



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-9601

Dezembro, 2004

# *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 9*

## **Atributos Químicos e Físicos de um Latossolo Vermelho Distrófico sob Pastagens Recuperada e Degradada**

José Aloísio Alves Moreira  
Itamar Pereira de Oliveira  
Cleber Morais Guimarães  
Luís Fernando Stone

Santo Antônio de Goiás, GO  
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Arroz e Feijão**

Rodovia Goiânia a Nova Veneza Km 12 Zona Rural  
Caixa Postal 179  
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO  
Fone: (62) 533 2123  
Fax: (62) 533 2100  
www.cnpaf.embrapa.br  
sac@cnpaf.embrapa.br

### **Comitê de Publicações**

Presidente: *Carlos Agustin Rava*  
Secretário-Executivo: *Luiz Roberto Rocha da Silva*  
*Alberto Baêta dos Santos*  
*Pedro Marques da Silveira*

Supervisor editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*  
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*  
Capa: *Diego Camargo*  
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

### **1ª edição**

1ª impressão (2004): 500 exemplares

### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Arroz e Feijão

---

Atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho Distrófico sob pastagens recuperada e degradada / José Aloisio Alves Moreira ... [et al.]. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 20 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9601 ; 9)

1. Cerrado – Latossolo. 2. Cerrado – Propriedade Físico-Química.  
3. Pastagem – Recuperação. I. Moreira, José Aloisio Alves. II. Embrapa Arroz e Feijão. III. Série.

CDD 631.422 (21. ed.)

---

© Embrapa 2004

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução .....	7
Material e Métodos .....	7
Resultados e Discussão .....	10
Conclusões .....	17
Referências Bibliográficas .....	17



# Atributos Químicos e Físicos de um Latossolo Vermelho Distrófico sob Pastagens Recuperada e Degradada

---

*José Aloísio Alves Moreira<sup>1</sup>*

*Itamar Pereira de Oliveira<sup>2</sup>*

*Cleber Moraes Guimarães<sup>3</sup>*

*Luís Fernando Stone<sup>4</sup>*

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar alguns atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob pastagens recuperada e degradada. Para tanto, foram selecionadas, na região de Goiânia (GO), duas áreas, uma constituída de um solo com pastagem recuperada e outra de um solo com pastagem degradada. A área com pastagem degradada encontrava-se em regime extensivo de pastagem e a área recuperada, com dois anos de uso em cultivo intensivo. Foram observados na área com pastagem recuperada maiores valores de pH, Ca + Mg, P, K, Zn, matéria orgânica, macroporosidade, porosidade total, densidade linear de raízes, diâmetro médio radicular e menores valores de densidade do solo e resistência à penetração.

Termos para indexação: *Brachiaria brizantha*, cerrado, fertilidade do solo, física do solo, solo degradado, sistema radicular.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO, [jaloisio@cnpaf.embrapa.br](mailto:jaloisio@cnpaf.embrapa.br).

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fisiologia Vegetal, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO, [itamar@cnpaf.embrapa.br](mailto:itamar@cnpaf.embrapa.br).

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fertilidade do Solo, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO, [cleber@cnpaf.embrapa.br](mailto:cleber@cnpaf.embrapa.br).

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO, [stone@cnpaf.embrapa.br](mailto:stone@cnpaf.embrapa.br).

# Physical and Chemical Attributes of a Dystrophic Red Latosol Under Pasture

---

## Abstract

*The objective of this study was to compare some chemical and physical attributes of a Dystrophic Red Latosol under recovered and degraded pastures. For this, two areas of savanna soil near Goiânia (GO) were selected. The degraded area was being submitted to extensive regime of grazing and the recovered area, with two years of use, to intensive regime. Higher values of pH, Ca + Mg, P, K, Zn, organic matter, macroporosity, total porosity, linear root density, average root diameter, and lower values of bulk density and soil resistance to penetration were observed in soil under recovered pasture.*

*Index terms: Brachiaria brizantha, Brazilian savanna, soil fertility, soil physics, degraded soil, root system.*

