

Avaliação do impacto ambiental de sistemas intensivos de produção de carne bovina conduzidos em pastanges



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sudeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 14

Avaliação do impacto ambiental de sistemas intensivos de produção de carne bovina conduzidos em pastagens¹

Odo Primavesi
Luciano de Almeida Corrêa

¹ Financiamento: Fapesp 98/03761-0.

Embrapa Pecuária Sudeste

Rod. Washington Luiz, km 234
Caixa Postal 339
Fone: (16) 3411-5600
Fax: (16) 3361-5754
Home page: www.cppse.embrapa.br
E-mail: sac@cppse.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Rui Machado
Secretário-Executivo: Edison Beno Pott
Membros: Carlos Eduardo da Silva Santos, Maria Cristina C. Brito,
Waldomiro Barioni Junior, Sônia Borges de Alencar

Revisor de texto: Edison Beno Pott
Normalização bibliográfica: Sônia Borges de Alencar
Foto da capa: Odo Primavesi
Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito

1ª edição on-line (2008)**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 Pecuária Sudeste**

Odo Primavesi

Avaliação do impacto ambiental de sistemas intensivos de produção de carne bovina conduzidos em pastagens [Recurso eletrônico]/ Odo Primavesi, Luciano de Almeida Corrêa. — São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008.

Modo de Acesso: <<http://www.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacaogratis/boletim-de-pesquisa-desenvolvimento/Boletim14.pdf/view.>>

Título da página da Web (Acesso em 11 de março de 2008).
52p. — (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pecuária Sudeste, 14).

ISSN 1981-2078

1. Impacto ambiental – Bovino - Pastagem - produção de carne I. Primavesi, Odo. II. Corrêa, Luciano de Almeida. III. Título. IV. Série.

CDD 333.72

© Embrapa 2008

Sumário

Introdução	9
Material e Métodos	13
1. Fertilidade do solo	15
2. Condutividade hidráulica saturada de campo	16
3. Cobertura de solo	16
4. Distribuição radicular	17
5. Produção de forragem e concentração mineral nas plantas	17
Resultados e Discussão	18
1. Fertilidade do solo sob pastagem de capins do gênero <i>Brachiaria</i> em função da intensidade de manejo em diferentes solos	18
2. Condutividade hidráulica saturada de campo em solos sob pastagens tropicais submetidas a exploração intensiva	36
3. Ocupação e cobertura de solos por capins do gênero <i>Brachiaria</i> em pastagens sob manejo extensivo e sob manejo intensivo	40
4. Distribuição radicular de capins do gênero <i>Brachiaria</i> em função da intensidade de manejo em diferentes solos	44
5. Produção de forragem e concentração mineral nas plantas	48
Conclusão	49
Referências Bibliográficas	50

Avaliação do impacto ambiental de sistemas intensivos de produção de carne bovina conduzidos em pastagens

Odo Primavesi¹

Luciano de Almeida Corrêa¹

Resumo

Existe carência na identificação e na avaliação das características ambientais qualitativas, em específico do solo e do comportamento de forrageiras, de áreas submetidas a manejo intensivo de bovinos de corte, em que há alto aporte de insumos, grande produção de dejetos e aumento de pisoteio. Para aumentar eficácia e alcançar a sustentabilidade desses sistemas de produção, torna-se necessário conhecer os limites e manejar adequadamente as características ambientais determinantes da produção de alimentos. Procurou-se avaliar o impacto causado sobre a qualidade ambiental por sistemas intensivos de produção de bovinos de corte, por meio do monitoramento de características físicas e químicas do solo e de características de desenvolvimento da forrageira em quatro áreas de pastagens sob manejo intensivo e duas sob manejo extensivo, todas localizadas na Embrapa Pecuária Sudeste. Foram avaliados, durante três anos: 1) a permeabilidade do solo por meio da condutividade hidráulica saturada de campo, nas profundidades de 10, 20 e 60 cm, utilizando-se o permeômetro de Guelph; 2) a ocupação e a cobertura de solo pelas forrageiras e 3) a distribuição radicular no perfil do solo em camadas de 20 cm até a profundidade de 100 cm, ambas utilizando-se técnica de análise de imagem. Além disso, anualmente foi realizada a amostragem de solos nas camadas de 0 - 10, 10 - 20, 20 - 40, 40 - 60, 60 - 80 e 80 - 100 cm, e em maior profundidade quando as análises indicaram aumento nas características químicas nas camadas mais profundas, para determinação e monitoramento do teor de matéria orgânica (MO), do pH em água, do pH em CaCl₂, dos teores trocáveis de K, Ca, Mg e Al, dos teores disponíveis de P, da capacidade de troca catiônica e da saturação por bases. Este estudo visou identificar processos de acidificação, de lixiviação de cátions ou de acúmulo de P e MO nas camadas superficiais de solos sob pastagem de *Brachiaria*

¹ Pesquisadores da Embrapa Pecuária Sudeste. Rod. Washington Luiz, km 234, Caixa Postal 339, 13560-970, São Carlos, SP. Endereço eletrônico: <odoprima@yahoo.com.br>, <luciano@cnpse.embrapa.br>.

decumbens (Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico - LVAd e Latossolo Vermelho Distroférico - LVdf) e de *B. brizantha* cv. Marandu (LVAd, LVdf, Latossolo Vermelho Distrófico e Nitossolo Vermelho Eutroférico), com manejo extensivo e com manejo intensivo, respectivamente. Neste estudo não foram avaliados os cruzamentos entre raças de bovinos, mas sim o impacto do manejo intensivo e do manejo extensivo, relacionados ao nível de adubação e à carga animal. Também foi determinada a produção de forragem e o teor mineral da forragem no primeiro ano. Os resultados obtidos permitiram concluir que em pastagens manejadas intensivamente de forma rotacionada e adubadas de maneira adequada ocorre aumento ou manutenção da fertilidade do solo. O manejo de calagem e de adubação mineral adotado foi adequado para evitar acúmulo, perdas por lixiviação ou acidificação do solo. O monitoramento anual é necessário para corrigir desvios de fertilidade em sistemas intensivos de produção e para evitar excessos de nutrientes, que podem ser fonte de contaminação ambiental. Nas pastagens sob manejo extensivo, com controle de lotação, verificou-se que há processo lento de redução na fertilidade do solo. Tende a ocorrer redução na disponibilidade de nutrientes essenciais ao longo dos anos, com queda no pH e na saturação por bases. Pastagens exploradas intensivamente sob pastejo rotacionado, ou exploradas extensivamente sob pastejo alternado, ambos com controle da altura de resíduo pós-pastejo, mantiveram ou aumentaram a condutividade hidráulica saturada de campo na camada de 0 a 10 cm. A condutividade hidráulica variou de 0,8 a 4,1 m.h⁻¹, dependendo do tipo de solo, e aumentou com a profundidade independentemente do manejo da pastagem e do tipo de solo. Pastagens adubadas e manejadas intensivamente mantiveram adequada ocupação (variou de 62% a 98%) e adequada cobertura (variou de 86% a 98%) do solo pela forrageira, e sua proteção contra agentes erosivos. Pastagens adubadas e manejadas intensivamente, comparadas com manejo extensivo, apresentaram o dobro da densidade de raízes no perfil do solo, com redução em 15,6% na densidade radicular relativa da camada superficial de 0 a 40 cm e aumento em 72% na camada entre 60 e 100 cm, provavelmente por haver maior oferta de cálcio em profundidade, com reflexo positivo sobre a produção de forragem no período seco do ano. Concluiu-se que nos sistemas intensivos as características físicas e químicas dos solos e a estrutura desejável da forrageira, com uso controlado de insumos e de lotação animal, podem ser mantidas ou melhoradas, considerando a qualidade ambiental.

Termos para indexação: Fertilidade do solo; manejo extensivo; manejo intensivo rotacionado; pastagens tropicais; adubação mineral; condutividade hidráulica saturada de campo; ocupação do solo; cobertura do solo; distribuição radicular; produção de forragem.

Evaluation of environmental impact of intensive grazing beef cattle raising systems

Abstract

There is a lack of identification and evaluation of environmental quality characteristics, especially of soil and of forage response, under intensive beef cattle management, with great input, great feces production and increase of animal trampling on soil. Knowledge of environmental characteristic limits to an adequate management for feed production is necessary to reach efficacy and sustainability of these production systems. The impacts were measured by monitoring soil physical and chemical characteristics, and forage development in four pasture areas under intensive management and in two areas under extensive management, at Southeast Embrapa Cattle, in São Carlos, SP, Brazil. During three years, the following characteristics were evaluated: 1) soil permeability by measuring saturated field hydraulic conductivity, at 10, 20 and 60 cm, using the Guelph permeameter; 2) soil occupation and covering by forages and 3) root distribution in 20 cm soil layer down to 100 cm depth, both by using the image analysis technique. In addition, an annual soil sampling from the 0 - 10, 10 - 20, 20 - 40, 40 - 60, 60 - 80 and 80 - 100 cm layer, or deeper when necessary if chemical soil characteristics appeared changed, was performed, in order to monitor organic matter level (OM), soil pH in water and in CaCl_2 , exchangeable K, Ca, Mg and Al concentrations, available P, cation exchange capacity and base saturation. The goal was to identify processes of soil acidification, cation leaching or P and OM accumulation in soil superficial layers under extensively managed *Brachiaria decumbens* pastures and under intensively *B. brizantha* managed pastures. Beef cattle breeds were not evaluated, only management intensity related to fertilizer use and animal stocking rate. In the first year also forage yield and mineral concentration were measured. Results allow the conclusion that intensive managed pastures in a grazing-resting time sequence, and adequately fertilized, may increase or maintain soil fertility. Limestone and fertilizer use was adequate to avoid mineral accumulation, losses by leaching or soil acidification. Annual monitoring is necessary to correct any soil fertility deviation in intensive

production systems to avoid nutrient surpluses that may be an environmental contaminant source. Under extensive managed pastures, with animal stocking rate control, occurs a slow process of soil fertility decrease, such as that of pH values, essential nutrient availability and base saturation. Pastures managed intensively, under rotational grazing, or managed extensively under alternated grazing, both keeping an adequate post grazing forage residue height, maintained or increased the saturated field hydraulic conductivity (SFHC) in the 0 - 10 cm surface soil layer. SFCH did vary from 0,8 to 4,1 m.h⁻¹ depending on soil type, and increased with soil depth, independently of pasture management and soil type. Fertilized pastures intensively managed maintained adequate soil occupation rate (between 62% to 98%) and soil cover rate (between 86% and 98%) by forage, and protected soil against erosion agents. Fertilized pastures intensively managed, compared to extensively management, had twice the amount of root density in soil profile, with a reduction of 15,6% in the 0 - 40 cm surface layer and an increase of 72% in the 60 - 100 cm soil layer, perhaps due to greater calcium concentration in depth, with a positive effect of forage yield in the dry period. In conclusion, soil physical and chemical characteristics and desirable forage plant structure may be maintained or improved in intensive production systems, considering environmental quality, by controlled use of inputs and animal stocking rate.

Index terms: Soil fertility, intensive management, intensive rotational management, tropical pastures, mineral fertilizer use, saturated field hydraulic conductivity, soil occupation, soil cover, root distribution, forage yield.

