

Documentos

ISSN 1679-043X
Dezembro, 2007

91

Heterogeneidade da Pastagem - Causas e Conseqüências



ISSN 1679-043X

Dezembro, 2007

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

Documentos 91

Heterogeneidade da Pastagem - Causas e Conseqüências

Júlio Cesar Salton
Paulo César de Faccio Carvalho

Dourados, MS
2007

Embrapa Agropecuária Oeste
BR 163, km 253,6
Caixa Postal 661
79804-970 Dourados, MS
Fone: (67) 3425-5122
Fax: (67) 3425-0811
www.cpaо.embrapa.br
E-mail: sac@cpao.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Carlos Hissao Kurihara
Secretário-Executivo: Claudio Lazzarotto
Membros: *Augusto César Pereira Goulart, Carlos Lásaro Pereira de Melo, Euclides Maranho, Fábio Martins Mercante, Guilherme Lafourcade Asmus, Hamilton Hisano, Júlio Cesar Salton e Silvia Mara Belloni.*

Supervisão editorial, Revisão de texto e Editoração eletrônica:

Eliete do Nascimento Ferreira

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*
Silvia Mara Belloni

Foto da capa: *Júlio Cesar Salton*

1^a edição
(2007): online

Todos os direitos reservados.

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

CIP-Catalogação-na-Publicação.
Embrapa Agropecuária Oeste.

Salton, Júlio Cesar
Heterogeneidade da pastagem – causas e consequências /
Júlio Cesar Salton, Paulo César de Faccio Carvalho. — Dourados:
Embrapa Agropecuária Oeste, 2007.
41 p. ; 21 cm. — (Documentos / Embrapa Agropecuária
Oeste, ISSN 1679-043X ; 91).

1. Pastagem. I. Carvalho, Paulo César de Faccio. II. Embrapa
Agropecuária Oeste. III. Título. IV. Série.

CDD (21. ed.) 633.2

© Embrapa 2007

Autores

Júlio Cesar Salton

Eng. Agrôn., Dr.,
Embrapa Agropecuária Oeste,
Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados, MS.
Fone: (67) 3425-5122, Fax: (67) 3425-0811
E-mail: salton@cpao.embrapa.br

Paulo César de Faccio Carvalho

Zootecnista, Dr.,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre, MS.
Fone: (51) 3308-7402, Fax: (51) 3308-6045
E-mail: paulocfc@ufrgs.br

Apresentação

Esta publicação apresenta uma revisão bibliográfica e a formulação de hipóteses sobre um tema importante para o desenvolvimento de sistemas integrados de produção, foco de trabalho de nossa instituição. A incorporação e utilização de pastagens em sistemas exclusivamente agrícolas implicam em uma série de alterações no ambiente, sendo neste trabalho abordados os principais efeitos verificados em atributos do solo e algumas possíveis ações para amenizá-los são propostas.

Com esta publicação a *Embrapa Agropecuária Oeste* procura contribuir com a construção de sistemas de produção eficientes e sustentáveis para a região Oeste do Brasil

Mário Artemio Urchei
Chefe-Geral
Embrapa Agropecuária Oeste

Sumário

Heterogeneidade da Pastagem: Causas e Conseqüências	9
1. Introdução	9
2. O solo sob pastagem como ambiente heterogêneo.....	10
3. Formação de manchas de vegetação e intensificação da variabilidade espacial de atributos do solo	13
3.1. Definição de manchas (patches).....	13
3.2. Formação de manchas pela deposição de dejetos	15
3.3. Formação de manchas pelo consumo e rejeição de pasto.....	18
3.4. Formação de manchas pelo pisoteio.....	19
4. Efeitos da heterogeneidade do solo no desenvolvimento das plantas e no pastejo	21
4.1. Fertilidade do solo e reciclagem de nutrientes	21
4.2. Produção vegetal	28
4.3. Produção animal.....	28
5. Implicações em sistemas de produção	33
5.1.Sistemas de pastagens	33
5.2. Sistemas com rotação pastagem e lavoura.....	35

6. Considerações finais.....	36
7. Referências	37

Heterogeneidade da Pastagem - Causas e Conseqüências

*Júlio Cesar Salton
Paulo César de Faccio Carvalho*

1. Introdução

A agropecuária brasileira constituiu-se, ao longo da história, numa atividade fundamental e de grande importância no cenário socioeconômico do País. Nestes últimos anos, esta posição relativa aos outros setores da economia volta a ser de destaque pelos expressivos resultados econômicos atingidos, de forma especial com contribuição à balança comercial. Esta inquestionável relevância para o País e os resultados expressivos atingidos escondem a grande amplitude de índices de produtividade obtidos no campo, pois há produtores obtendo elevados rendimentos e, em outro extremo, encontram-se valores de rendimentos e coeficientes técnicos muito baixos. No caso da pecuária de corte este quadro é mais dramático, pois a média de produção do País é inferior a $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto o potencial pode ser 10 vezes superior a este valor.