## Introdução

Os sistemas agrícolas que associam a monocultura contínua ao uso de equipamentos inadequados de preparo do solo resultam em rápida degradação do solo. O mesmo acontece quando se faz uso de pastagens constituídas de forrageiras exigentes em fertilidade em regime extensivo de pastejo. Para aproveitamento dessas áreas como alternativa de implantação de nova pastagem, têm-se utilizado forrageiras mais rústicas, como as do gênero *Brachiaria*. Entretanto, com o tempo, nem mesmo estas forrageiras têm conseguido bom desenvolvimento nesses solos, pois o consumo da massa verde pelo animal, a falta de reposição dos nutrientes, a acidificação do solo, a perda da matéria orgânica e a compactação diminuem a eficiência das pastagens. Com isso, as pragas, plantas daninhas e, principalmente, a erosão hídrica, nos seus diversos estágios, passam a configurar a paisagem dessas pastagens. Dependendo do estágio de degradação das pastagens e, conseqüentemente, do índice de cobertura do solo, têm sido relatadas perdas do solo ao redor de  $17 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Santos, 1993).

A partir de tal cenário, torna-se evidente a necessidade de recuperação das áreas de pastagens degradadas, tanto do ponto de vista químico com físico. Como alternativa aos sistemas diretos e tradicionais de recuperação de pastagens e a melhoria do perfil do solo, a Embrapa Arroz e Feijão vem preconizando a utilização do Sistema Barreirão (Oliveira et al., 1996) e Sistema Santa Fé (Kluthcouski et al., 2000), técnicas de plantio de grãos em consórcio com a pastagem. A descompactação do solo, aliada à aplicação de calcário e fertilizantes, permitem maior e mais rápido desenvolvimento da pastagem, aumentando a cobertura da área e reduzindo as perdas de solo a limites inferiores aos admissíveis pela FAO (1967), fixados em  $2 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

O objetivo deste trabalho foi comparar alguns atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob pastagens recuperada e degradada.

## Material e Métodos

O trabalho foi realizado na região de Goiânia, GO. Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima Aw, tropical de savana, megatérmico. A temperatura média anual do ar é de  $22,5^\circ \text{C}$ . O regime pluvial é bem definido, ou seja, período chuvoso de outubro a abril e período seco de maio a setembro. A

precipitação pluvial média anual é de 1.461 mm, e a umidade relativa do ar, média anual, é de 71%.

Foram estudadas duas áreas de pastagens: pastagem produtiva de braquiária (*Brachiaria brizantha*), agora denominada área recuperada, e pastagem degradada também de braquiária, denominada área degradada, ambas implantadas em Latossolo Vermelho distrófico. Na área recuperada, o perfil do solo apresentava-se química e fisicamente recuperado. A recuperação física foi realizada por meio de uma gradagem sobre o pasto degradado utilizando grade Rome visando à pré-incorporação da pastagem. Uma semana após a pré-incorporação, foi feita uma aração a uma profundidade em torno de 30 cm e uma gradagem de nivelamento para realização do plantio. Para a recuperação química foram aplicadas 3 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico sobre o pasto degradado antes da primeira gradagem. No plantio, foram aplicados 300 kg da formulação 4-30-16 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR12. Após a recuperação física e química, a pastagem apresentava área foliar e sistema radicular bem desenvolvidos. A produção de massa vegetal decorrente da área foliar desenvolvida permitia adequada cobertura da superfície do solo. Na área degradada, a pastagem apresentava-se com grau acentuado de degradação causada por deficiências de nutrientes e compactação do solo. As deficiências químicas e físicas condicionaram uma restrição ao desenvolvimento da pastagem, que se apresentava com área foliar reduzida, baixa produção de biomassa e sistema radicular pouco desenvolvido, implicando um baixo índice de cobertura vegetal do solo.

Em ambas as áreas foram abertas trincheiras para a coleta de amostras de solo com estrutura deformada e indeformada para as determinações químicas e físicas.

O pH foi determinado na solução solo: água na relação 1:2,5. A matéria orgânica foi determinada pelo processo de Walkley & Black, através da oxidação com dicromato de potássio 0,4 N e titulação com sulfato ferroso (Black, 1965). O fósforo e o potássio foram extraídos em solução de Mehlich (HCl 0,5 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N). O cálcio + magnésio e o alumínio foram extraídos em KCl 1N (Embrapa, 1997). A leitura do zinco foi realizada na solução de Mehlich.