Introdução

A produção agrícola sustentável prevê que haja manejo adequado dos recursos naturais, lucro e qualidade de vida do produtor rural, de sua família e de seus empregados, com manutenção da qualidade ambiental. Na região tropical, o fundamento para a sustentabilidade global do estabelecimentos agrícolas passa pela recuperação e pela manutenção de características físicas, químicas e biológicas do solo, por meio do manejo adequado e suficiente de material orgânico sobre sua superfície e na camada superficial. O material orgânico mais eficiente em produção e em persistência é aquele oriundo de gramíneas. Para que a produção de matéria seca de gramíneas seja abundante, há necessidade de introduzir nitrogênio no sistema. Em condições de insuficiente estímulo nutricional das gramíneas tropicais, a partir do solo ou da serapilheira, agravadas pela prática de eliminação (queimada, superpastejo) ou pela redução de retorno de material orgânico ao solo, verifica-se degradação rápida das pastagens. Surgem então espaços livres ocupados por plantas mais adaptadas às condições locais, as invasoras. Essas plantas, que podem ser forrageiras menos exigentes, muitas vezes os produtores tentam eliminar com roçadas ou aplicação de herbicidas. O impedimento ao bom desenvolvimento da planta forrageira por nutrição insuficiente, por superpastejo ou por queimada, além de prejudicar a longevidade da pastagem, causa o agravamento de processos erosivos do solo e a diminuição de sua fertilidade, ao expor o solo às chuvas tropicais, fatores que necessitam ser evitados em sistemas eficazes de produção animal em pastagens.

Quando se considera que as pastagens na pecuária tradicional brasileira permitem a média de lotação de 0,6 unidade animal (UA = 450 kg de peso vivo), ou seja, que em 190 milhões de hectares de pastagem - 70% com algum grau de degradação - há 164 milhões de animais ou em torno de 122 milhões de UA, e que se existisse possibilidade de elevar a lotação para 1,2 UA, verifica-se que haveria liberação de 90 milhões de hectares de pastagens para utilização em atividades agrícolas e que se eliminaria a pressão sobre florestas remanescentes. Na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP, com base em simulações e em trabalhos reais iniciados na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, SP (Corsi & Nussio, 1993), foi desenvolvido pacote tecnológico que permite elevar a lotação animal para 5 UA.ha⁻¹, sem irrigação (Camargo et al., 2002a, b), e até 10 UA.ha⁻¹, com irrigação, em locais com inverno mais quente. Ou seja, poder-se-ia reduzir a área utilizada para 1/8 ou mesmo 1/16, ou aumentar a lotação em 8 a 16 vezes, utilizando pastagens de forrageiras tropicais adubadas, sob pastejo rotacionado. Esse fato sugere que esse manejo intensivo, além de possibilitar o aumento de produção por hectare, atenderia a legislação ambiental. Mas então surgiu a dúvida de que a intensificação poderia prejudicar a cobertura vegetal do solo e sua proteção, e causar impactos químicos sobre a qualidade ambiental, como a decorrente de lixiviação de nutrientes aplicados acima da capacidade de armazenamento do solo ou de ciclagem das forrageiras utilizadas.

Além disso, sistemas de produção de carne e de leite bovino podem tornar-se mais competitivos, com aumento na produtividade de pastagens de forrageiras tropicais e com conseqüente redução no custo de produção por unidade de produto gerado. Porém, o aumento no uso de calcário e da lotação animal pode levar à compactação do solo, à redução de macroporos, à diminuição na infiltração de águas pluviais e à redução na recarga do lençol freático e do aquífero.

Somente a utilização de sistemas de manejo que possibilitam obter alta produção por área com baixo custo unitário do produto gerado permitirá que o proprietário e sua família possam manter um mínimo de qualidade de vida, num mercado competitivo. Neste caso, em que é exigida lotação animal mais elevada, portanto, produtividade maior de biomassa forrageira, é necessário o uso de corretivos de acidez e de fertilizantes. Esses insumos são estimulantes nutricionais do desenvolvimento vegetal, especialmente no início do processo de aumento de capacidade de suporte biológico do solo, podendo-se reduzir a quantidade utilizada à medida que aumenta a reserva orgânica reciclável do solo.

Um dos pré-requisitos para o manejo intensivo racional e sustentável de produção de carne bovina é o conhecimento detalhado e completo do sistema de produção e das características dos recursos naturais, por parte do administrador ou do proprietário da unidade de produção, para que ele possa exercer o controle de qualidade e o manejo adequado dos processos, dos insumos utilizados e da mão-de-obra especializada.

Em estudos anteriores, Primavesi et al. (1999b) verificaram que a intensificação da produção de forragem, utilizando adubação mineral, a fim de permitir maior lotação animal por hectare, poderia aumentar o risco de desocupação (isto é, haver menor população de plantas e de touceiras por unidade de área) do solo por plantas forrageiras, por causa de acentuação de competição interespecífica (entre espécies vegetais) e intra-específica (entre indivíduos e entre touceiras da mesma espécie vegetal), e diminuir a cobertura do solo quando a forrageira fosse rebaixada, em especial quando as plantas forem cespitosas formadoras de touceiras, mas não quando se tratar de espécies decumbentes ou rasteiras. Resultados preliminares também mostraram que o manejo e o retorno adequado de material orgânico na superfície do solo, em um sistema intensivo de produção de leite com base em pastagens (Primavesi et al., 1999a), pode reduzir ou evitar esse problema. Verificou-se também que uma pastagem submetida a baixa lotação e na qual a produção de biomassa é insuficiente para atender à demanda animal pode trazer impactos negativos superiores aos de pastagens com elevada lotação mas com oferta de forragem superior à demanda.

Neste estudo de casos comparativo, foram monitoradas características químicas do solo: pH, teor de matéria orgânica, cálcio, potássio e saturação por bases. Tais variáveis foram avaliadas com o objetivo de encontrar indicação do manejo mais sustentável do ponto de vista ecológico, considerando como premissas a manutenção de características ótimas para a

maior produção de biomassa vegetal e a menor perda de minerais ao longo do perfil do solo, como verificado por Primavesi et al. (1999c e 2001). Foi também avaliada a variação na condutividade hidráulica saturada de campo, em diferentes solos sob pastagens tropicais manejadas em sistema extensivo e em sistema intensivo sob pastejo com bovinos de corte, bem como foi medido o grau de ocupação (um dia após retirada dos animais) e a cobertura (ao final do período de descanso da forrageira) do solo por pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) em diferentes tipos de solo e em diferentes níveis de manejo. Foram avaliadas ainda a distribuição radicular das forrageiras, em função dos sistema de manejo, a produção de forragem e o teor mineral das plantas.

Material e Métodos

O monitoramento das pastagens ocorreu no período de maio de 1999 a maio de 2004, na Embrapa Pecuária Sudeste, situada em São Carlos, SP (latitude 22°01' S e longitude 47°54' W, em altitude de 836 m, sob clima tropical de altitude). Foi realizado monitoramento da fertilidade do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (260 g.kg⁻¹ de argila na superfície) e do Latossolo Vermelho Distroférrico (antigo Latossolo Roxo; 400 g.kg⁻¹ de argila) em pastagem de capim-braquiária. Esta gramínea, que é adaptada a condições de baixa fertilidade, foi manejada sem adubação mineral e conduzida de forma extensiva, com lotação por vacas da raça Nelore em torno de 1 UA.ha⁻¹ o ano todo. O monitoramento foi feito também em

pastagens de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) manejadas intensivamente, já que esta espécie responde melhor ao estímulo da adubação. As pastagens de capim-marandu foram utilizadas sob pastejo rotacionado, com vacas da raça Nelore e vacas cruzadas Nelore x Canchim, Nelore x Simental e Nelore x Angus, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico), Latossolo Vermelho Distrófico típico (antigo Latossolo Vermelho Escuro; 290 g.kg⁻¹ de argila), Latossolo Vermelho Distroférico e Nitossolo Vermelho Eutroférico (antiga Terra Roxa Estruturada; 450 g.kg⁻¹ de argila). Não foi considerado o efeito de raça ou de tamanho animal sobre as características de solo e de pastagem, somente o grau de intensidade de manejo caracterizado pela lotação animal e pela intensidade de uso de adubos e de corretivos. Tanto na exploração extensiva como na intensiva a altura do resíduo foi controlado. No sistema extensivo foi utilizado pastejo alternado, mudando-se os animais quando a disponibilidade de forragem residual atingia em torno de 1.800 kg.ha⁻¹ de matéria seca. Ocorreu média de descanso de 60 dias e de ocupação em torno de 30 dias. No sistema rotacionado os animais sempre foram mudados de piquete quando o resíduo atingia em torno de 20 cm de altura. O período de descanso foi de 36 dias, seguido de três dias de ocupação nas águas, e de 60 dias de descanso e cinco dias de ocupação na seca, com média anual de lotação em torno de 6 UA.ha⁻¹. Na época da seca, no sistema intensivo, os animais foram tratados com silagem de capim em complementação à

pastagem. Nas pastagens manejadas intensivamente, procurou-se elevar a saturação por bases para 70% e o teor de fósforo para o valor mínimo de 12 mg.kg⁻¹; houve adubação de micronutrientes FTE BR-12 na base de 50 kg.ha⁻¹ a cada três anos. A adubação de N na forma de uréia e de K₂O na forma de KCl foi de aproximadamente 200 kg.ha⁻¹ cada, parcelada em quatro vezes, no período das chuvas (novembro a março). Na época seca do ano foi feita a correção do solo com calcário aplicado em cobertura, em torno de 1 t.ha⁻¹ por ano. Foram realizados monitoramentos químicos e físicos, descritos a seguir.

1. Fertilidade do solo

Foi realizada determinação rotineira de pH em água, pH em CaCl₂, matéria orgânica (g.kg⁻¹), Ca, Mg, K e Al trocáveis, H⁺ + Al (mmol_c.dm⁻³) e P-resina (mg.dm⁻³), de acordo com métodos descritos em Raij et al. (2001), nas camadas de 0 - 10, 10 - 20, 20 - 40, 40 - 60, 60 - 80 e 80 - 100 cm na primeira amostragem. Cada amostra, por área, foi composta de 20 subamostras. A coleta das amostras de terra ocorreu anualmente no final do período chuvoso (abril a junho). Foram consideradas seis áreas em cada tipo de solo e seis camadas em cada área escolhida aleatoriamente no piquete, durante três anos de observação. As áreas constaram de dois solos manejados extensivamente e de quatro solos manejados intensivamente.

2. Condutividade hidráulica saturada de campo

A condutividade hidráulica saturada de campo foi medida segundo método proposto por Lombardi et al. (1993), utilizando permeâmetro de Guelph, com valores expressos em metros de coluna de água por dia ($m.d^{-1}$). Em cada área, foi medida a condutividade em 25 pontos, dispostos em um retângulo de 5 x 5 pontos, espaçados de 10 m no comprimento e de 5 m na largura. Em cada ponto foram realizadas leituras nas camadas de 10, 20 e 60 cm, no início do período seco do ano, em 1999, 2001 e 2005.

