavera (Figura 2).

Pelos resultados, houve maior concentração do N-mineral nas camadas superficiais até os 0,2 m iniciais do solo para os tratamentos, cujas doses foram de 200 kg de N/ha/ano, seguidos do tratamento CA 100 kg de N e por último sem adubação.

Estes resultados indicam que a aplicação do N de forma parcelada contribui para manter níveis mais elevados de N-mineral na camada de 0–0,2 m em áreas de pastagem, e com o parcelamento, diminui-se o potencial de perdas de nitrogênio por lixiviação no perfil do solo, corroborando com os resultados observados por Primavesi *et al.* (2000).

A maior concentração nos 0,2 m iniciais do solo provavelmente se deve ao maior volume de

raízes encontradas nesta camada, de acordo com a observação de OLIVEIRA (2004) e também pelos maiores teores de matéria orgânica encontrados na camada superficial do solo (RUSSEL, 1934). Segundo Primavesi *et al.* (2006), esse fato poderia ser resultante da mineralização da biomassa microbiana ou radicular, ou seja, resultado da atividade biológica no solo, servindo como fonte de N.

De maneira geral, na estação da primavera se observou que em todos os tratamentos houve um decréscimo na concentração do N-mineral no solo até a camada de 0,6 m. Isso pode ser explicado principalmente pela menor área de atuação das raízes, que diminui gradativamente o poder de absorção do N por parte das plantas.

A partir dos 0,6 a 0,8 m continuou havendo decréscimo no teor de N-mineral em todos os tratamentos com exceção do tratamento com CA 200 kg de N, que passou a ter

um comportamento ascendente até os 0,8 m de profundidade. Provavelmente, a presença da leguminosa no sistema de pastagem permite que ocorram sítios de retenção de N ao longo do perfil do solo. No entanto, este comportamento pode estar atrelado à dose de nitrogênio aplicada e à raiz da leguminosa.

Na camada de 0,8 a 1 m de profundidade no solo, verificaram-se 45% a mais de N-mineral no tratamento C 200 kg de N em relação ao que tinha a mesma dose, porém com a presença da leguminosa. Isto evidencia a importância da leguminosa no sistema por apresentar raízes mais profundas (OLIVEIRA, 2004), que favorece a captação do N que, possivelmente, teria sido perdido no perfil do solo, e reforça a hipótese de que o uso de leguminosas forrageiras pode contribuir para minimizar as perdas de N por lixiviação.

Na coleta realizada durante o verão foram observados maiores teores de N-mineral no perfil do solo até 1 m em todos os tratamentos em

Dinâmica do n-mineral em pastagem

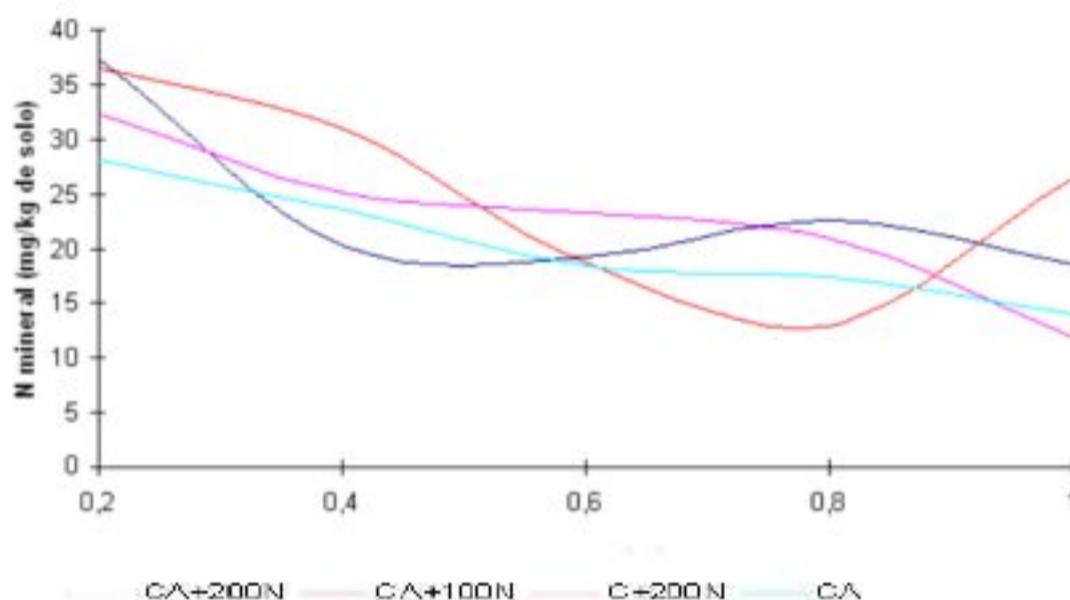


Figura 2 : Teor do N-mineral no perfil do solo em pastagem de Coarross adubado com nitrogênio e/ou em consórcio com *Arachis picta* na primavera.