A adoção de determinadas tecnologias parece ser, talvez por melhor estratégia de marketing, mais efetiva, mesmo que não sejam as mais prioritárias ou as de maior relação custo/benefício. Um exemplo de tecnologia relativamente recente é o conjunto de práticas denominadas "Agricultura de Precisão", com uso crescente principalmente na produção de grãos. Consiste no uso de equipamentos e conhecimentos de posicionamento geográfico global por satélites, informática e eletrônica que, sem dúvida, são espetaculares, e vem sendo desenvolvidos e utilizados para

mapear a distribuição espacial de determinadas variáveis, como o rendimento de grãos, e tentar associar esta variável a outras, como umidade do solo, teores de diversos nutrientes no solo, etc. Uma vez conhecida, a distribuição heterogênea de tais atributos pode ser corrigida e com o terreno mais homogêneo pode-se, então, obter produtividades mais homogêneas. Na pecuária, embora muitos aspectos destas tecnologias estejam em uso, estão limitadas aos sistemas de rastreabilidade, alimentação, gerenciamento e controle de produção. Como nas lavouras, na bovinocultura de corte também é possível fazer o mapeamento e a aplicação de nutrientes obedecendo à variabilidade do solo.

O uso da pastagem pelo animal implica em promover a heterogeneidade do ambiente, seja pela distribuição de dejetos ou pelo pastejo, que normalmente não são constantes e uniformes.

Neste texto apresenta-se uma breve discussão sobre a heterogeneidade da pastagem, sua dinâmica e as consequências para os sistemas de produção. Foca-se em áreas de produção de gado de corte em pastagens cultivadas, ou seja, que partem de uma condição onde alguns procedimentos foram feitos anteriormente, visando proporcionar maior uniformidade no terreno, seja pelo preparo do solo com implementos, correção química ou mesmo com a semeadura de uma única espécie de pastagem que se sobrepõe às espécies vegetais existentes anteriormente.

2. O Solo Sob Pastagem Como Ambiente Heterogêneo

A análise da homogeneidade de glebas normalmente é efetuada com base na avaliação visual da superfície do terreno, onde são mais relevantes aspectos de topografia e da vegetação presente. Embora este critério seja importante, não se pode ignorar a avaliação da variabilidade dos recursos sob a superfície do solo, pois suas propriedades físicas e químicas são extremamente heterogêneas (Forsythe, 1970), devendo ser procedida à quantificação do padrão de distribuição e escala de variação dos atributos. A água e os nutrientes raramente são distribuídos uniformemente nos solos, com implicações nas taxas de absorção pelas plantas e consequentemente no desenvolvimento das plantas e produtividade dos sistemas agropecuários.

Mesmo em uma área restrita, é pouco provável a existência de dois locais que tenham recebido a mesma combinação e intensidade de fatores e processos de formação do solo. Variações na atividade e ocorrência de organismos vivos podem originar sítios com diferenças quantitativas da matéria orgânica, implicando em alterações na estrutura do solo e, consequentemente, em alterações nos fluxos de água e de nutrientes na solução do solo.

Enquanto a heterogeneidade espacial é bem reconhecida, a escala ou extensão na qual ela ocorre e como pode diferenciar-se nos ambientes é ainda pouco entendida, embora a variabilidade espacial da distribuição dos recursos tenha sido objeto de vários estudos nas últimas décadas.

A heterogeneidade dos solos constitui-se em uma propriedade intrínseca do mesmo, ocorrendo de várias formas, tanto no sentido horizontal como vertical. Esta propriedade é decorrente da ação dos componentes da formação do solo - material de origem, clima, relevo, processos físicos, químicos e atividade biológica. No caso de uma paisagem utilizada para a agricultura deve-se acrescentar, como fonte adicional de heterogeneidade, o manejo exercido pelo homem em suas várias formas. Tais fatores transmitem sua complexidade e heterogeneidade para o solo de forma contínua, resultando em um sistema heterogêneo e dinâmico.

Na experimentação agrícola tem-se como princípio básico a casualização, repetição e controle local, baseados na aleatoriedade da variabilidade do solo. No entanto, atualmente sabe-se que esta não é aleatória, mas que obedece à correlação ou dependência espacial. Isto é muito relevante na pesquisa atual, pois cada vez mais são testados tratamentos com menores contrastes e em sistemas de produção cujo desenvolvimento incorre em aumentar a variabilidade de atributos do solo, como no Sistema Plantio Direto e em pastagens. Como exemplo para ilustrar este fato, a Fig. 1 apresenta um mapa da variabilidade espacial da Soma de Bases em um solo, atributo considerado pouco variável para a escala adotada. A referida área representada pelo mapa possui 28 ha, e as classes de valores e a distribuição apresentada indicam a expressiva variabilidade espacial, mesmo em área visualmente classificada como homogênea.