3. Cobertura de solo

Foram tomadas imagens com câmera de sistema VHS-c, de cada pasto em estudo, sobre uma torre de filmagem de 8 m de altura. Seis imagens seqüenciais por área filmada foram digitalizadas e a área ocupada e a área coberta do solo foi determinada mediante tratamento de imagem com o *software* Siarcs 3.0 (Crestana et al., 1994). Este acompanhamento foi anual, com amostragens realizadas no período das chuvas (dezembro a março), em dois pontos por área, com a análise de seis fotos por ponto, numa seqüência de fotos do desenvolvimento vegetal no 1º, no 14º, no 21º e no 35º dia, para acompanhar a taxa de fechamento da superfície do solo. Foram consideradas seis áreas, dois locais em cada área, cinco ou seis seqüências em cada local e seis fotos em cada seqüência, durante três anos de observação.

4. Distribuição radicular

Em cada ano, para cada área, foram abertas trincheiras de 250 cm de comprimento x 150 cm de largura e 150 cm de profundidade, em agosto, o mês mais seco do ano. A metodologia adotada para a avaliação da distribuição radicular (% e $\text{cm}^2 \cdot 2000 \text{ cm}^{-2}$) foi aquela apresentada por Crestana et al. (1994). Em cada trincheira demarcou-se ao acaso quatro painéis de 1 m^2 , a partir da superfície, com cinco camadas de cinco quadrículas de 0,20 x 0,20 m, devidamente identificadas. Destas quadrículas foram tomadas imagens, uma a uma, com o tempo aproximado de 30seg, com uma filmadora Handycam posicionada a 1 m perpendicularmente ao perfil do solo, previamente escarificado. As imagens foram digitalizadas e analisadas com auxílio do programa Siarcs 3.0, em ambiente Windows (Jorge & Crestana, 1996; Primavesi et al., 1997).

Os resultados foram obtidos na forma de área, em cm^2 , de raízes encontradas em 2.000 cm^2 de cada quadrícula. Para permitir melhor comparação e visualização, calculou-se a participação porcentual das raízes de cada camada em relação ao total no perfil de solo analisado; disso resultou a densidade radicular relativa, dada em porcentagem.

5. Produção de forragem e concentração mineral nas plantas

A colheita de matéria seca de forrageiras ocorreu ao final do período de descanso, para determinar a produtividade, a extração mineral e o balanço nutricional. Foram coletadas seis

amostras por área (sistema de manejo), utilizando quadrado de 2 x 3 m, em pontos predeterminados. A massa fresca foi determinada em cada amostra. Dessas seis amostras foi composta uma, para determinação de massa seca e de características químicas (N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Cu, Fe, Mn). Foram consideradas seis áreas do primeiro ano.

Análise estatística

Os dados foram analisados individualmente, com cálculo do erro padrão da média, e também foi utilizado modelo de parcelas subdividas no tempo, com área em cada solo (parcelas) e anos (subparcelas) para cada profundidade. Foram utilizados análise de variância para calcular o teste F e o teste de Tukey para comparar as médias.

Resultados e Discussão

1) Fertilidade do solo sob pastagem de capins do gênero *Brachiaria* em função da intensidade de manejo em diferentes solos

Ocorreu diferença ($P < 0,01$) entre manejo, entre solos, entre camadas e entre anos no pH em água e em CaCl_2 (Tabelas 1.1 e 1.2). Essa diferença foi menor nas pastagens sob manejo extensivo não adubadas. O pH em CaCl_2 aumentou nas camadas superficiais dos solos adubados comparado com aquele dos pastos manejados extensivamente (Figura 1). Os dados mostram que as doses de calcário utilizadas foram suficientes para corrigir a acidez fisiológica dos adubos nitrogenados.

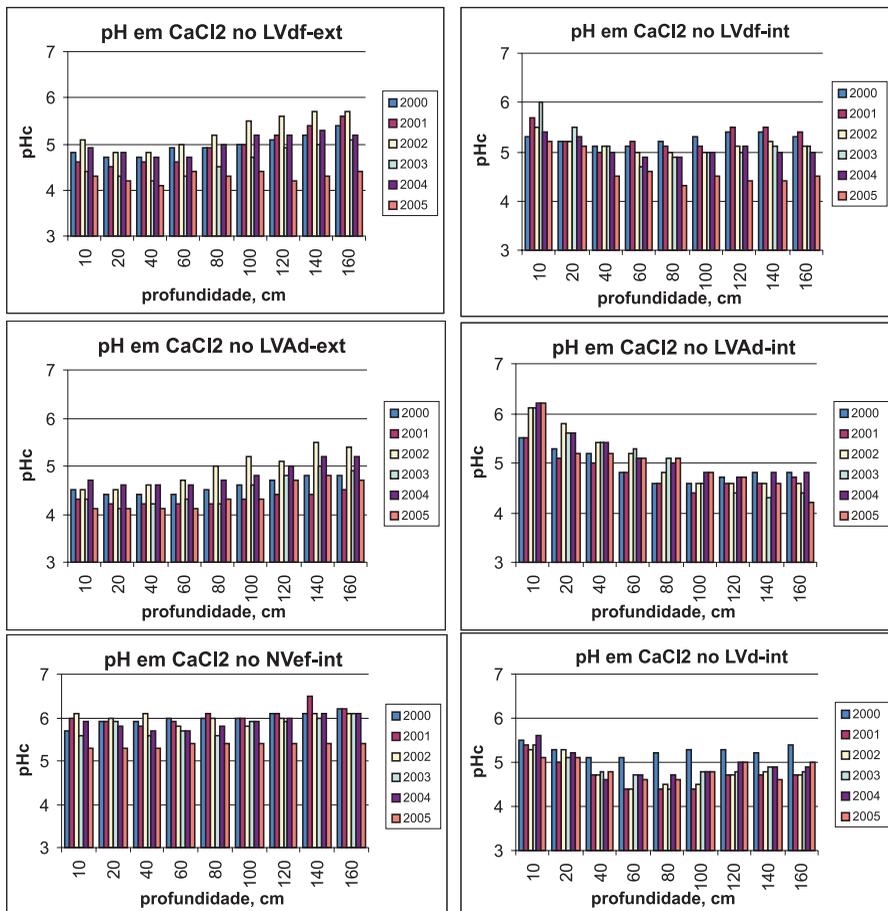


Figura 1. Variação do pH em CaCl₂ em função de tipo de manejo (extensivo, intensivo), tipo de solo, profundidade, e anos de manejo. LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, LVd = Latossolo Vermelho distrófico, LVdf = Latossolo Vermelho distroférico e Nvef = Nitossolo Vermelho eutroférico.

Tabela 1.1. Média do pH em água de solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* (LVAd e LVdf) e *B. brizantha* cv. Marandu (LVAd, LVd, LVdf e NVEf), com manejo extensivo e com manejo intensivo, respectivamente, em diferentes profundidades e em diferentes anos de amostragem.

Local Solo	Média	Camada (cm)	Média	Ano	Média	Argila no solo (g.kg ⁻¹)
LVdf-e	5,5 bc	0 – 10	6,0 a	2000	5,8 ab	400
LVA-e	5,4 c	10 – 20	5,8 b	2001	5,7 b	260
LVA-i	5,6 b	20 – 40	5,7 bc	2002	5,8 ab	260
LVdf-i	5,5 b	40 – 60	5,6 c	2003	5,7 ab	400
NVEf-i	6,4 a	60 – 80	5,5 c	2004	5,8 a	450
LVd-i	5,5 b	80 – 100	5,5 c	2005	5,1 c	290
		100 – 120	5,5 c			
		120 – 140	5,5 c			
		140 – 160	5,5 c			
CV (%)	4,7					
R ² (%)	81					
DMS	0,1		0,2		0,1	

Ocorreu interação de ano x local ($P < 0,01$), de ano x camada ($P < 0,01$) e de local x camada ($P < 0,01$).

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVEf = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; e = extensivo; i = intensivo.

CV = coeficiente de variação; R² = coeficiente de correlação; DMS = diferença mínima significativa.

Tabela 1.2. Média do pH em CaCl_2 de solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* (LVAd e LVdf) e *B. brizantha* cv. Marandu (LVAd, LVd, LVdf e NVef), com manejo extensivo e com manejo intensivo, respectivamente, em diferentes profundidades e em diferentes anos de amostragem.

Local Solo	Média	Camada (cm)		Ano	Média	Argila no solo (g.kg^{-1})
			Média			
LVdf-e	4,8 d	0 – 10	5,3 a	2000	5,2 a	400
LVA-e	4,6 e	10 – 20	5,1 bc	2001	5,0 b	260
LVA-i	5,0 bc	20 – 40	4,9 cd	2002	5,2 a	260
LVdf-i	5,1 b	40 – 60	4,9 d	2003	5,0 b	400
NVef-i	5,9 a	60 – 80	4,9 d	2004	5,1 a	450
LVd-i	4,9 cd	80 – 100	5,0 bcd	2005	4,7 c	290
		100 – 120	5,1 bcd			
		120 – 140	5,1 ab			
		140 – 160	5,1 ab			
CV (%)	4,5					
R ² (%)	85					
DMS	0,1		0,1		0,1	

Ocorreu interação de ano x local ($P < 0,01$), de ano x camada ($P < 0,01$) e de local x camada ($P < 0,01$).

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; e = extensivo; i = intensivo.

CV = coeficiente de variação; R² = coeficiente de correlação; DMS = diferença mínima significativa.

A mesma resposta ($P < 0,01$) ocorreu com a saturação por bases, entre manejo de solos, entre solos, entre camadas e entre anos (Tabela 1.3; Figura 2).

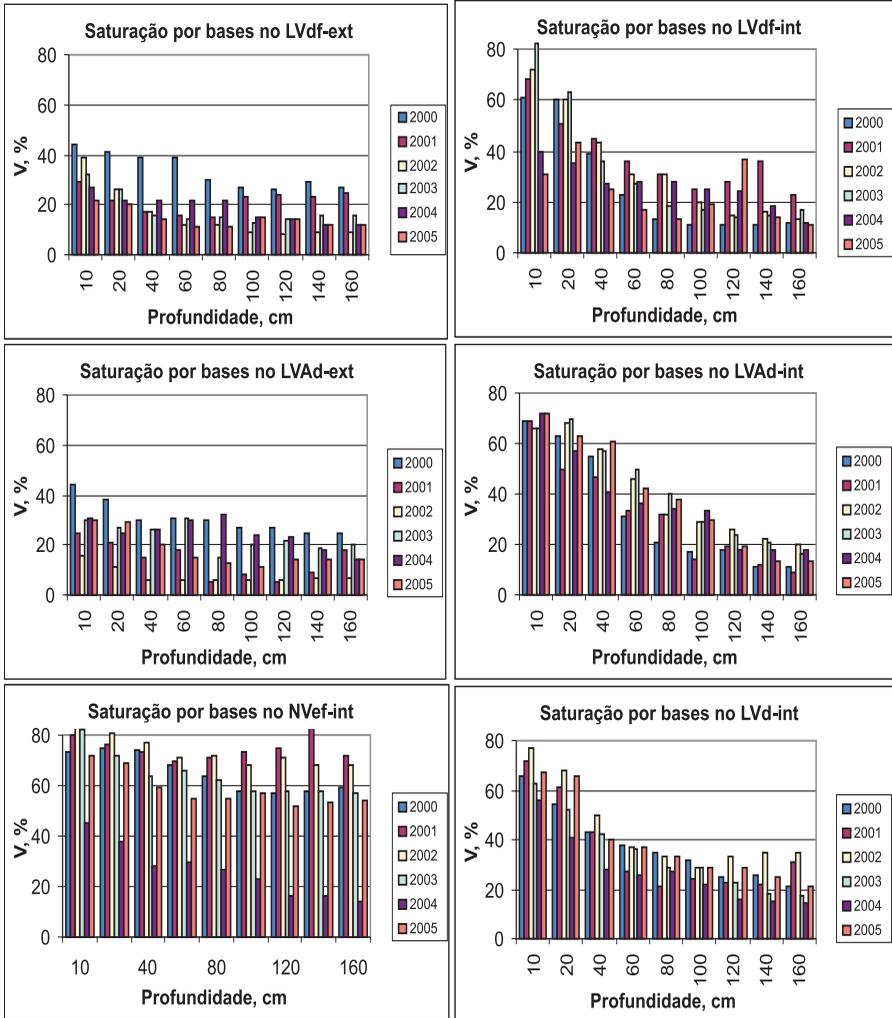


Figura 2. Variação da saturação por bases em função de tipo de manejo (extensivo, intensivo), tipo de solo, profundidade, e anos de manejo. LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, LVd = Latossolo Vermelho distrófico, LVdf = Latossolo Vermelho distroférico e Nvef = Nitossolo Vermelho eutroférico.