A densidade do solo foi determinada utilizando-se amostras de solo com estrutura indeformada, coletadas em anéis volumétricos de 90,5 cm<sup>3</sup>, segundo metodologia descrita por Embrapa (1997). A porosidade total, ou volume total de poros, foi calculada mediante a expressão:

Porosidade total (% vol.):  $100(1-D_s/D_p)$ ,

em que  $D_p$  é a densidade de partículas do solo e  $D_s$  é a densidade do solo, ambas expressas em  $Mg\ m^{-3}$ .

Foi considerado como microporosidade do solo o espaço poroso ocupado por água após uma sucção exercida por uma coluna de água de 60 cm de altura. Para essa determinação foi utilizada uma mesa de tensão. A macroporosidade foi considerada a diferença entre a porosidade total e a microporosidade (Embrapa, 1997).

A resistência do solo à penetração foi determinada, nas paredes laterais da trincheira, mediante o uso de um penetrômetro de bolso. Os dados obtidos foram transformados em resistência do solo pelo uso da fórmula, adaptada para a expressão do resultado em kPa:

$$RP\ (kPa) = A / B^2.$$

em que  $A = 100 \times \text{LEITURA}$  e  $B = 0,7952 (40 - \text{LEITURA})$

A distribuição do sistema radicular no solo foi avaliada em amostras coletadas em camadas de solo de 20 em 20 cm, da superfície até 100 cm de profundidade, com o uso de trados com amostradores tipo haste, de 7,5 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento. As amostras, formadas por três subamostras coletadas ao acaso nas subparcelas, após devidamente homogeneizadas, foram divididas em duas porções; uma descartada, visando a adequar o volume da amostra à condução da metodologia de avaliação, e outra dispersa em baldes com água. Pelo processo de suspensão/decação repetitivas, foram separadas as raízes da amostra de solo. A seguir, estas foram recuperadas do sobrenadante em peneiras de 0,25 mm, e as impurezas eliminadas, com o auxílio de pinças. Após este processo, as raízes foram avaliadas quantitativamente pelo método de Newman (1966), para determinar o comprimento total das raízes na amostra de solo. Dividindo-se o comprimento radicular, em cm, pelo volume das amostras (três subamostras com 50% de descarte), em  $cm^3$ , encontrou-se a densidade linear radicular em  $cm$  de raiz/ $cm^3$  de solo, conforme Proffitt et al. (1985) e Taylor (1986). O diâmetro médio radicular foi inferido pela relação massa da matéria seca radicular, em mg, pelo comprimento das raízes, em cm, conforme Oussible et al. (1992).

## Resultados e Discussão

Pode-se observar, pela Figura 1, que a área recuperada apresentou maiores valores de pH, fósforo (P) e zinco (Zn). Esses resultados já eram esperados, uma vez que, ao ser recuperada, essa área recebeu duas toneladas de calcário dolomítico por hectare e 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Na área recuperada, o desenvolvimento de grande volume de massa e os resíduos da forrageira não consumidos pelos animais protegem a superfície do solo do contato direto da massa do animal. Ao mesmo tempo, o volume de raízes produzidas e mortas permitem a formação de uma rede de canais no solo que facilita o seu arejamento, criando condições de oxidação e ausência de compactação, permitindo a elevação ou a manutenção do pH em níveis mais elevados que o da área degradada. Solos arejados apresentam maior fluxo de O<sub>2</sub> e baixa acumulação de CO<sub>2</sub> produzido pelo sistema radicular. Em solo compactado, o CO<sub>2</sub> reage com a água formando os carbonatos e os bicarbonatos ácidos. Oliveira et al. (1996) relataram que se tem admitido que a acidez do solo e as condições fisiológicas que a acompanham resultam da falta de cátions metálicos permutáveis, cuja ausência deixa livres ânions como HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e outros formadores de ácidos que resultam em abaixamento do pH.