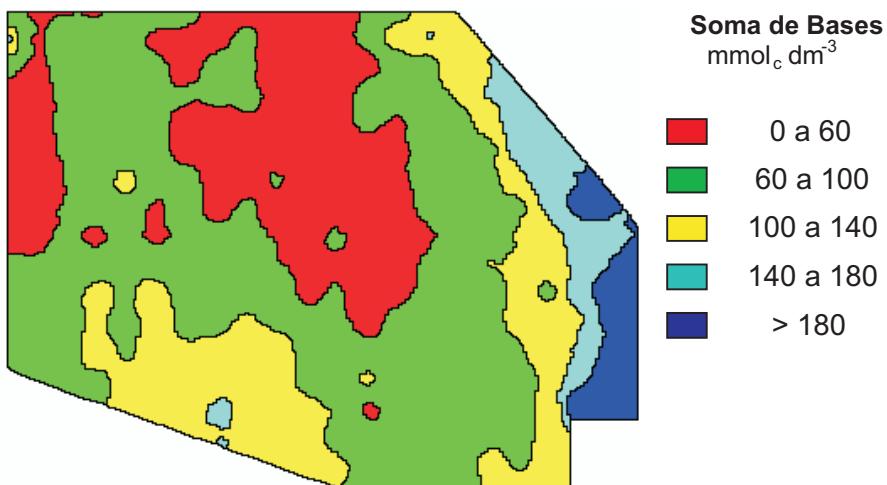


Fig. 1. Mapa da distribuição espacial dos teores de Soma de Bases no solo, na profundidade de 5 cm a 15 cm, em um Latossolo Vermelho de Dourados, MS.

Fonte: adaptado de Salton et al. (1997).

Souza (1992), ao estudar a variabilidade espacial de atributos do solo sob diferentes usos e manejos, verificou que uma pastagem de grama forquilha (*Paspalum notatum*) em Passo Fundo, RS, com mais de 20 anos, é menos variável em comparação ao uso agrícola, em preparo convencional e plantio direto. Apresentou distribuição logNormal para teores de P, K e MO e Normal para argila, densidade e umidade gravimétrica na camada de 0 a 10 cm de profundidade. Verificou também que os teores de P e K apresentaram maior coeficiente de variação e, portanto, são os de maior variabilidade. Ao utilizar a análise dos dados através da geoestatística, quanto ao teor de fósforo, potássio e matéria orgânica, foi encontrada variabilidade aleatória, atribuída à distribuição dos excrementos dos animais ao longo dos anos de pastejo.

3. Formação de Manchas de Vegetação e Intensificação da Variabilidade Espacial de Atributos do Solo

A variabilidade da pastagem é, na maioria das vezes, avaliada através da quantidade e qualidade da massa vegetal presente, o que é óbvio ao se considerar que a produção animal (carne, leite, lã, etc.) é fruto do consumo desta vegetação pelos animais. Contudo, esta massa vegetal é decorrente das condições internas do solo, onde os processos biológicos e físico-químicos ocorrem de forma expressiva e dominam todo ciclo produtivo.

Em áreas de pastagens cultivadas, em que a formação da pastagem ocorre após processo que normalmente inclui operações de preparo do solo e em alguns casos o uso de adubos ou corretivos químicos, normalmente há uma condição de maior uniformidade do que na situação original, especialmente de alguns atributos do solo relacionados à fertilidade. Também haverá menor heterogeneidade com relação à vegetação, sendo geralmente implantadas pastagens monoespecíficas, com uniforme germinação e emergência de plântulas.

Nesta situação, a formação de manchas de plantas com porte diferente das demais irá ocorrer em função da: 1) existência de locais com maior fertilidade e maior atividade biológica do solo, devido à deposição de dejetos dos animais e/ou maior acúmulo de material senescente; 2) pastejo desuniforme pela seleção e/ou rejeição de plantas pelos animais; e 3) alterações em atributos físicos do solo devido ao pisoteio dos animais.

3.1. Definição de manchas (patches)

Bailey et al. (1996) afirma que para um herbíboro, uma mancha (patch) pode ser definida como uma agregação espacial de bocados nos quais há uma taxa relativamente constante de ingestão ou movimento, durante um curto período de tempo, podendo um "patch" ser constituído de uma área homogênea da pastagem, um arbusto ou um grupo de arbustos próximos uns dos outros. Brizuela et al. (2002) apresenta varias definições ou formas de entendimento do que seriam manchas ou "patches" em pastagens,

apresentando opiniões de vários autores. Pode ser definida em sentido mais amplo como um grupo de recursos que são essencialmente homogêneos internamente, como forma de conduta do animal, mas que diferem em alguma forma importante de áreas vizinhas (Wittenberger, 1981) ou como uma área que contrasta de áreas adjacentes e tem limites definidos (Kotliar & Wiens, 1990). Senft et al. (1987) consideram como unidades de seleção dentro da comunidade de plantas as estações de alimentação e as micromanchas (micropatches) que seriam um setor dentro da comunidade que difere da vegetação circundante em quantidade de biomassa, valor nutritivo e/ou morfologia das plantas. A definição das manchas pode ser algo extremamente dinâmico, e no caso deste texto será considerada como uma área da pastagem que difere da circunvizinhança pelo padrão das plantas, seja em altura, densidade ou coloração (Fig. 2).



Fig. 2. Área de pastagem com a presença de manchas (patches) com coloração mais escura devido à presença de dejetos.

3.2. Formação de manchas pela deposição de dejetos

Na comparação de uma pastagem não pastejada com uma em pastejo, a presença do animal altera o padrão de distribuição dos nutrientes no solo pela deposição dos dejetos (fezes e urina), alterando também a reciclagem dos nutrientes, afetando a taxa e a quantidade de nutrientes perdidos para fora do sistema. Dos minerais contidos nas forragens, até 90% do total consumido retorna ao solo pelos excrementos.