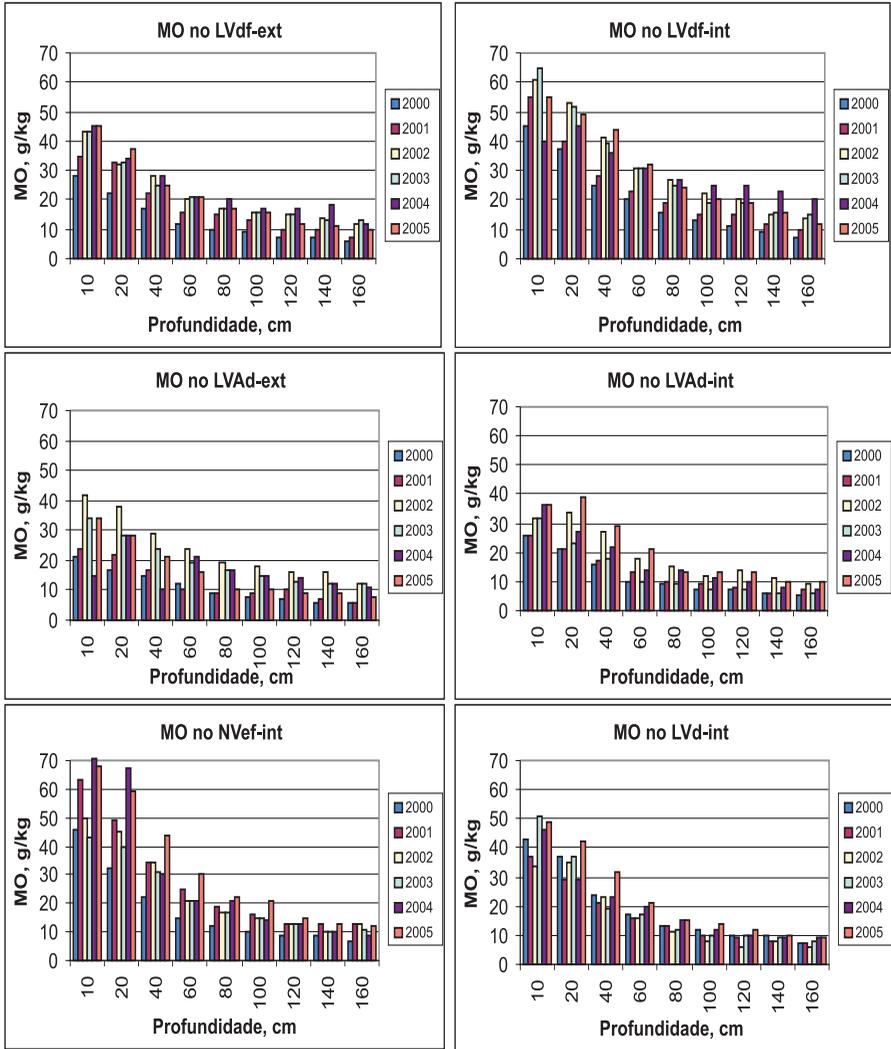


Figura 3. Variação da matéria orgânica no solo em função de tipo de manejo (extensivo, intensivo), tipo de solo, profundidade, e anos de manejo. LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, LVd = Latossolo Vermelho distrófico, LVdf = Latossolo Vermelho distrófico e Nvef = Nitossolo Vermelho eutroférico.

Tabela 1.4. Média do teor de matéria orgânica em solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* (LVAd e LVdf) e *B. brizantha* cv. Marandu (LVAd, LVd, LVdf e NVef), com manejo extensivo e com manejo intensivo, respectivamente, em diferentes profundidades e em diferentes anos de amostragem.

Local Solo	Camada		Ano		Argila no solo (g.kg ⁻¹)	
	Média (g.kg ⁻¹)	(cm)	Média (g.kg ⁻¹)	Média (g.kg ⁻¹)		
LVdf-e	20 c	0 – 10	42 a	2000	16 d	400
LVA-e	17 d	10 – 20	36 b	2001	19 c	260
LVA-i	16 d	20 – 40	26 c	2002	23 ab	260
LVdf-i	28 a	40 – 60	20 d	2003	21 b	400
NVef-i	25 b	60 – 80	16 e	2004	22 ab	450
LVd-i	19 c	80 – 100	14 ef	2005	24 a	290
		100 – 120	12 fg			
		120 – 140	11 fg			
		140 – 160	10 g			
CV (%)	20,6					
R ² (%)	91					
DMS	2	3		2		

Ocorreu interação de ano x local ($P < 0,01$), de ano x camada ($P < 0,01$) e de local x camada ($P < 0,01$).

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférrico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférrico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; e = extensivo; i = intensivo.

CV = coeficiente de variação; R² = coeficiente de correlação; DMS = diferença mínima significativa.

O teor de fósforo disponível no solo variou ($P < 0,01$) com o manejo, com o tipo de solo, com as camadas e com os anos (Tabela 1.5). Seu teor aumentou nas áreas adubadas, comparado com aquele de áreas não adubadas, especialmente onde o teor de argila era maior (Figura 4). Mas a variabilidade entre anos sugere que deve haver controle da concentração de P e reposição se necessária, especialmente quando a produção de fitomassa for intensa.

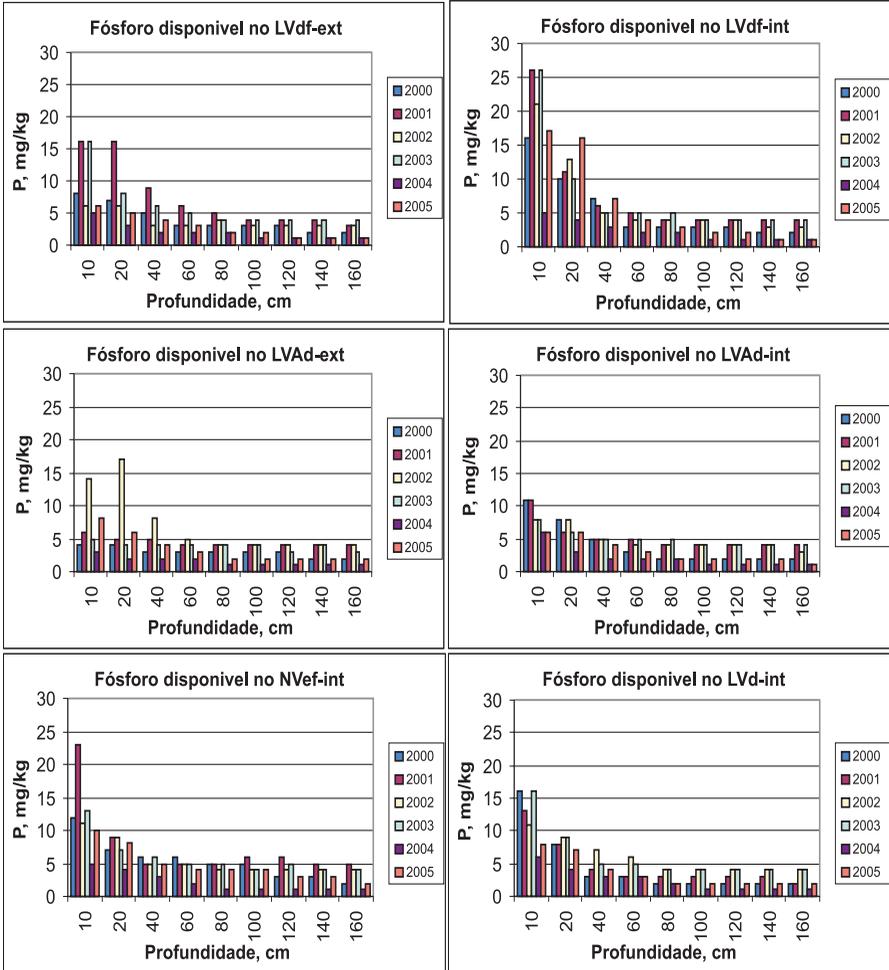


Figura 4. Variação do fósforo disponível no solo em função de tipo de manejo (extensivo, intensivo), tipo de solo, profundidade, e anos de manejo. LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, LVd = Latossolo Vermelho distrófico, LVdf = Latossolo Vermelho distroférico e Nvef = Nitossolo Vermelho eutroférico.

Tabela 1.5. Média do teor de fósforo disponível de solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* (LVAd e LVdf) e *B. brizantha* cv. Marandu (LVAd, LVd, LVdf e NVec), com manejo extensivo e com manejo intensivo, respectivamente, em diferentes profundidades e em diferentes anos de amostragem.

Local Solo	Camada		Ano		Argila no solo (g.kg ⁻¹)	
	Média (mg.dm ⁻³)	(cm)	Média (mg.dm ⁻³)	Média (mg.dm ⁻³)		
LVdf-e	4 bc	0 – 10	11 a	2000	4 b	400
LVA-e	4 c	10 – 20	8 b	2001	6 a	260
LVA-i	4 c	20 – 40	5 c	2002	6 a	260
LVdf-i	6 a	40 – 60	4 cd	2003	6 a	400
NVec-i	5 ab	60 – 80	3 d	2004	2 c	450
LVd-i	5 bc	80 – 100	3 d	2005	4 b	290
		100 – 120	3 d			
		120 – 140	3 d			
		140 – 160	3 d			
CV (%)	40,5					
R ² (%)	80					
DMS	1		1		1	

Ocorreu interação de ano x local ($P < 0,01$), de ano x camada ($P < 0,01$) e de local x camada ($P < 0,01$).

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVec = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; e = extensivo; i = intensivo.

CV = coeficiente de variação; R² = coeficiente de correlação; DMS = diferença mínima significativa.