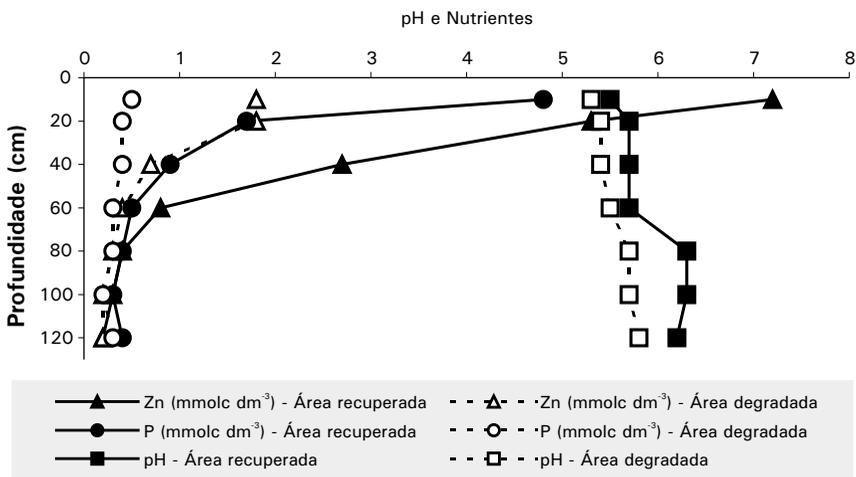


Fig. 1. Valores de pH, P e Zn, em função da profundidade do solo, nas áreas recuperada e degradada.

A maior concentração de Zn no solo recuperado é o resultado da aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco e 30 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR 12 que, além de outros nutrientes, contém 9% de Zn na sua composição (Oliveira et al., 1998) na época da recuperação da pastagem. Mesmo que o Zn seja mais solúvel e esteja mais disponível em baixo pH, a sua presença na solução do solo, em solo pobre em mineral secundário contendo zinco, como os solos de cerrados, está diretamente relacionada com a quantidade de zinco aplicada. Oliveira et al. (1998) relatam que deficiências de zinco em forrageiras desenvolvidas em pastagens recuperadas constituíram as primeiras indicações de que maiores cuidados com a nutrição mineral das pastagens deveriam ser considerados, principalmente quando se utilizam as práticas de calagem e fosfatagem.

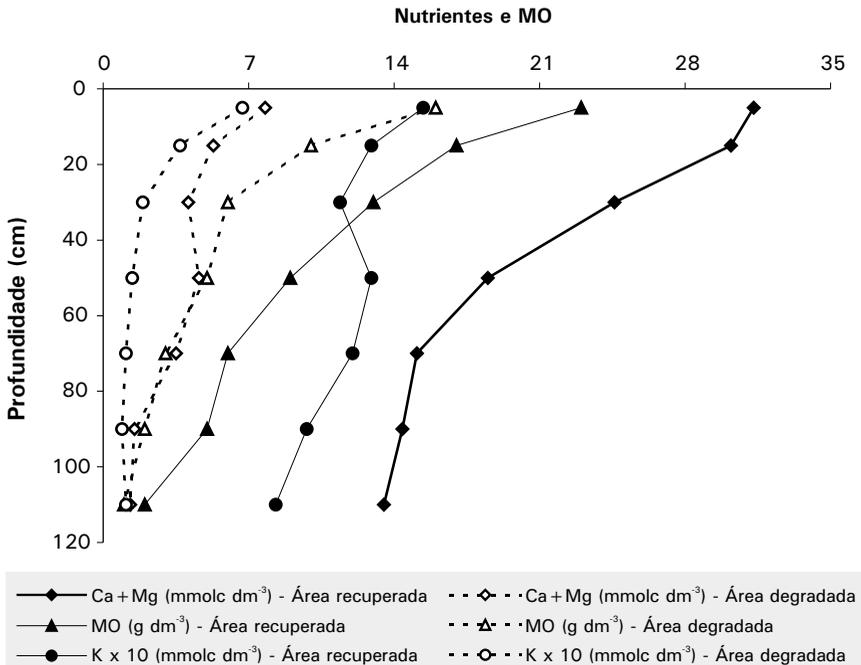


Fig. 2. Valores de Ca+Mg, K e MO, em função da profundidade do solo, nas áreas recuperada e degradada.