Muitas informações estão disponíveis quanto à freqüência, volume e área de influência dos dejetos dos animais em pastejo. Para bovinos, Archer & Smeins (1991) citando vários autores informam que estes animais defecam 14 vezes por dia e em cada defecação impacta algo entre 225 a 600 cm². Manchas de urina de 0,28 m² podem afetar o crescimento de plantas em área de 1 m² (Wilkinson & Lowrey, 1973). Portanto, uma substancial área da pastagem pode ser afetada, dependendo do número de animais e de sua movimentação espacial e temporal. Isto é influenciado pela disposição de cercas, água, sombra e topografia que determinarão o padrão de distribuição dos dejetos.

Russelle (1997) apresenta informações de que bovinos geralmente urinam 8 a 12 vezes por dia e defecam 11 a 16 vezes por dia, dependendo de condições ambientais. Taxas de excreções de urina variam com condições ambientais e de ingestão de água e sal. Cada deposição de urina tem um volume médio de 1,6 a 2,2 l cab⁻¹ (Haynes & Williams, 1993). Uma mancha individual de urina cobre entre 1.600 a 4.900 cm² (equivalente a círculos de 45 a 80 cm de diâmetro) e manchas de fezes cobrem entre 500 e 900 cm² (24 a 34 cm de diâmetro). Desta forma, cada animal afeta diretamente 2 a 3 m² da pastagem por dia com urina e fezes e pelo menos o dobro desta área será influenciado pelas excreções devido à deposição de nutrientes, alteração da competição entre plantas, alteração da preferência pelos animais e redistribuição dos dejetos pela fauna. Em uma lotação de 1 animal ha⁻¹, durante um ano, somente 14% a 22% da pastagem será afetada por excreções, assumindo que não haja sobreposição.

Estimativas indicam que após um único pastejo em sistema intermitente, cerca de 4% a 9% da superfície da pastagem será afetada pela urina e cerca de 1% pelas fezes. Em sistemas intensivos de pastejo, tomando como

exemplo uma área com 750 vacas dia ha^{-1} ano $^{-1}$, cerca de 39% desta área será afetada por pelo menos 1 mancha de urina (cada mancha com uma área de influência de 0,7 m 2), com uma razoável uniformidade de distribuição (Lantiga et al., 1987, citados por Jarvis, 2000). Estima-se que manchas de fezes cobrem área de 0,5 m 2 com menos chances de sobreposição, afetando somente 4% de área, mesmo que na lotação pesada do exemplo. As fezes contêm muito menos conteúdo móvel de N que a urina, mas pode representar o equivalente a 2000 kg N ha $^{-1}$ (Lantinga et al., 1987, citados por Jarvis, 2000).

Para efeito de cálculo e construção de um exemplo, admitimos que um bovino apresenta como média os seguintes valores:

$$\begin{aligned} \text{Fezes - diâmetro } 0,3 \text{ m - área } 0,071 \text{ m}^2 \times 14/\text{dia} &= 0,994 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1} \\ \text{Efeito no solo } 0,1 \text{ m}^2 \times 14/\text{dia} &= 1,4 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Urina - diâmetro } 0,65\text{m - área } 0,332 \text{ m}^2 \times 10/\text{dia} &= 3,32 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1} \\ \text{Efeito no solo } 0,4 \text{ m}^2 \times 14/\text{dia} &= 5,6 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Área total coberta: } &+/- 4,3 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1} \text{ cab}^{-1} \\ \text{Solo afetado: } &+/- 7 \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1} \text{ cab}^{-1} \end{aligned}$$

Destes valores resulta que, considerando-se que não haja sobreposição dos dejetos, com 1 cab ha $^{-1}$, seriam necessários 1.429 dias para afetar toda a área, ou 2.326 dias para sua total cobertura pelos dejetos.

A Fig. 3 apresenta como a deposição de fezes bovina pode alterar fisicamente o solo através da redução no valor da densidade, em relação ao solo sem as fezes e as dimensões de formação da mancha, nos sentidos horizontal e vertical. Verifica-se que a redução ocorre de forma mais intensa na camada superficial e apresenta um gradiente horizontal a partir do centro da mancha.

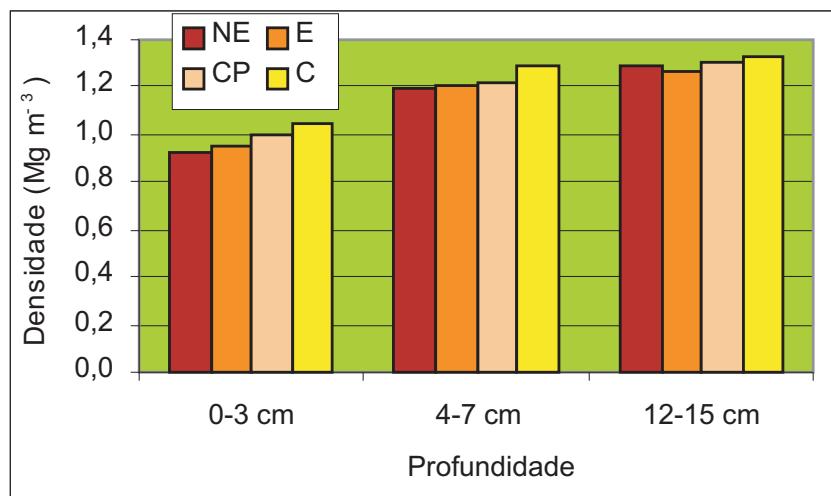


Fig. 3. Efeito da presença de fezes de bovinos sobre o solo na densidade do solo ao final da estação das águas, nos diferentes pontos e profundidades de amostragem, sendo NE: próximo ao limite, E: no limite, CP: centro da mancha e C: controle sem fezes.