Com relação ao potássio trocável houve variação ($P < 0,01$) com manejo, com tipo de solos, com camadas e com anos (Tabela 1.6). O teor de K foi menor nos pastos manejados extensivamente, mas ele aumentou em profundidade, inclusive a 160 cm, profundidade máxima monitorada, nas áreas adubadas, comparado com a concentração em pastagens não adubadas (Figura 5). O aumento em profundidade não foi excessivo, o que sugere ter havido bom manejo da calagem, com ativação de cargas pH-dependentes para reter o potássio no complexo de troca, além da aplicação adequada de doses de potássio.

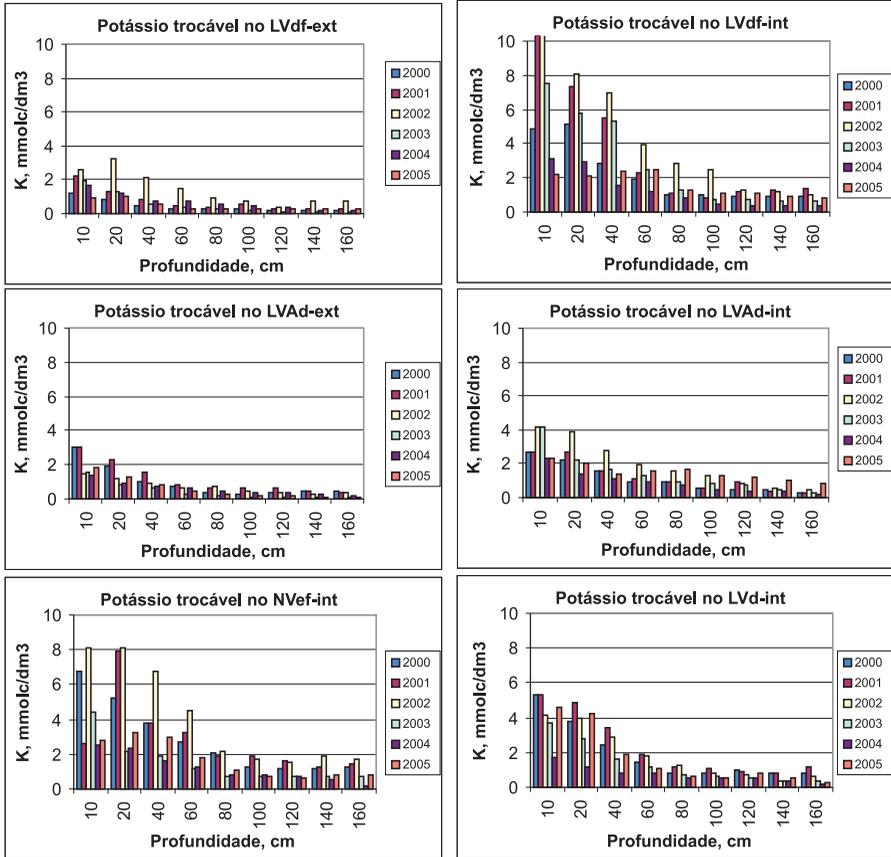


Figura 5. Variação do potássio trocável no solo em função de tipo de manejo (extensivo, intensivo), tipo de solo, profundidade, e anos de manejo LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, LVd = Latossolo Vermelho distrófico, LVdf = Latossolo Vermelho distrófico e Nvef = Nitossolo Vermelho eutroférico.

Tabela 1.6. Média da concentração de potássio trocável em solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* (LVAd e LVdf) e *B. brizantha* cv. Marandu (LVAd, LVd, LVdf e NVef), com manejo extensivo e com manejo intensivo, respectivamente, em diferentes profundidades e em diferentes anos de amostragem.

Local Solo	Camada (cm)		Ano		Argila no solo (g.kg ⁻¹)	
	Média (mmol _c .dm ⁻³)					
LVdf-e	0,7 c	0 – 10	3,8 a	2000	1,6 b	400
LVA-e	0,7 c	10 – 20	3,1 b	2001	2,0 a	260
LVA-i	1,3 b	20 – 40	2,2 c	2002	2,4 a	260
LVdf-i	2,7 a	40 – 60	1,4 d	2003	1,3 bc	400
NVef-i	2,3 a	60 – 80	1,0 de	2004	0,9 c	450
LVd-i	1,6 b	80 – 100	0,8 e	2005	1,2 bc	290
		100 – 120	0,7 e			
		120 – 140	0,6 e			
		140 – 160	0,6 e			
CV (%)	59,5					
R ² (%)	77					
DMS	0,4		0,6		0,4	

Ocorreu interação de ano x local ($P < 0,01$), de ano x camada ($P < 0,01$) e de local x camada ($P < 0,01$).

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; e = extensivo; i = intensivo.

CV = coeficiente de variação; R² = coeficiente de correlação; DMS = diferença mínima significativa.

O teor de cálcio trocável variou ($P < 0,01$) com manejo, com tipo de solo, com camadas e com anos (Tabela 1.7). O menor teor ocorreu nas pastagens extensivas. O teor de cálcio, apesar de o calcário ter sido aplicado em cobertura, foi alterado até profundidades de 80 a 100 cm, em função do teor de argila dos solos (Figura 6).

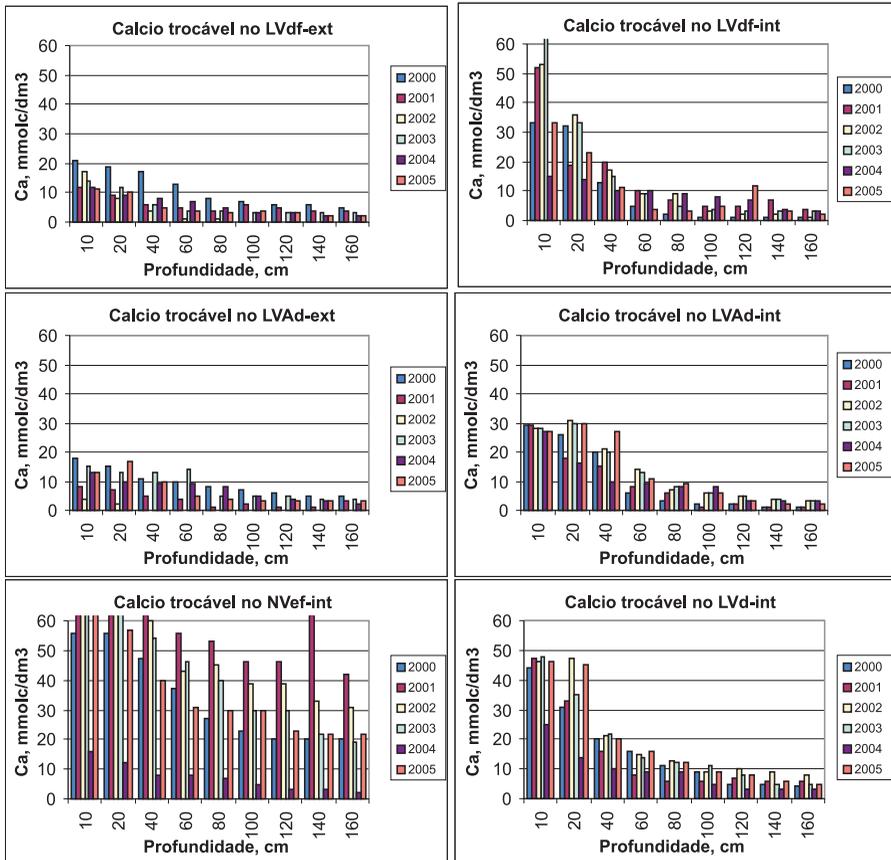


Figura 6. Variação do cálcio trocável no solo em função de tipo de manejo (extensivo, intensivo), tipo de solo, profundidade, e anos de manejo. LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, LVd = Latossolo Vermelho distrófico, LVdf = Latossolo Vermelho distroférico e Nvef = Nitossolo Vermelho eutroférico.

Tabela 1.7. Média do teor de cálcio trocável em solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* (LVAd e LVdf) e *B. brizantha* cv. Marandu (LVAd, LVd, LVdf e NVef), com manejo extensivo e com manejo intensivo, respectivamente, em diferentes profundidades e em diferentes anos de amostragem.

Local Solo	Camada		Ano		Argila no solo (g.kg ⁻¹)	
	Média (mmol _c .dm ⁻³)	(cm)	Média (mmol _c .dm ⁻³)	Média (mmol _c .dm ⁻³)		
LVdf-e	6 d	0 – 10	36 a	2000	15 a	400
LVA-e	6 d	10 – 20	28 b	2001	18 a	260
LVA-i	12 c	20 – 40	19 c	2002	18 a	260
LVdf-i	13 bc	40 – 60	13 c	2003	18 a	400
NVef-i	39 a	60 – 80	11 cd	2004	8 b	450
LVd-i	16 b	80 – 100	9 de	2005	15 a	290
		100 – 120	8 de			
		120 – 140	7 de			
		140 – 160	6 e			
CV (%)	58,6					
R ² (%)	80					
DMS	4		5		4	

Ocorreu interação de ano x local ($P < 0,01$), de ano x camada ($P < 0,01$) e de local x camada ($P < 0,01$).

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; e = extensivo; i = intensivo.

CV = coeficiente de variação; R² = coeficiente de correlação; DMS = diferença mínima significativa.

O mesmo ocorreu com a concentração de magnésio trocável, que variou ($P < 0,01$) com manejo, com tipo de solo, com camadas e com anos (Tabela 1.8). O menor teor ocorreu nas pastagens extensivas. Nas pastagens adubadas sua mobilidade foi pouco superior à do cálcio, atingindo camadas de até 140 cm (Figura 7), mas em quantidade não exagerada, o que sugere manejo adequado de insumos.

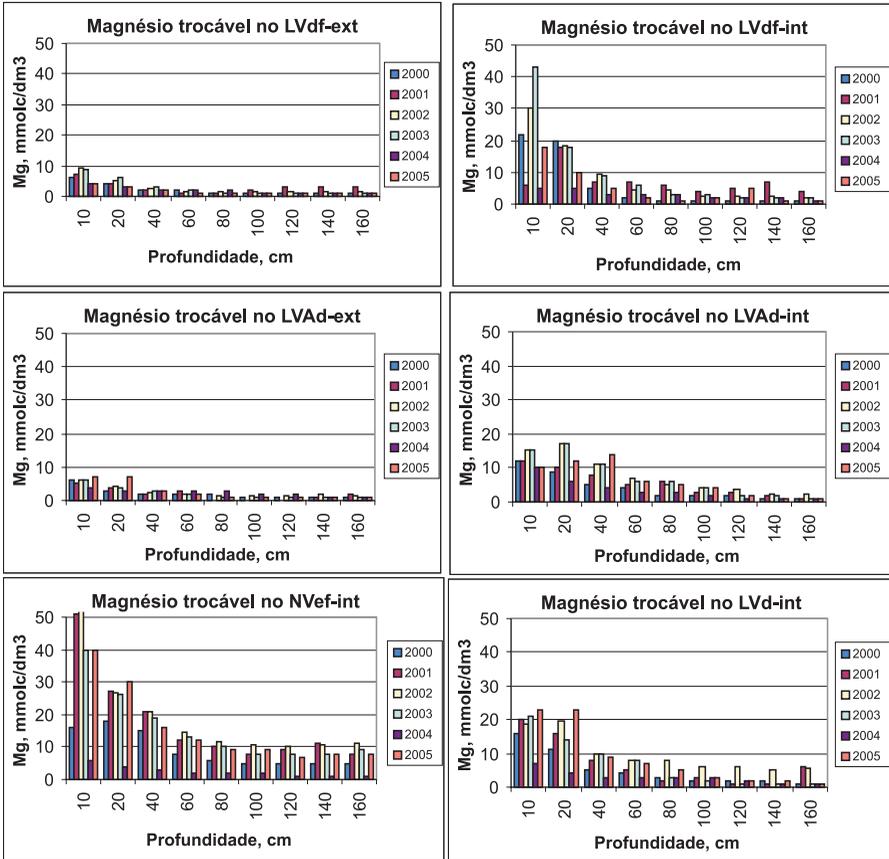


Figura 7. Variação do magnésio trocável no solo em função de tipo de manejo (extensivo, intensivo), tipo de solo, profundidade, e anos de manejo. LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, LVd = Latossolo Vermelho distrófico, LVdf = Latossolo Vermelho distrófico e Nvef = Nitossolo Vermelho eutroférico.