$$\begin{aligned}
 \text{CA}+0\text{N} \quad Y &= 25,41 + 39,04P - 149,38P^2 + 103,25P^3 & R^2 &= 0,91 \\
 \text{CA}+100\text{N} \quad Y &= 50,80 - 130,29P + 214,79P^2 - 123,44P^3 & R^2 &= 0,87 \\
 \text{C}+200\text{N} \quad Y &= 22,45 + 142,06P - 410,54P^2 + 272,51P^3 & R^2 &= 0,99 \\
 \text{CA}+200\text{N} \quad Y &= 82,41 - 313,65P + 493,70P^2 - 243,93P^3 & R^2 &= 0,78
 \end{aligned}$$

relação à primavera. Para esta estação, as equações de regressão também se ajustam melhor ao modelo cúbico (Figura 3).

Os valores encontrados durante a estação de verão podem ser explicados pela maior pluviosidade ocorrida no período posterior à aplicação do adubo nitrogenado na área, o que deve ser esperado, uma vez que nesta época do ano as chuvas ocorrem com maior frequência e em maiores intensidades durante o mês de janeiro, como é mostrado na Figura 1.

É provável que as perdas estimadas do N-mineral estejam influenciadas pelos efeitos residuais das primeiras adubações feitas na primavera. Além disso, tendo em vista que as precipitações ocorridas no período de estudo

foram acima da média, acredita-se que os padrões de lixiviação observados tenham representado um potencial máximo.

Durante a estação de verão, foi observado aumento progressivo na concentração do N-mineral até os 0,8 m de profundidade nos tratamentos em que havia maior participação da leguminosa na pastagem, aproximadamente 25%. Entretanto, a partir dessa profundidade, houve redução de N e incremento para o tratamento sem leguminosa, demonstrando assim, o efeito benéfico da leguminosa na captação do N livre no perfil do solo, conforme mostrado na Figura 3.

Segundo Pereira (2002), os maiores teores do N-mineral, nas camadas iniciais do solo observado nos tratamentos com a presença da