Fonte: adaptado de Herrick & Lal (1995).

Ao pastejar, os animais não distribuem suas excreções aleatoriamente através da pastagem. A concentração é maior onde os animais ficam por mais tempo (sombra, portões, água, quebra-ventos, etc.). Segundo Franzluebbers et al. (2000), o agrupamento dos animais em locais com sombra e água concentra a deposição dos dejetos de forma muito intensa. Isto pode causar alterações no solo de várias maneiras, como na densidade do solo, que foi de $1,15\ Mg\ m^{-3}$ na profundidade de 7,5 cm a 1 m de distância e em torno de $1,00\ Mg\ m^{-3}$ a maiores distâncias da fonte de água e sombra. Para o acúmulo de carbono orgânico do solo, na profundidade de 30 cm, era de $4,6\ kg\ m^{-2}$ a 1 m, $4,3\ kg\ m^{-2}$ a 10 m, e $4,0\ kg\ m^{-2}$ a distâncias de 30, 50 e 80 m da água e sombra. Carbono da biomassa microbiana do solo, respiração basal e potencial de mineralização de N líquida também foram maiores nas proximidades do que afastados das fontes de água e sombra. A distribuição lateral dos efeitos foi expressiva à profundidade de 0 a 2,5 cm, mas foram similares na profundidade de 15 a 30 cm (Fig. 4).

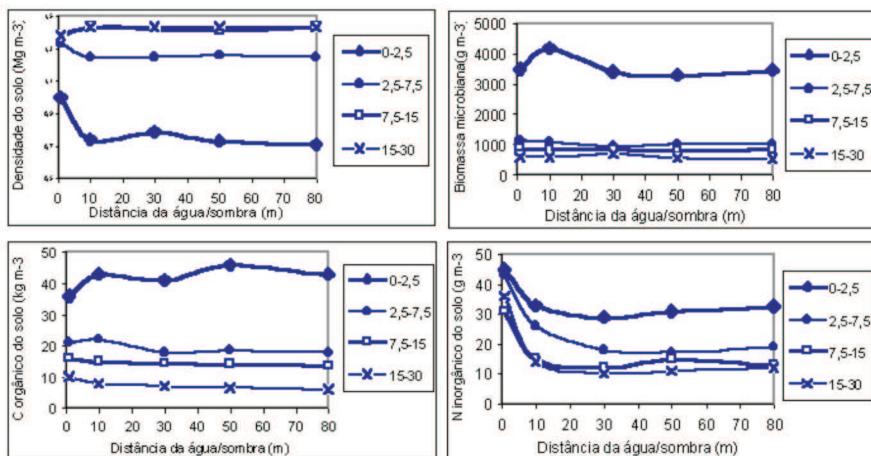


Fig. 4. Distribuição espacial de alguns atributos do solo afetados pela distância de pontos de concentração de dejetos de bovinos de corte em pastagem de festuca durante 15 anos no Estado de Kentucky, EUA.

Fonte: adaptado de Frazluebbers et al. (2000).

3.3. Formação de manchas pelo consumo e rejeição de pasto

A distribuição espacial do desfolhamento pelos animais varia com a intensidade de pastejo, em função da topografia da área e da distribuição sazonal da utilização de áreas por efeito de microclima, disponibilidade e qualidade da forragem. Experiências passadas condicionam o comportamento do animal e em função do pastejo anterior podem facilitar o acesso ao uso e persistência de uso de uma mancha de pastagem. A obstrução da pastagem por excreções adia o seu uso pelos animais. Haynes & Williams (1993), em trabalho realizado sob pastejo contínuo com 2,5 cab ha⁻¹, observaram que cada deposição influenciou o consumo do pasto por até 16 meses com mancha de 20 cm de diâmetro. A rejeição do pasto pode ser de 2 a 16 meses, dependendo de período seco ou chuvoso e se deve ao odor presente nos dejetos.

As fezes causam mais rejeição que urina e o tempo de duração é mais longo, enquanto nas manchas de urina a rejeição ocorre em um ciclo de pastejo rotacionado (cerca de quatro semanas), nas manchas de fezes a rejeição

pode durar mais tempo, observando-se a relação de oferta e tempo de pastejo. O tempo para desaparecimento das fezes varia com as condições climáticas, sendo normalmente mais rápido no clima quente e úmido. Este tempo é variável, havendo registros de 70 dias na primavera e 36 dias no verão necessários para o desaparecimento das fezes; contudo, naquelas com a formação de uma crosta na superfície pode durar até 16 meses. A Tabela 1 apresenta resultados obtidos por vários autores com a área total rejeitada para diversos tipos de pastejo, demonstrando ser muito variável e em alguns casos a redução pode ser bastante significativa.

As manchas não pastejadas pela presença de urina terão uma reciclagem de nutrientes melhorada pela decomposição da massa vegetal não consumida e elementos minerais redistribuídos nesta área, resultando em uma mancha de solo mais fértil e consequentemente com maior desenvolvimento das plantas. Possivelmente, será uma mancha de pastagem preferencial no próximo ciclo de um pastejo intermitente, ou após o período de exclusão em pastejo contínuo.