Tabela 1.8. Média do teor de magnésio trocável em solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* (LVAd e LVdf) e *B. brizantha* cv. Marandu (LVAd, LVd, LVdf e NVecf), com manejo extensivo e com manejo intensivo, respectivamente, em diferentes profundidades e em diferentes anos de amostragem.

Local Solo	Camada		Ano		Argila no solo (g.kg ⁻¹)	
	Média (mmol _c .dm ⁻³)	(cm)	Média (mmol _c .dm ⁻³)	Média (mmol _c .dm ⁻³)		
LVdf-e	2 c	0 – 10	16 a	2000	5 b	400
LVA-e	2 c	10 – 20	12 b	2001	7 a	260
LVA-i	6 b	20 – 40	7 c	2002	8 a	260
LVdf-i	7 b	40 – 60	5 cd	2003	7 a	400
NVecf-i	13 a	60 – 80	4 d	2004	4 c	450
LVd-i	7 b	80 – 100	3 d	2005	7 ab	290
		100 – 120	3 d			
		120 – 140	3 d			
		140 – 160	3 d			

CV (%) 63,7
R² (%) 78
DMS 2 2 2

Ocorreu interação de ano x local (P < 0,01), de ano x camada (P < 0,01) e de local x camada (P < 0,01).

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférrico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVecf = Nitossolo Vermelho Eutroférrico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; e = extensivo; i = intensivo.

CV = coeficiente de variação; R² = coeficiente de correlação; DMS = diferença mínima significativa.

A capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva, no pH atual, (Nota de rodapé: A CTC é normalmente calculada para pH 7, raramente atingido em solos tropicais ácidos; esta é a razão de se trabalhar com a CTC no pH atual ou corrente.) mostrou variação (P < 0,01) com o manejo, com o tipo de solo, com as camadas e com os anos (Tabela 1.9). A menor CTC ocorreu nas pastagens extensivas. O aumento em profundidade nos solos de pastagens adubadas (Figura 8) pode estar relacionada à variação no teor de cátions (potássio, cálcio e magnésio), já que a CTC é determinada de forma indireta.

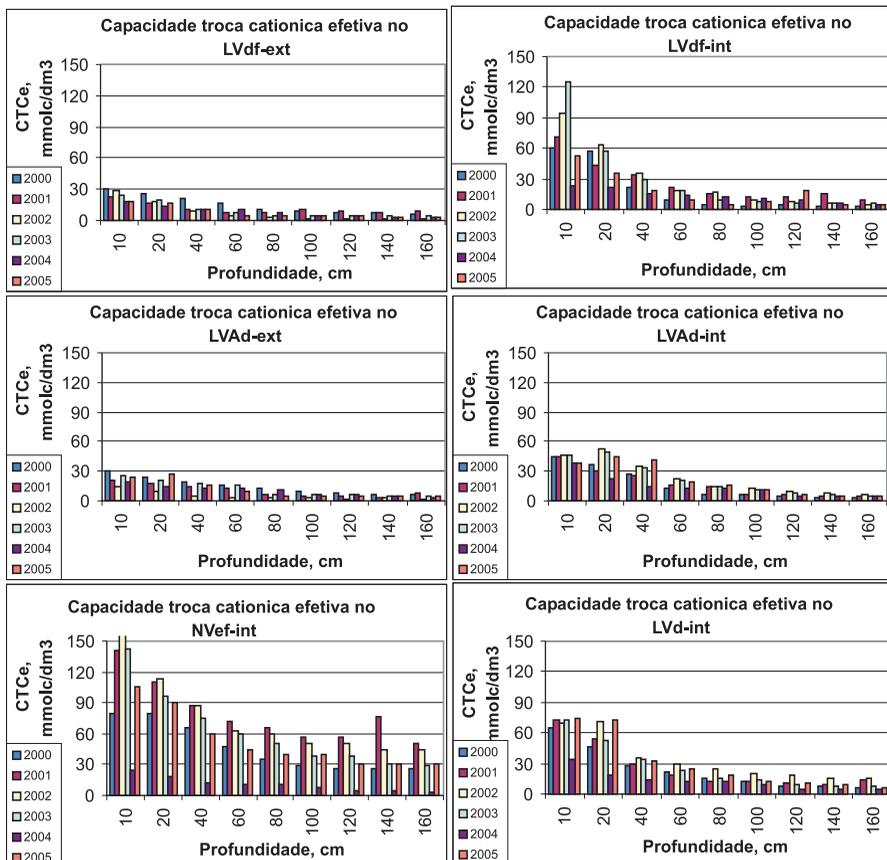


Figura 8. Variação da capacidade de troca catiônica efetiva em função de tipo de manejo (extensivo, intensivo), tipo de solo, profundidade, e anos de manejo. LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, LVd = Latossolo Vermelho distrófico, LVdf = Latossolo Vermelho distroférico e Nvef = Nitossolo Vermelho eutroférico.

Tabela 1.9. Média da capacidade de troca catiônica efetiva (no pH atual) em solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* (LVAd e LVdf) e *B. brizantha* cv. Marandu (LVAd, LVd, LVdf e NVef), com manejo extensivo e com manejo intensivo, respectivamente, em diferentes profundidades e em diferentes anos de amostragem.

Local Solo	Camada (cm)		Ano		Argila no solo (g.kg ⁻¹)	
	Média (mmol _c .dm ⁻³)	Média (mmol _c .dm ⁻³)	Média	Média (mmol _c .dm ⁻³)		
LVdf-e	10 c	0 – 10	57 a	2000	22 b	400
LVA-e	10 c	10 – 20	43 b	2001	29 ab	260
LVA-i	19 b	20 – 40	29 c	2002	29 a	260
LVdf-i	22 b	40 – 60	21 d	2003	27 ab	400
NVef-i	55 a	60 – 80	16 de	2004	12 c	450
LVd-i	25 b	80 – 100	13 de	2005	23 ab	290
		100 – 120	12 e			
		120 – 140	11 e			
		140 – 160	10 e			
CV (%)	136,0					
R ² (%)	58					
DMS	6	7		6		

Ocorreu interação de ano x local ($P < 0,01$), de ano x camada ($P < 0,01$) e de local x camada ($P < 0,01$).

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVA= Latossolo Vermelho-Amarelo; NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; e = extensivo; i = intensivo.

CV = coeficiente de variação; R² = coeficiente de correlação; DMS = diferença mínima significativa.

Nos sistemas intensivos, destacam-se os níveis crescentes de matéria orgânica, de P, de Ca, de K, de saturação por bases e de CTC, além do pH. Surpreendeu o fato de haver enriquecimento em cálcio e em potássio, com elevação de pH e de saturação por bases em camadas mais profundas do que 60 cm, nos sistemas intensivos.

Pode-se concluir que: 1) em pastagens manejadas intensivamente de forma rotacionada e adubadas de maneira adequada ocorre aumento ou manutenção de fertilidade do solo; 2) monitoramento anual é necessário para corrigir desvios de fertilidade em sistemas intensivos de produção e para evitar excessos de nutrientes, que podem ser fonte de contaminação ambiental; 3) em pastagens sob manejo extensivo, com controle de lotação, a disponibilidade de nutrientes essenciais tende a reduzir ao longo dos anos.

2) Condutividade hidráulica saturada de campo em solos sob pastagens tropicais submetidas a exploração intensiva

Ocorreram diferenças ($P < 0,01$) na condutividade hidráulica saturada de campo (CHSC) entre camadas e entre anos, mas não se encontraram diferenças ($P > 0,05$) entre locais (solos). Houve interações de ano x local ($P < 0,05$), de ano x camada ($P < 0,01$) e de local x camada ($P < 0,05$) na CHSC (Tabela 2.1). Na Tabela 2.2 são apresentadas as médias de CHSC com o respectivo erro padrão.

Tabela 2.1. Média da condutividade hidráulica saturada de campo em solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* (LVAd e LVdf) e *B. brizantha* cv. Marandu (LVAd, LVd, LVdf e NVec), com manejo extensivo e com manejo intensivo, respectivamente, em diferentes profundidades e em diferentes anos de amostragem.

Local Solo	Média	Camada (cm)	Média	Ano	Média	Chuvas jun-set	Argila no solo
	(m.d ⁻¹)		(m.d ⁻¹)		(m.d ⁻¹)	(mm)	(g.kg ⁻¹)
LVdf-e	2,0 a	0 – 10	1,4 b	1999	1,8 c	160	400
LVA-e	2,7 a	10 – 20	1,8 b	2001	2,5 b	133	260
LVA-i	2,7 a	50 – 60	4,3 a	2005	3,6 a	63	260
LVdf-i	2,8 a						400
NVec-i	2,3 a						450
LVd-i	2,2 a						290
DMS	0,9		0,5		0,5		

Ocorreu interação de ano x local ($P < 0,05$), de ano x camada ($P < 0,01$) e de local x camada ($P < 0,05$).

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVec = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico; e = extensivo; i = intensivo.

DMS = diferença mínima significativa.

Os maiores valores de CHSC ocorreram a 60 cm de profundidade; houve aumento da média nas três camadas ao longo dos anos. Essa variação mais intensa entre profundidades e entre anos pode ser causada pela maior umidade que havia por ocasião das medidas de campo, decorrente do volume anual de chuvas, e que pode interferir na CHSC, resultando valores menores em solo encharcado e em solo seco. As chuvas de maio a agosto em 1999, 2001 e 2005 foram de 78, 123 e 117 mm, respectivamente.