As maiores concentrações de Ca + Mg na área recuperada, após dois anos de exploração intensiva pelo gado bovino, é o resultado da aplicação de calcário dolomítico na época da recuperação da pastagem. O pasto recuperado possuía calcário em partículas sólidas de carbonatos de cálcio e de cálcio-magnésio que recompõem esses nutrientes disponíveis como bases permutáveis adsorvidas pela matéria coloidal e como cátions dissociados na solução do solo, principalmente em associação com os íons bicarbonatos. Os teores de Ca + Mg mostrados na Figura 2 refletem a diferença entre a solubilidade máxima de calcário na área recuperada em relação à não recuperada, visto que a reação do calcário se completa em torno de dois anos após a sua aplicação. O solo degradado, pela ação do íons H gerados pelo ácido carbônico e outros ácidos, já havia perdido os cátions Ca e Mg de reserva. O Ca é o cátion perdido em maior quantidade, embora também sejam perdidos Mg e K. Esse processo ocorre rapidamente nas camadas da superfície úmida dos solos. A adsorção contínua de íons H pelas micelas coloidais em lugar do Ca e de outras bases aumenta as características ácidas dos solos agricultáveis.

Nas duas áreas, o potássio encontrava-se em concentrações abaixo do seu nível crítico. Embora em concentrações insuficientes para proporcionar ótimos rendimentos, a produção da forrageira na área recuperada não apresentou problemas de crescimento, tampouco apresentava plantas deficientes em potássio como na área degradada. O desenvolvimento da pastagem dependia mais de outros nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, que do potássio. É possível que na área recuperada, com baixas concentrações de potássio, esse nutriente estivesse na solução do solo ou trocável adsorvido nas superfícies coloidais, entretanto prontamente disponível, o suficiente para suprir as necessidades da planta.

Maiores concentrações de matéria orgânica foram observadas na área recuperada (Figura 2), em todas as profundidades estudadas. Considerando as concentrações nos primeiros 20 cm de solo, encontradas nas duas áreas, 21 g dm<sup>-3</sup> na recuperada e 14 g dm<sup>-3</sup> na degradada, torna-se fácil observar que aproximadamente 30% da matéria orgânica do solo foi perdida pela ação do manejo animal e dos fatores climáticos. O manejo animal extensivo, via de regra não obedece ao ciclo de desenvolvimento das forrageiras, prejudicando a produção de matéria seca que, associada à utilização de superpastejo, resulta em degradação química do solo e baixa produção de matéria orgânica. Segundo Schaefer et al. (2002), a degradação das pastagens ocorre com a perda de matéria orgânica proporcionalmente à quantidade de matéria orgânica contida no solo, além de perdas de

nutrientes como P, K, Ca e Mg, que também se correlacionaram com as perdas de matéria orgânica.

Na Figura 3, são mostradas a porosidade total e a macroporosidade nos dois perfis de solo. A avaliação dos atributos físicos mostrou que o solo corrigido apresentou maior quantidade de macroporos, a partir de 7,5 cm de profundidade, com o aumento desses ao longo do perfil até 30 cm profundidade. Na camada até 7,5 cm, os valores de macroporosidade foram semelhantes, indicando que esse parâmetro foi sensível à ação do pisoteio na superfície do solo, independente da maior quantidade de matéria orgânica produzida (Figura 3) e maior colonização do perfil do solo pelo sistema radicular da forrageira.