Tabela 1. Área total rejeitada por bovinos em pastejo devido à presença de fezes, observada por vários autores.

Referência	Área rejeitada (%)	Tipo de atividade
Ivins (1954)	35 e 19	Vacas de leite
Tayler & Large (1955)	38 e 45	Corte
Van der Kley & van der Ploeg (1955)	25	Vacas de leite
Arnould & Holmes (1958)	15 e 26	Vacas de leite
MacLusky (1960)	15	Vacas de leite
Tayler & Rudman (1966)	10 e 12	Corte
Greenhalg & Reid (1969)	23 e 24	Vacas de leite
Maff (1969)	25	Corte

Fonte: adaptado de Davies (1988).

3.4. Formação de manchas pelo pisoteio

Trabalhos avaliando a compactação do solo pela ação do pastejo têm mostrado efeitos diferenciados, pois o aumento da densidade do solo é resultado da interação de vários fatores, principalmente da lotação de

animais, cobertura do solo proporcionada pela pastagem, teor de umidade e textura do solo e tempo de pastejo (Alegre et al., 1991; Trein et al., 1991; Boeni et al., 1995; Salton et al., 2001).

Reduções na produção de pastagens por pisoteio podem ser substanciais, havendo grandes diferenças entre espécies. Edmond (1964) aponta reduções desde 23% em azevém perene a até 91% de redução em velvetgrass (*Holcus lanatus*). Matches (1992) pondera que a intensidade deste efeito está em função do tipo de solo, fertilidade, altura da pastagem, sendo muito influenciado pela espécie e umidade do solo. Este autor cita perdas de 25% em solo seco, 30% em solo úmido e 40% em solo encharcado, para lotação de 12 ovinos por acre em pastagem mista de trevos e azevém. Observou também que os efeitos são importantes para o sistema radicular com redução de 23% no desenvolvimento das raízes.

O efeito do pisoteio na alteração da densidade do solo parece ser importante na camada superficial do solo, ou seja, nos primeiros 5 centímetros conforme demonstraram Salton et al. (2001). Estes autores, utilizando técnicas de geoprocessamento, avaliaram a densidade do solo antes e após o pastejo e mapearam a variabilidade espacial das alterações ocorridas. Observaram que nesta camada houve aumento da densidade do solo, em cerca de 60% da área sob pastejo, passando da classe A (1,20 a 1,30 Mg m⁻³) para a classe C (1,30 a 1,40 Mg m⁻³) conforme pode ser observado na Fig. 5.

Efeitos de excreções dos animais na biologia do solo são muito importantes para os atributos químicos e físicos do solo. Segundo Miranda et al. (1998), em avaliações realizadas num Latossolo Roxo da região dos Cerrados em Campo Grande, MS, conclui-se que é significante o enterro de massa fecal bovina fresca por *Onthophagus gazella* (rola-bosta), e sua contribuição para a produção de massa vegetal e teores de nitrogênio e fósforo de *Brachiaria decumbens*, sendo a quantidade de esterco incorporada ao solo proporcional ao número de insetos. Os canais resultantes da atividade desses besouros alteram de forma significativa a aeração e a dinâmica da água nos processos de infiltração e percolação.

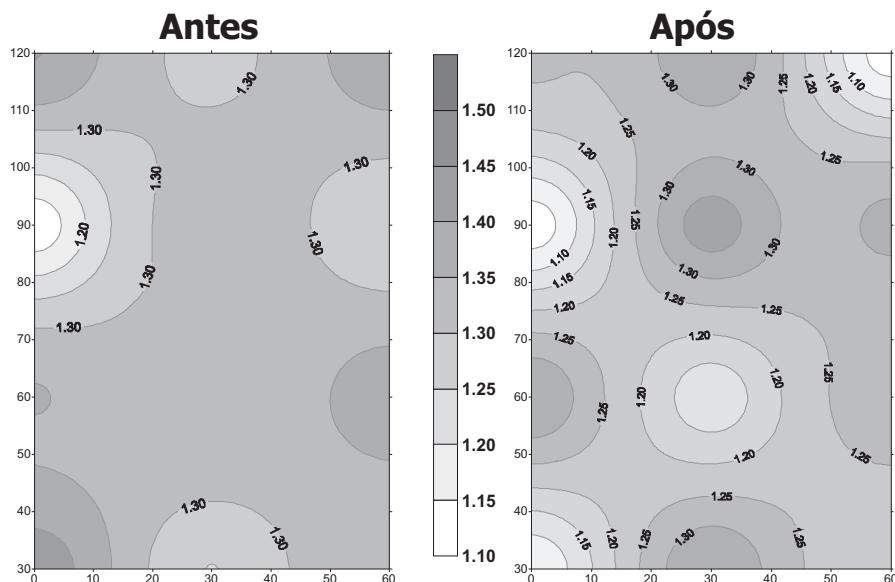


Fig. 5. Distribuição espacial da densidade do solo (g cm^{-3}) na camada de 0 cm a 5 cm de um Latossolo Vermelho argiloso de Dourados, MS, antes e após o pastejo de aveia.