Na camada de 0 a 10 cm, embora os valores sejam menores do que na de 60 cm, com o decorrer do uso da pastagem os valores de CHSC se mantiveram ou até aumentaram, como no caso do Nitossolo Vermelho Eutroférico sob manejo intensivo. A manutenção dessa CHSC em solos sob exploração extensiva pode ser explicada em parte pelo manejo de pastagem utilizado, pois sempre se evitou o superpastejo. Primavesi et al. (1999b) verificaram que em pastagem de capim-braquiária, explorada extensivamente e com baixa quantidade de resíduo, houve recuperação da permeabilidade do solo quando a planta forrageira foi submetida a um período longo de descanso, o que possibilitou produção de resíduos e aumento da atividade radicular superficial, comparada com pastagem manejada com resíduo adequado continuamente. Deve ser lembrado que em pastagem com solo desprotegido, além de a chuva compactar a superfície do solo, esta superfície se torna seca e quente ao sol, o que impede a atividade radicular descompactadora na superfície. Assim, dificulta-se a recarga do lençol freático, com aumento do risco de erosão pela água que escoar superficialmente, e com diminuição da possibilidade de arejamento do solo. Na exploração intensiva, a manutenção ou até o aumento da CHSC podem ser atribuídos ao manejo da pastagem, que incluía adubação, altura de resíduo e período de descanso. Nesse sistema adubado, com estímulo de produção de biomassa, ocorre quantidade maior de resíduos que retornam ao solo e isto permite a manutenção dessa propriedade do solo, inclusive por haver mais atividade radicular superficial

descompactadora. Esses valores de CHSC parecem ser adequados, pois no sistema intensivo foi possível manter, apenas com pasto, no período das águas, a média de lotação em torno de 6 UA.ha⁻¹. Primavesi et al. (2004) verificaram valores de CHSC entre 0,6 e 1,4 m.d⁻¹, dependendo do ano, em Latossolo Vermelho adubado intensamente, com elevada produção de forragem.

Tabela 2.2. Média de condutividade hidráulica saturada de campo em diferentes solos e em diferentes manejos de pastagem, com respectivo erro padrão.

Camada (cm)	Ano			Média	Erro padrão
	1999	2001	2005		
	(m.d ⁻¹)				
	LVdf – extensivo				
10	0,9	0,8	1,3	0,97	1,15
20	1,2	1,1	1,0	1,18	0,96
60	1,9	2,0	3,9	3,85	5,48
	LVA – extensivo				
10	1,6	1,4	1,8	1,61	1,97
20	3,6	1,1	1,4	2,34	3,56
60	1,5	6,1	6,8	4,21	5,31
	LVA – intensivo				
10	1,1	1,3	1,4	1,23	0,76
20	1,8	1,6	4,2	2,38	4,92
60	4,4	4,7	4,9	4,58	5,32
	LVdf – intensivo				
10	0,8	1,4	1,4	1,14	1,09
20	1,2	1,5	2,2	1,56	1,14
60	3,3	4,2	10,9	5,60	5,29
	NVef – intensivo				
10	1,3	1,6	4,1	2,14	2,19
20	1,1	1,5	3,7	1,90	2,01
60	1,3	3,4	5,5	3,01	2,58
	LVd – intensivo				
10	1,1	0,9	1,2	1,06	0,89
20	0,8	0,9	2,0	1,17	1,78
60	3,2	4,6	6,5	4,48	4,50

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico.

Pode-se concluir que: 1) pastagens exploradas intensivamente sob manejo rotacionado, ou exploradas extensivamente sob pastejo alternado, ambas com controle da altura de resíduo pós-pastejo, mantiveram ou aumentaram a condutividade hidráulica saturada de campo, dependendo do tipo de solo; 2) a condutividade hidráulica saturada de campo aumentou com a profundidade, independentemente do manejo da pastagem e do tipo de solo.

3) Ocupação e cobertura de solos por capins do gênero *Brachiaria* em pastejo sob manejo extensivo e sob manejo intensivo

Ocorreu diferença entre locais e entre anos ($P < 0,01$), mas não houve correlação com tipo de manejo. Verificou-se que os menores valores de cobertura ($< 92\%$) ocorreram em solo menos argiloso ($< 280 \text{ g.kg}^{-1}$) e em solo mais argiloso ($> 430 \text{ g.kg}^{-1}$), utilizando a equação de ajuste: $y = -0,0000005 * X^3 + 0,00006 * X^2 + 0,15 * X + 66,96$, em que y representa o porcentual de cobertura e X o teor de argila. No solo menos argiloso pode ter havido menor capacidade de fornecimento de nutrientes para a produção de forragem. No solo mais argiloso pode ter havido menor capacidade de manter água disponível e ou maior competição intra-específica entre plantas, em vista de maior fertilidade do solo, e com isso maior distância entre plantas e entre touceiras, levando a menor taxa de ocupação do solo. Porém, como houve controle de taxa de lotação e de quantidade de resíduo, a competição intra-específica deveria ter

sido minimizada, diminuindo o risco de morte de plantas e de desocupação do solo. Assim, pode ser que outros fatores não identificados, que não o teor de argila, possam explicar melhor os resultados. A menor disponibilidade de água pode ter ocasionado também a diferença entre anos ($P < 0,01$; Tabela 3.1). A diferença entre anos pode estar relacionada com o volume de chuvas no período, já que esta pode levar a aumento do desenvolvimento vegetativo e da competição intra-específica e causar a morte de plantas, com desocupação do solo. Isso sugere haver necessidade de mais cuidado com esses tipos de solo, devendo-se de alguma maneira deixar mais resíduos vegetais sobre o solo, já que o controle de resíduo no manejo visa só a manutenção de massa mínima de plantas e de folhas remanescentes para a recuperação da pastagem após o pastejo.

Tabela 3.1. Porcentagem de cobertura do solo (até 35 dias de descanso; solo e ano), em função de solo, de intensidade (extensivo e intensivo) de manejo de fertilidade do solo e de ano de amostragem.

Local	Média	Idade	Média	Ano	Média	Chuvas	Argila no solo
Solo						nov-abr	
	(%)	(dias)	(%)		(%)	(mm)	(g.kg ⁻¹)
LVdf-e	92,9 a	1*	88,8 c	2000-01	95,5 a	855	400
LVA-e	89,7 b	14	91,6 b	2001-02	94,2 b	1135	260
LVA-i	90,6 b	21	92,8 b	2004-05	81,4 c	1060	260
LVdf-i	93,6 a	35	94,6 a				400
NVef-i	89,6 b						450
LVd-i	92,2 a						290
DMS	1,9		1,2		0,9		

* Cobertura do solo = ocupação, só no 1º dia, após a retirada de animais.

Ocorreu interação de ano x local ($P < 0,01$) e de ano x idade ($P < 0,01$). Coeficiente de variação = 3,4%.

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférrico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférrico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico.

DMS = diferença mínima significativa.

A média da cobertura do solo foi crescente com a idade das plantas ($P < 0,01$) após o pastejo ou após os dias de descanso (Tabela 3.1). A média da ocupação do solo ficou em 89% (Tabela 3.1), variando de 62% a 98% (Tabela 3.2). A preocupação com relação a esse indicador deve surgir quando houver mais do que 15% de área descoberta em pastagens com forrageiras rasteiras ou decumbentes. Levantamento inicial da produtividade de forragem (Primavesi et al., 2000b) mostrou que o Latossolo Vermelho Distroférico e o Nitossolo Vermelho Eutroférico têm o maior potencial de produção, seguido pelo Latossolo Vermelho Distrófico e o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico intensamente manejados. Maior produção pode resultar em aumento de competitividade entre plantas e de morte de plantas e em diminuição da ocupação do solo, se não ocorrer controle no pastejo e rebaixamento da forrageira, a fim de se evitar morte de perfilhos e de plantas. Por isso há necessidade de controle rigoroso do período de descanso das plantas, que não deve ser fixo, quando as plantas são estimuladas a se desenvolver com adubação. Quando a área foliar cobrir 100% da superfície do solo deve haver pastejo ou corte do excedente para produção de silagem.

Deve-se ficar atento para esta variável (solo descoberto), pois ela pode aumentar em pastagens em fase aguda de degradação ou em pastagens vigorosas em que ocorre competição intra-específica intensa entre touceiras, devido a manejo não ajustado de período de descanso ou de altura de corte. Primavesi et al. (1999b) verificaram que o manejo adequado de lotação, de adubação e de descanso pode manter a cobertura adequada do solo e sua proteção com capim-braquiária.

Tabela 3.2. Grau (%) de ocupação (dia 1 após retirada de animais) e de cobertura do solo (35 dias de descanso), em função de solo e de intensidade de manejo de fertilidade do solo.

Idade (dias)	Ano			Média	Erro padrão
	2000	2001	2004		
	----- % -----				
	LVdf – extensivo				
1	98,2	89,7	89,8	92,94	1,19
	LVAd – extensivo				
1	97,2	91,0	76,7	89,72	2,26
	LVAd – intensivo				
1	97,2	87,2	75,6	88,06	2,23
14	98,1	89,8	78,7	90,17	2,08
21	98,1	90,6	80,9	90,99	1,76
35	98,3	93,0	85,4	93,04	1,45
	LVdf – intensivo				
1	93,2	96,2	76,4	90,10	2,20
14	96,3	96,2	83,6	93,07	1,52
21	97,3	97,2	85,3	94,26	1,47
35	97,9	98,0	94,4	97,06	0,59
	NVef – intensivo				
1	90,2	90,1	61,6	83,01	3,25
14	90,8	95,1	74,4	88,29	2,16
21	96,6	95,3	83,9	92,95	1,44
35	96,7	96,8	85,8	94,00	1,33
	LVd – intensivo				
1	86,8	96,0	80,7	88,72	1,73
14	94,9	97,3	81,7	96,09	0,44
21	95,2	97,5	83,2	93,06	1,52
35	95,2	98,1	87,7	94,44	1,51

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico.

Pode-se concluir que pastagens adubadas exploradas com elevada lotação e manejadas sob pastejo rotacionado permitem manter adequada ocupação e cobertura do solo pela forrageira.

4) Distribuição radicular de capins do gênero *Brachiaria* em função da intensidade de manejo em diferentes solos

Ocorreu variação ($P < 0,01$) da densidade radicular ($\text{cm}^2 \cdot 2000 \text{ cm}^{-2}$ da quadrícula) com o ano de amostragem, certamente em função da dinâmica de nascimento e de morte de raízes, conforme a disponibilidade de água no perfil do solo (Tabela 4.1). A menor presença de raízes se verificou no ano com a menor precipitação (2004) no período de junho a setembro, em que foi realizada a amostragem. Houve diferença ($P < 0,01$; Tabela 4.1) entre a densidade radicular das camadas de solo, a qual decresceu com a profundidade, ficando em torno de 46% na camada de 0 a 40 cm e em torno de 10% na camada de 80 a 100 cm, com variação de 3,7% a 12% (Tabela 4.2). A análise conjunta das áreas indicou haver diferença ($P < 0,01$) entre áreas manejadas extensivamente e áreas manejadas intensivamente. A densidade radicular no perfil foi duas vezes maior nas pastagens adubadas. As áreas manejadas extensivamente apresentaram maior densidade radicular na camada de 0 a 20 cm (74% contra 62%) e as manejadas intensivamente, maior na camada de 80 a 100 cm (9,4% contra 4%) (Tabelas 4.2 e 4.3). Essa ocorrência pode ser explicada pelo aumento no teor de cálcio e de potássio no perfil dos solos manejados intensivamente (dados não apresentados), como também se verificou em outras áreas de manejo intensivo (Primavesi et al., 1997, 1999a, 2000a), e pela redução do sistema radicular na camada superficial, possivelmente devido ao maior teor de sais, já que a adubação mineral foi toda

realizada na superfície. Em trabalho anterior (Primavesi et al., 1999c) havia sido constatada maior condutividade elétrica do extrato de saturação do solo em áreas de capim-braquiária adubadas em superfície, com valores considerados toleráveis, entre 1,1 e 1,6 dS.m⁻¹ contra 0,3 a 0,5 dS.m⁻¹ das áreas não adubadas, nas camadas superficiais. Atividades de monitoramento de nitrato em profundidade sugerem que as raízes de *Brachiaria decumbens* adubada podem atingir profundidades além de 250 cm em sistemas intensivos de manejo de adubação (Primavesi & Primavesi, 1999).