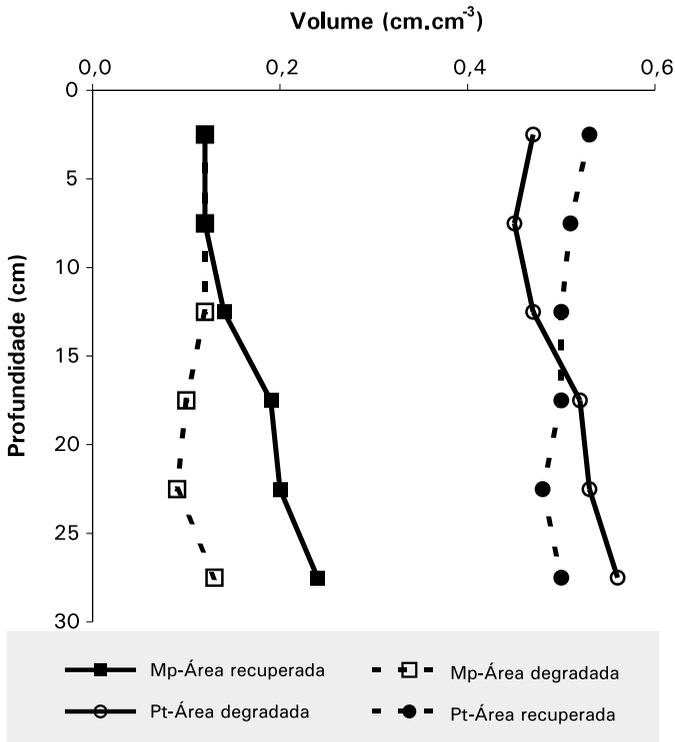


Fig. 3. Macroporosidade (Mp) e porosidade total (Pt), em função da profundidade do solo, nas áreas recuperada e degradada.

A porosidade total do solo foi menor na área degradada até 17,5 cm de profundidade em relação à área recuperada. Com isso, é diminuída a secção do solo para o escoamento vertical de água no perfil, o que resulta em menor capacidade de infiltração de água no solo e maior exposição à erosão. Assim, a pastagem de braquiária da área recuperada teve efeito na estruturação do solo, pois nessa camada promoveu o aumento da porosidade total do solo. Igue (1984) e Caldeira et al. (1996) relataram que sistemas de cultivos envolvendo pastagens contribuem para a formação de agregados pela ação direta do sistema radicular no perfil do solo.

A compactação é caracterizada pelo aumento da densidade do solo em função do arranjo das partículas primárias, argila, silte e areia. Quando o solo é submetido a um esforço cortante e/ou de pressão, há redução do espaço aéreo, aumentando sua densidade. Em áreas de pastagens, a compactação do solo, indiretamente avaliada pelo aumento da sua densidade, normalmente é induzida por forças aplicadas à sua superfície, isto é, pela carga animal, seja em regime intensivo ou extensivo. Chanasyk & Naeth (1995), Abaye et al. (1997) e Muller et al. (2001) constataram aumento na densidade na camada superficial do solo em sistema de pastejo intensivo. O aumento da densidade do solo creditado ao tempo de pastejo também é devido à degradação da própria pastagem, visto que o processo de compactação também é intensificado pela redução dos agentes de estrutura, tais como matéria orgânica, redução da atividade de alguns microrganismos, exsudados de plantas, que estão diretamente relacionados com a produção da parte aérea, da quantidade de raízes e do grau de cobertura do solo.

O valor estimado da resistência à penetração na área recuperada cresceu com a profundidade e atingiu valor máximo em torno 22,5 cm (Figura 4). Como não houve ação do pisoteio nessa profundidade, é provável que essa camada de compactação tenha origem no processo de preparo do solo, visto que essa área antes de sua utilização com pastagem estava destinada à produção de grãos. No solo degradado, o maior valor de resistência à penetração, em torno de 2 kPa, ocorreu na camada entre 5 e 10 cm e, como ocorrido com a densidade do solo, a compactação nessa camada pode estar associada à movimentação animal na superfície do solo. Na literatura são mencionados valores de pressão aplicadas ao solo por bovinos, que variam de 2 a 4,9 kPa, podendo atingir a profundidade de 5 a 10 cm de profundidade (Carvalho, 1976; Willatt & Pullar, 1984; Proffitt et al., 1993).

Em áreas degradadas, sob sistema extensivo, normalmente não se leva em consideração a capacidade de suporte do pasto que permita a manutenção de determinado número de gemas ativas para rebrotamento da forrageira, nem o período de ocupação que permita à forrageira completar o período ideal de rodízio do gado. Bertol et al. (2000) relatam que o excesso de carga animal ocasionado por diferentes lotações sobre as pastagens pode afetar algumas propriedades do solo, aumentar a susceptibilidade à erosão hídrica e diminuir a capacidade produtiva. Imhoff et al. (2000) também relatam que a degradação da qualidade física do solo está associada com a compactação causada pelo pisoteio animal.