4. Efeitos da Heterogeneidade do Solo no Desenvolvimento das Plantas e no Pastejo

4.1. Fertilidade do solo e reciclagem de nutrientes

A intensidade da ciclagem de nutrientes muitas vezes é maior em pastagens que em sistemas de culturas anuais devido à presença de animais. Estes animais recolhem alimentos de uma grande área, digerem parcialmente o material, utilizam pequena proporção dos nutrientes e excretam o restante em pontos concentrados. Estas manchas alteram as comunidades e as taxas de crescimento de plantas e da fauna do solo. Como consequência, há um aumento considerável nas taxas de ciclagem de nutrientes. Por exemplo, a mineralização de N em regiões temperadas em condições de um bom manejo de culturas é freqüentemente na ordem de 2% a 3% do N total do solo, enquanto em áreas de pastagem bem manejadas alcançam 6% a 9% (Hatch et al., 1991, citado por Russelle, 1997).

A proporção de distribuição via urina e fezes é variável entre os nutrientes, sendo que a redistribuição via urina é extremamente importante para nitrogênio e potássio (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição (%) dos nutrientes retornados à pastagem pela deposição dos dejetos de bovinos em pastejo, via fezes e urina.

Nutriente	Via urina	Via fezes
	%	
N	60 – 70	30 – 40
P	traços	~ 99
K	70 – 90	10 – 30
Ca	< 5	> 95
Mg	10 – 30	70 – 90
S	5 – 10	90 – 95
Fe	traços	~ 99
Mn	traços	~ 99
Zn	traços	~ 99
Cu	traços	~ 99
B	99	Traços
Na	60 – 80	20 – 40
Cl	55 – 70	30 – 45

Fonte: Moraes & Lustosa (1997).

Talvez o mais significante para a ciclagem de nutrientes em sistemas de pastagem é o retorno de nutrientes, especialmente N, nas excreções. A ingestão de N é muito pouco utilizada pelos ruminantes, somente pequenas porções do ingerido são incorporados aos tecidos corporais ou produtos. A "colheita" de N em produtos é muito menor que na agricultura e muito é excretado via urina e fezes e depositado em áreas localizadas da pastagem. A quantidade de N excretado depende muito mais do "input" de N do que sistema de pastejo ou conteúdo na dieta. A quantidade de N é relativamente constante nas fezes mas é responsiva ao aporte de N (Jarvis, 2000). A distribuição entre fezes e urina tem implicações no retorno e perdas no solo, pois muito mais N é perdido quando saídas são desviadas para o caminho urinário (Fig. 6).

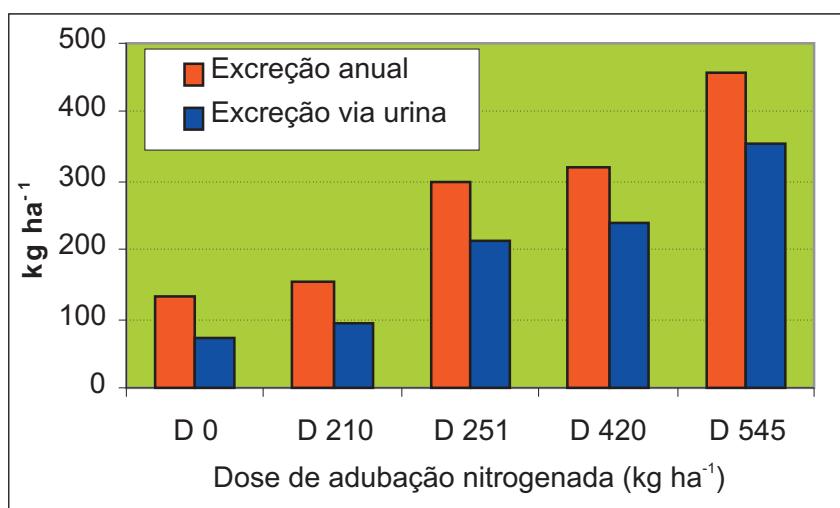


Fig. 6. Efeito de doses crescentes de adubação nitrogenada nas quantidades totais de dejetos e no retorno de N via urina.

Fonte: adaptado de Jarvis (2000).

Do N ingerido através de tecido vegetal pelos bovinos, cerca de 80-85% podem ser retornados via fezes e urina, sendo que geralmente 50% a 80% deste retorno é via urina. A vegetação nestes locais pode ter concentração de nitrogênio 2% a 3% superior aos locais próximos fora da mancha, por um período de 40 a 60 dias (Stillwell & Woodmansee, 1981; Thomas et al., 1988; Day & Detling, 1990). Os níveis de N inorgânico no solo podem ficar elevados por até 90 dias no local onde a urina é depositada e em seu entorno.