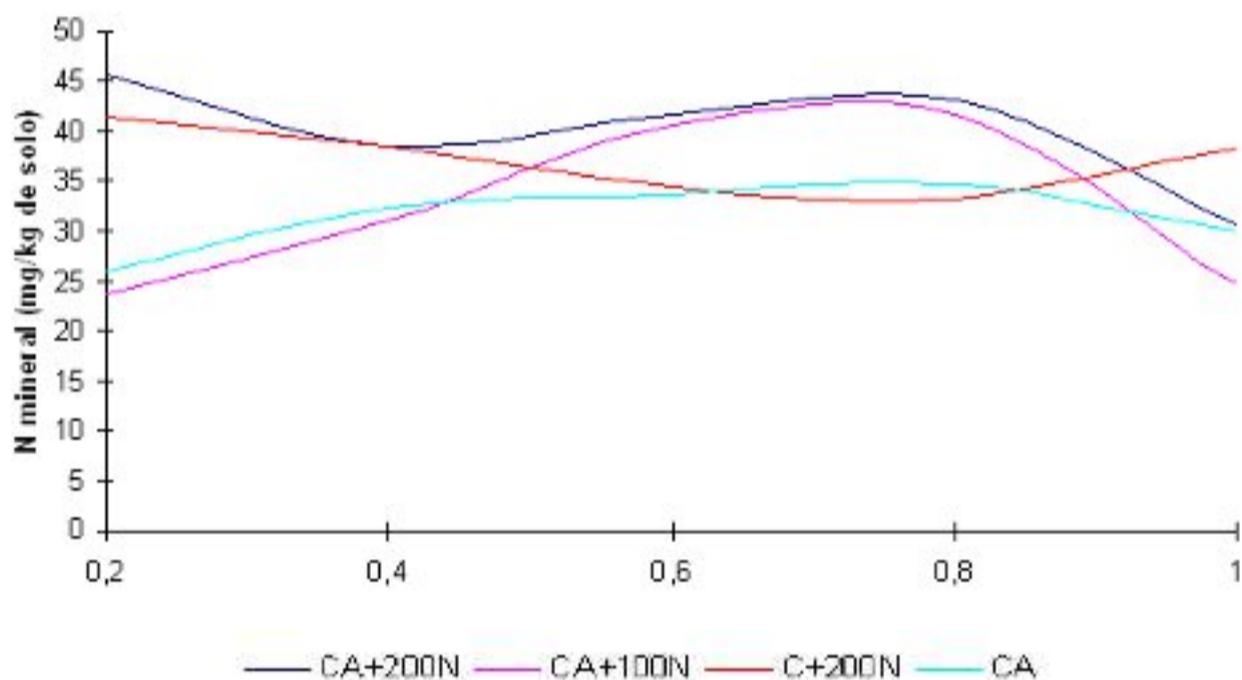


Figura 3: Teor do N-mineral no perfil do solo em pastagem de Coarross adubado com nitrogênio e/ou em consórcio com *Arachis pintoi* no verão.

CA+0N	$Y = 14,41 + 71,44P - 73,46P^2 + 17,65P^3$	$R^2 = 0,26$
CA+100N	$Y = 27,72 - 67,17P + 272,11P^2 - 207,97P^3$	$R^2 = 0,99$
C+200N	$Y = 40,37 + 22,04P - 96,93P^2 + 72,72P^3$	$R^2 = 0,99$
CA+200N	$Y = 75,44 - 225,55P + 434,58P^2 - 253,84P^3$	$R^2 = 0,99$

leguminosa, provavelmente provêm da capacidade das mesmas em fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico, que dá um aporte de nitrogênio ao ecossistema pastoril.

No tratamento com leguminosa acrescido da maior dose de N e com uma menor participação desta na pastagem, aproximadamente 10%, ocorreu comportamento semelhante ao tratamento sem a leguminosa, ou seja, uma queda, porém somente até os primeiros 0,4 m iniciais de solo. A partir desta camada, o comportamento foi semelhante aos tratamentos com leguminosa, porém menos acentuado.

Nos tratamentos em que havia a presença da leguminosa, menores concentrações de N-mineral, começaram a ocorrer a partir dos 0,8 m de profundidade ao contrário do tratamento sem a leguminosa, que a partir dessa camada de solo, mostrou tendência em elevar o teor de N-mineral na profundidade de 0,8 a 1 m, em virtude, provavelmente, a maior lixiviação. Isto demonstra que independentemente da época do ano e da precipitação pluviométrica, o tratamento sem a leguminosa tende a concentrar N-mineral nas camadas inferiores do solo, diminuindo a eficiência de absorção pelas plantas forrageiras.

Dinâmica do n-mineral em pastagem

Geralmente, considera-se que a camada de 0-0,4 m é onde ocorre mais de 95% do sistema radicular e que somente o N-mineral abaixo dos 0,8 m poderia ser considerado sujeito à lixiviação.

Tal comportamento pode ser agravado em determinadas condições, como em regiões que ocorram elevadas precipitações pluviométricas e que apresentem uma associação de solos rasos, de baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e são mal manejados (CORSI *et al.*, 2001). Condições estas semelhantes as encontradas no presente trabalho.

Vale ressaltar a afirmação de Moraes *et al.* (2004) e Santos & Bernardi (2005) que o tipo de solo pode ter grande influência na magnitude do processo de perdas de N por meio da lixiviação.

Estas afirmações estão de acordo com o trabalho realizado por Singh & Singh (1988), que, em estudo para determinação de perdas de N por lixiviação em dois tipos de solo, encontraram perdas desse elemento 25% a mais em solo arenoso, quando comparado ao solo argiloso. Isto se explica, pelo fato da boa aeração encontrada nos solos arenosos, devido aos grãos de areia serem maiores, logo há mais espaço entre si facilitando a passagem da água, que não é retida.

As observações feitas durante a primavera e verão, evidenciam que independente da estação do ano e do regime pluviométrico registrado, os tratamentos com a presença da leguminosa tiveram tendência a diminuir os níveis de N-mineral na camada de 0,8 a 1 m de profundidade. Durante a estação de verão, o tratamento sem leguminosa teve 26% a mais de N-mineral na camada mais profunda do solo em relação ao que tinha a mesma dose, mas acrescido da leguminosa. Ressalta-se assim, a importância da leguminosa, pois à medida que diminuiu a sua participação na pastagem, também a sua eficiência de absorção do N foi menor na camada mais profunda do solo.

Demonstra-se o efeito da leguminosa sobre a dinâmica de N comparando-se as variações nos

componentes do N no solo, medidos em pastagens de gramínea em monocultivo, e consorciada. No entanto, os componentes mais dinâmicos, como a taxa de mineralização e os teores de formas inorgânicas de N, refletem melhor o efeito da leguminosa (SCHUNKE, 2001).