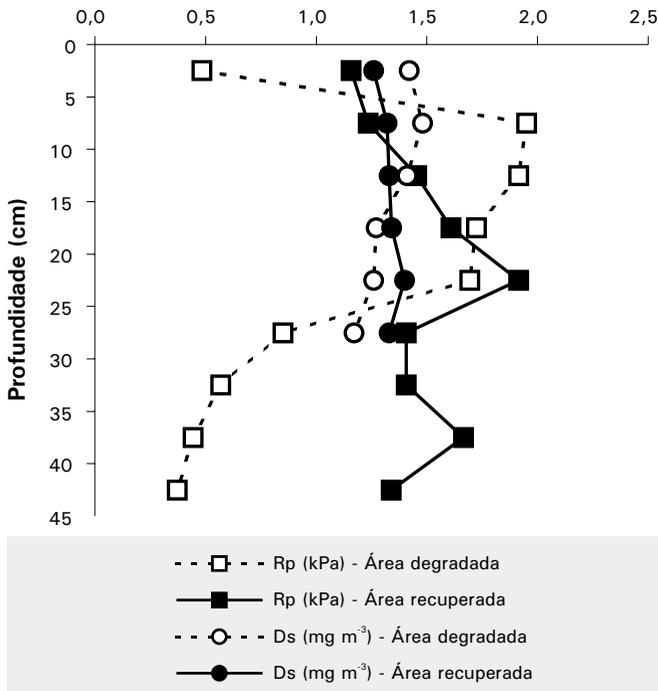
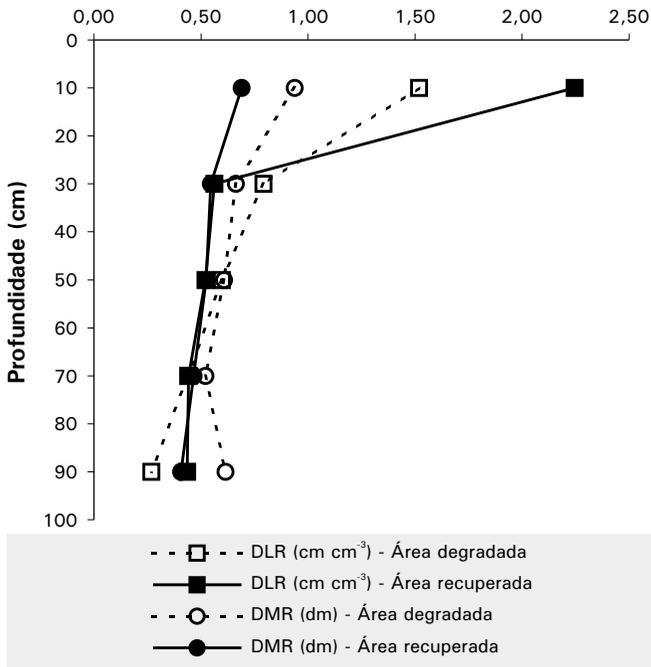


Fig. 4. Densidade do solo (Ds) e resistência à penetração (Rp), em função da profundidade do solo, nas áreas recuperada e degradada.

Na Figura 5 são mostradas a densidade linear de raízes e o diâmetro médio radicular da braquiária. Na área degradada, a forrageira apresentou menor densidade de raízes e o perfil de solo mais compactado, indicado pela maior

resistência à penetração, até 25 cm, e pela densidade do solo até 17,5 cm de profundidade (Figura 4). A menor densidade radicular nessa profundidade é o reflexo do estágio de degradação que a área representa. Nesse local, além do baixo teor de matéria orgânica (Figura 2), verificava-se um número grande de plantas de braquiária, porém quase todas secas, rentes à superfície do solo. Nessas condições, as raízes não desenvolveram o suficiente para manter a pastagem em condições ideais para o consumo do rebanho.



**Fig. 5.** Densidade linear radicular (DLR) e diâmetro médio radicular (DMR), em função da profundidade do solo, nas áreas recuperada e degradada.