Tabela 4.1. Média da distribuição radicular de capins do gênero *Brachiaria*, sob manejo extensivo e sob manejo intensivo, em diferentes solos e em diferentes anos de amostragem.

Local Solo	Média (cm ² .2000 cm ⁻²)	Camada (cm)	Média (cm ² .2000 cm ⁻²)	Ano	Média (cm ² .2000 cm ⁻²)	Chuvas jun a set (mm)	Argila no solo (g.kg ⁻¹)
LVdf-e	14,4 c	0 – 20	31,6 a	1999	22,8 a	160	400
LVA-e	10,5 d	20 – 40	23,2 b	2001	22,1 a	133	260
LVA-i	18,5 b	40 – 60	17,2 c	2004	11,1 b	63	260
LVdf-i	30,2 a	60 – 80	16,8 c				400
NVef-i	19,4 b	80 – 100	12,2 d				450
LVd-i	28,1 a						290
DMS	3,1		2,8		1,9		

Ocorreu interação de ano x local (P < 0,01), de ano x camada (P < 0,01) e local x camada (P < 0,01).

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho Distrófico. DMS = diferença mínima significativa.

Tabela 4.2. Distribuição radicular relativa e total absoluta de capins do gênero *Brachiaria*, sob manejo intensivo, em diferentes solos e em diferentes anos de amostragem.

Camada (cm)	Ano			Média	Erro padrão
	1999	2001	2004		
	----- % -----				
	LVAd – intensivo				
0 – 20	24	34	85	47,5	8,4
20 – 40	22	32	8	20,6	3,7
40 – 60	19	18	5	13,7	2,4
60 – 80	20	11	3	11,1	2,6
80 – 100	15	6	0	7,1	2,0
Total: cm ² .2000 cm ⁻²	328	362	36	242	
	LVdf – intensivo				
0 – 20	20	20	69	36,4	7,4
20 – 40	23	23	19	21,3	1,5
40 – 60	18	18	7	14,3	1,8
60 – 80	22	22	5	15,9	2,8
80 – 100	18	18	0	12,0	2,9
Total: cm ² .2000 cm ⁻²	363	362	31	252	
	NVef – intensivo				
0 – 20	30	24	76	43,2	7,1
20 – 40	25	21	13	19,8	2,0
40 – 60	19	19	7	15,3	1,9
60 – 80	16	21	3	13,2	2,4
80 – 100	11	14	0	8,5	1,8
Total: cm ² .2000 cm ⁻²	184	260	42	162	
	LVd – intensivo				
0 – 20	24	23	69	38,9	7,4
20 – 40	21	22	22	21,8	2,9
40 – 60	19	19	7	14,9	2,3
60 – 80	21	20	3	14,5	2,7
80 – 100	14	15	0	9,9	2,2
Total: cm ² .2000 cm ⁻²	260	328	115	234	

LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico; LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférico; LVd = Latossolo Vermelho distrófico.

Levantamento inicial da produtividade de forragem (Primavesi et al., 2000b) mostrou terem o Latossolo Vermelho Distroférico e o Nitossolo Vermelho Eutroférico o maior potencial de produção, seguidos pelo Latossolo Vermelho Distrófico e pelo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico intensivamente manejados. As áreas extensivamente manejadas apresentaram as produções de matéria seca mais baixas, o que parece ser reflexo da densidade radicular total (Tabela 4.3).

Tabela 4.3. Distribuição radicular relativa e total absoluta de capins do gênero *Brachiaria*, sob manejo extensivo, em diferentes solos e em diferentes anos de amostragem.

Camada (cm)	Ano			Média	Erro padrão
	1999	2001	2004		
	----- % -----				
	LVdf – extensivo				
0 – 20	46	29	87	53,7	7,7
20 – 40	26	25	8	20,0	2,9
40 – 60	12	20	4	11,8	2,2
60 – 80	11	16	1	9,4	2,0
80 – 100	5	11	0	5,2	1,4
Total: cm ² .2000 cm ²	140	184	36	120	
	LVAd – extensivo				
0 – 20	34	40	73	48,9	6,5
20 – 40	32	26	17	25,1	4,0
40 – 60	18	17	7	14,0	2,1
60 – 80	11	13	2	8,4	2,2
80 – 100	6	5	0	3,7	0,9
Total: cm ² .2000 cm ²	96	95	73	88	

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico; LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Pode-se concluir que pastagens adubadas e manejadas intensivamente apresentam o dobro da densidade de raízes no perfil do solo, com redução na densidade radicular relativa da camada superficial e aumento em profundidade.

5. Produção de forragem e concentração mineral nas plantas

Uma vez que o indicador mais sensível do sistema solo-planta é a forrageira, monitorou-se a produtividade da *Brachiaria brizantha* ao longo do tempo (Figura 9) e verificou-se que na época do ano mais favorável ao desenvolvimento vegetal ela produziu menos no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (sistema intensivo Canchim x Nelore) e no Latossolo Vermelho Distroférico (sistema intensivo Nelore, com menos de 2.500 kg.ha⁻¹ de matéria seca), do que no Latossolo Vermelho Distroférico e no Nitossolo Vermelho Eutroférico, ambos com fertilidade natural mais elevada.

Com respeito à variabilidade da qualidade mineral da forragem, bem como sua indicação para identificação de deficiências no solo e no manejo para a produção de forragem, verificou-se (Figura 10) que o único elemento cuja concentração foi correlacionada com a curva de produção dos sistemas mais produtivos (Figura 9) foi o cobre. O teor de manganês poderia estar relacionado com o tipo de solo, mas nos níveis presentes não parece estar interferindo negativamente (Figura 10, LVdf - intensivo Angus x Nelore). O teor de cálcio aumenta no tecido provavelmente devido à redução no teor de potássio, conforme também indicado pela relação Ca + Mg/K; essa redução no teor de potássio pode estar relacionada com a menor disponibilidade de nitrogênio no período seco do ano. Chama a atenção o fato de os teores de N

na matéria seca estarem na faixa de 10 a 20 g.kg⁻¹, o que indica que poderia ser aumentada a oferta de N para o capim-marandu a um mínimo de 20 g.kg⁻¹, e assim se melhoraria a produtividade. Em experimentos paralelos (Primavesi et al., 2001; Primavesi et al., 2006) foi verificado que em gramíneas tropicais (capim-coastcross, capim-marandu) o acúmulo de nitrato na forragem inicia quando o teor de N na planta alcança em torno de 25 g.kg⁻¹. Não há perigo de perdas de nitrato no solo por lixiviação com as doses de N aplicadas no solo para atingir este teor na forragem, em espécies com elevado potencial de produção, mas o teor máximo de N no tecido vegetal pode ser menor em espécies mais rústicas, como o capim-braquiária.

Conclui-se que pastagens que vegetam sobre solos com fertilidade natural elevada apresentam maior potencial de produção do que aquelas de áreas adubadas. A adubação mineral de nitrogênio utilizada poderia ser aumentada, sem prejuízo para o ambiente, o que elevaria a produtividade.

Conclusão geral

Pastagens tropicais podem ser conduzidas intensivamente, com manutenção ou com melhoria das características físicas e químicas dos solos e da estrutura desejável da forrageira, mediante uso controlado de insumos e de lotação animal.

Referências bibliográficas

CAMARGO, A. C. de; ESTEVES, S. N.; MANZANO, A.; NOVAES, N. J.; FREITAS, A. R. de.; TUPY, O.; MACHADO, R. Efeitos de tecnologias agropecuárias em estabelecimentos familiares com produção de leite na região de Muriaé, MG. 1. Aumento da produção de leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 29., 2002, Gramado, RS. **Anais...** Gramado: SBMV, 2002a. 1 CD-ROM. Seção Produção Animal. PAN Nº 1215.

CAMARGO, A. C. de; NOVO, A. L. .; NOVAES, N. J.; ESTEVES, S. N.; MANZANO, A.; MACHADO, R. Produção de leite a pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 2002b. p. 285-319.

CORSI, M.; NUSSIO, L. G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1993. p.87-115.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M. F.; JORGE, L. A. C.; RALISCH, R.; TOZZI, C. L.; TORRE, A.; VAZ, C. M. P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 365-371, 1994.

JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. SIARCS 3.0: novo aplicativo para análise de imagens, aplicado à Ciência do Solo. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 5 p. 1 CD-ROM.

LOMBARDI NETO, F.; DECHEN, S. C. F.; CASTRO, O. M. D. E.; VIEIRA, S. R.; DE MARIA, I. C. **Manual de coleta de amostras e análises físicas para fins de experimentação em conservação do solo**. Campinas: IAC, Seção Conservação do Solo, 1993. 78 p.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORREA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H.. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006.

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; PRIMAVESI, A. C.; CANTARELLA, H.; ARMELIN, M. J. A.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R. de. **Adubação com uréia em pastagem de Cynodon dactylon cv. Coastcross**: eficiência e perdas. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 30).

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R. DE; PRIMAVESI, A. C. P. A.; CAMARGO, A. C.; ROCHA FILHO, J.; JORGE, L. A. C.; LIGO, M. A. V.; VIEIRA, S. R. **Qualidade ambiental em sistema intensivo de produção de bovinos de leite, na microbacia do ribeirão Canchim**: indicadores, manejo e problemas. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000a. 70 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa, 7).

PRIMAVESI, O.; JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S.; ROCHA FILHO, J.; PRIMAVESI, A. C. Qualidade amostral para avaliar resultados de distribuição radicular gerados por análise de imagens digitais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA 1, 1996, São Carlos. **Anais...** Brasília: Embrapa, CNPDIA, SPI, 1997. p. 422-427.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. P. A. Perfil da distribuição de fosfato, sulfato e nitrato em Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes manejos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Brasília. **Resumos...** Brasília: Embrapa Cerrados, 1999. 1 p. 1 CD-ROM.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CAMARGO, A. C. de. Conhecimento e controle, no uso de corretivos e fertilizantes, para manejo sustentável de sistemas intensivos de produção de leite de bovinos a pasto. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 74, n. 2, p. 249-265, 1999a.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CAMARGO, A. C. Competição intra e interespecífica de forrageiras, em sistemas intensivos de produção de bovinos: cuidados para a sustentabilidade. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 74, n. 1, p. 55-68, 1999b.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. P. A.; PEDROSO, A. F.; CAMARGO, A. C.; RASSINI, J. B.; ROCHA FILHO, J.; OLIVEIRA, G. P.; CORREA, L. A.; ARMELIN, M. J. A.; VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. F. **Microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim: um modelo real de laboratório ambiental**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999c. 133 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa, 5).

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORRÊA, L. A. **Produção e composição mineral de gramíneas forrageiras em São Carlos, SP**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000b. 11 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado Técnico, 32).

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORRÊA, L. A.; ARMELIN, M. J. A.; FREITAS, A. R. **Calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* recuperada com adubação nitrogenada em cobertura**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 32 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 37).

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.