Sugere-se a necessidade de práticas agrícolas que visem minimizar a lixiviação nas camadas mais profundas do solo, passando as leguminosas a terem um papel importante na maior retenção e aproveitamento do N-mineral.

Em razão aos riscos que podem representar para a qualidade das águas subterrâneas, as quantidades do N-mineral movimentadas por meio da camada de 0 a 1 m realça a necessidade da inclusão de leguminosas como fonte de N, aumentando a capacidade de absorção das plantas forrageiras em uso na pastagem. Portanto, as perdas por meio de lixiviação deste nutriente essencial ao crescimento das plantas não seriam significativas, além de não estar causando nenhum impacto negativo ao ambiente.

Conclusão

Em pastagem não-consorciada, a aplicação de nitrogênio aumenta a concentração de N-mineral em profundidade superior a 0,8 m, entretanto, o uso da leguminosa na pastagem pode contribuir para a maior retenção e aproveitamento do N-mineral em solos arenosos, evitando que ocorra lixiviação do N, principalmente nas camadas mais profundas do solo.

Referências

- CHICHESTER, F.W. Effects of increased fertilizer rates on nitrogen content of runoff and percolate from monolith lysimeters. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 6, p. 211-217, 1977.
- CORRÊA, A.R. Forrageiras: aptidão climática do estado do Paraná. In: MONTEIRO, A. L. G. *et al.* (Ed.). **Forragicultura no Paraná**. Londrina: CPAF, 1996. p. 75-92.

- CORSI, M. *et al.* Tendências e perspectivas da produção de bovinos sob pastejo. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001. Piracicaba. **Anais...Piracicaba: FEALQ**, 2001. p. 3-69.
- D' ANDRÉA *et al.* Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, fev. 2004.
- DALAL, R.C. Soil microbial biomass – what do the numbers really mean? **Australian Journal Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 38, p. 649-665, 1998.
- DE-POLLI, H. ; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 389-411.
- DUXBURY, J.M.; NKAMBULE, S.V. Assessment and significance of biologically active soil organic nitrogen. In: DORAN, J.W. *et al.* (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 125-146.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 1999.
- JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Dekker, 1981. v. 5.
- MORAES, A. *et al.* Conservação do solo e da água em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...Viçosa: UFV**, 2004. p.109-158.
- OLIVEIRA, E. Desempenho animal e da pastagem de Coastcross (*Cynodon dactylon* [L] Pers cv. Coastcross-1) consorciada com *Arachis (Arachis pintoi* cv. Krapovickas e Gregory) e Microbiota do solo em áreas recuperadas. 2004. 96f. Tese (Doutorado) – UEM, Maringá, 2004.
- PEREIRA, J.M. Leguminosas forrageiras em sistemas de produção de ruminantes: onde estamos? Para onde vamos? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. **Anais...Viçosa: SIMFOR**, 2002. p. 109-147.
- PRIMAVESI, A.C. *et al.* Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p.68-78, jan./fev. 2004.
- PRIMAVESI, O. *et al.* Lixiviação de nitrato em pastagem de coastcross adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.683-690, 2006.
- PRIMAVESI, O. *et al.* Perdas de nitrato no solo em pastagem de coastcross intensamente adubada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais... Viçosa: SBZ**, 2000. p. FOR-0765.
- ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R.H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 301-309, fev. 2003.
- RUSSELL, E.J. **Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas**. Buenos Aires: Poble, 1934.
- SANTOS, I.P.A. *et al.* Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 605-616, 2002.
- SANTOS, P.M.; BERNARDI, A.C.C. Diferimento do uso de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Anais... Piracicaba: FEALQ**, 2005. p. 95-118.
- SCHUNKE, R.M. Alternativas de manejo de pastagem para melhor aproveitamento do nitrogênio do solo. Campo Grande: EMBRAPA, 2001. (Documentos/EMBRAPA gado de corte).
- SILVA, F.C. *et al.* Nitrato e amônio. In: SILVA, F.C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. p. 160-169.
- SINGH, G.R.; SINGH, T.A. Nitrogen movement and uptake by rice fertilized with urea supergranules in two contrasting Mollisols. **Fertilizer Research**, The Hague, v.16, n.1, p. 37-46, Apr. 1988.
- SMITH, O.L. **Soil microbiology: a model of decomposition and nutrient cycling**. Boca Raton: CRC Press, 1982.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **S.A.E.G. - Sistemas de análises estatísticas e genéticas**. Viçosa, 1997. (Versão 7.0).