Na camada 0-30 cm do solo recuperado, foram observadas 53,4% das raízes e uma distribuição uniforme além dessa profundidade (Figura 4). No solo degradado, 21,9% das raízes concentraram-se na camada 0-30 cm e 16,5; 12,2; e 7,4%, distribuíram-se respectivamente nas camadas 30-50 cm, 50-70 cm e 70-90 cm, portanto, um gradiente decrescente com o

aumento da profundidade do solo. O diâmetro médio radicular (DMR) também decresceu com o aumento da profundidade. Muller et al. (2001) relataram que em áreas degradadas a redução da produção da pastagem é acompanhada pela diminuição do número de raízes no perfil do solo e da concentração do sistema radicular próximo à superfície.

A importância de uma vigorosa colonização do solo pelo sistema radicular das gramíneas reside no fato de que as espécies dessa família têm, segundo (Dechen et al., 1981), grande importância na reestruturação da camada arável, tornando o solo mais resistente à ação do impacto da gotas de chuva e menos propenso à erosão.

## Conclusões

- A degradação de pastagem resultou no aumento da densidade do solo e da resistência à penetração e redução da porosidade total.
- A compactação do solo afetou o desenvolvimento do sistema radicular da pastagem.
- Foram observados, na área recuperada, aumentos do pH e matéria orgânica, além dos acréscimos nos teores dos macronutrientes e micronutrientes do solo.

## Referências Bibliográficas

ABAYE, A. O.; ALLEN, V. G.; FONTENOT, J. P. Grazing sheep and cattle together or separately: effect on soils and plants. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 3, p. 380-386, May/June 1997.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. de; ALMEIDA, E. X. de; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elfante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, maio 2000.

BLACK, C. A. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v. 1. (ASA. Agronomy, 9).

CALDEIRA, M. V. W.; CARVALHO, A. R. V.; ZAGO, V. C. P.; ANDRADE, A. G. Caracterização das propriedades físicas de um planossolo sob pastagem. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...** Águas de Lindóia: SBCS, 1996. 1 CD-ROM.

CARVALHO, S. R. **Influência de dois sistemas de manejo de pastagens na compactação de uma Terra Roxa Estruturada**. 1976. 89 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo, Piracicaba.

CHANASYK, D. S.; NAETH, M. A. Grazing impacts on bulk density and soil strength in the foothills fescue grassland of Alberta, Canada. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, n. 4, p. 551-557, Nov. 1995.

DECHEN, S. C. F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O. M. de. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 133-137, maio/ago. 1981.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FAO. **La erosión del suelo por el agua**: algunas medidas para combartirla en las tierras de cultivo. Roma, 1967. 207 p. (FAO. Cuadernos de Fomento Agropecuario, 81).

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 232-267.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, jul. 2000.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa**: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).

MULLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. de F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F. da S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento das raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 11, p. 1409-1418, nov. 2001.

NEWMAN, E. I. A method of estimating the total length of root in a sample. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 3, p. 139-145, 1966.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; BALBINO, L. C.; BUSO, L. H.; YOKOYAMA, L. P.; MAGNABOSCO, C. de U.; SCARPATI, M. T. V. **Sistema Barreirão**: emprego de micronutrientes na recuperação de pastagens. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 36 p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 30).

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de. **Sistema Barreirão**: renovação/recuperação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 90 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 64).

OUSSIBLE, M.; CROOKSTON, R. K.; LARSON, W. E. Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 1, p. 34-38, Jan./Feb. 1992.

PROFFITT, A. P. B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M. R.; EASTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a red-brow earth. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 44, n. 2, p. 317-331, 1993.

PROFFITT, A. P. B.; BERLINER, P. R.; OOSTERHUIS, D. M. A comparative study of root distribution and water extraction efficiency by wheat grown under high- and low-frequency irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 5, p. 655-662, Sept./Oct. 1985.

SANTOS, D. **Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (epialóico) dos Campos da Mantiqueira (MG)**. 1993. 99 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N; PRUSKI, F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALBUQUERQUE, M. A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 5, p. 669-678, maio 2002.

TAYLOR, H. M. Methods of studying root systems in the field. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 4, p. 952-956, Aug. 1986.

WILLATT, S. T.; PULLAR, D. M. Changes in soil physical properties under grazed pastures. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 22, n. 3, p. 343-348, Aug. 1984.