Conforme Wilkinson & Lowrey (1973), a distribuição espacial dos dejetos é afetada pela taxa de lotação, forma de pastejo, área de descanso, sistema de manejo e quantidade e frequência das excreções. Apesar de as quantidades de nutrientes presentes nas fezes ser elevada, o efeito na fertilidade do solo pode ser de pouca importância em decorrência da distribuição desuniforme e da localização das excreções. Isto é crítico no caso do P, dado sua baixíssima mobilidade no solo, que somente após um longo período de tempo será possível ter sua distribuição em toda a área de pastagem. Desta forma, a eficiência na reciclagem de nutrientes via dejetos é limitada pela distribuição irregular e imobilização parcial nas fezes (Nascimento Junior et al., 1994). Contudo, estas afirmações podem ser contrapostas aos resultados como os

obtidos por De Kroon & Hutchings (1995) citando trabalho desenvolvido por Birch & Hutchings (1994), que demonstraram o efeito de uma mancha de solo com maior fertilidade no desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com o cultivo de plantas de *Glechoma hederacea* em caixas com $0,64\text{m}^2$, as quais receberam os seguintes tratamentos: Alto - composto misturado uniformemente com areia lavada em todo o volume da caixa; Baixo - composto distribuído como em Alto, mas com metade da quantidade; Mancha - Constituído um solo heterogêneo pela aplicação da mesma quantidade de composto usado em Alto, porém com a metade concentrada em área circular com 30 cm de diâmetro no centro da caixa. A colheita da biomassa da parte aérea e raízes foi realizada individualizada nas três partes da caixa (A, B e C) conforme esquema na Fig. 7. Nela está demonstrado claramente o efeito de uma mancha de solo com alta fertilidade, promovendo maior desenvolvimento radicular, no caso do experimento após a passagem por esta mancha a maior produção de massa pelos estolões na metade final das caixas foi muito influenciado pelo maior volume de raízes.

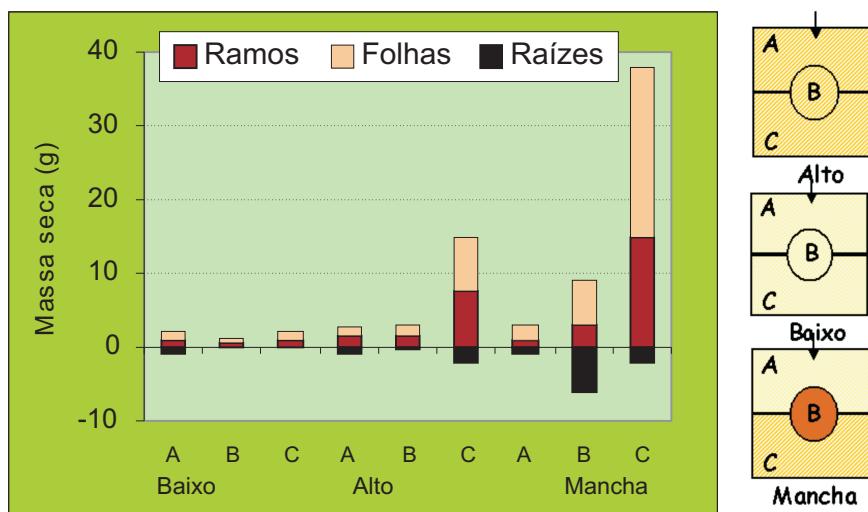


Fig. 7. Produção de massa seca de ramos, folhas e raízes de *Glechoma hederacea* submetida a crescimento em ambientes uniformes de baixa e alta fertilidade e heterogêneo com a formação de mancha de solo com alta fertilidade, conforme esquema. A, B e C referem-se às partes dos recipientes, a seta indica o local de plantio e sentido de crescimento.

Fonte: De Kroon & Hutchings (1994).

Silva et al. (1993) verificaram, em plantas de milho, que mesmo quando apenas parte do sistema radicular tenha contato com adubo fosfatado a produção de massa seca da parte aérea não é prejudicada e o mesmo não acontece com a distribuição de cálcio, indicando que em um solo sem limitação de cálcio a presença de fósforo concentrado em manchas não causaria limitações no desenvolvimento da parte aérea de gramíneas, desde que parte do sistema radicular tenha acesso a esta zona do solo (Fig. 8).

Quando há preocupação em promover maior reciclagem dos nutrientes, a atividade pecuária deverá estar incluída, uma vez que apresenta como característica o grande potencial da pastagem em absorver nutrientes do solo, transformá-lo em constituintes de tecidos vegetais, que serão consumidos pelos animais, posteriormente devolvendo a maior parte destes elementos ao solo, pois a quantidade exportada é muito pequena em relação aos totais mobilizados. Boddey et al. (2000) apresentam um modelo para a ciclagem de nitrogênio em uma pastagem de *Brachiaria humidicula* solteira e em consórcio com leguminosa, em duas lotações. Verificam-se claramente os efeitos da leguminosa e da lotação de animais na quantidade de N mobilizado e reciclado pela urina e fezes. Observam-se, ainda, as quantidades perdidas e recicladas, destacando-se a grande quantidade de perdas via urina e quase inexistentes via fezes, contudo o maior compartimento é ocupado pela reciclagem (Fig. 9).

A presença de dejetos sobre o solo, além de intensificar a reciclagem de nutrientes é bastante eficaz em melhorar seus atributos físicos, especialmente pela presença de fezes. A Fig. 10 apresenta a magnitude dos efeitos sobre a densidade do solo, resistência à penetração e infiltração de água, bem como a duração destes efeitos. Com relação à densidade do solo, esta se mantém inferior à registrada na ausência das fezes de forma permanente, enquanto foram feitos registros. Muito importante para o funcionamento dos sistemas de produção e redução de perdas por erosão é a taxa de infiltração de água no solo, que é significativamente superior onde há o efeito das fezes (Fig. 10).

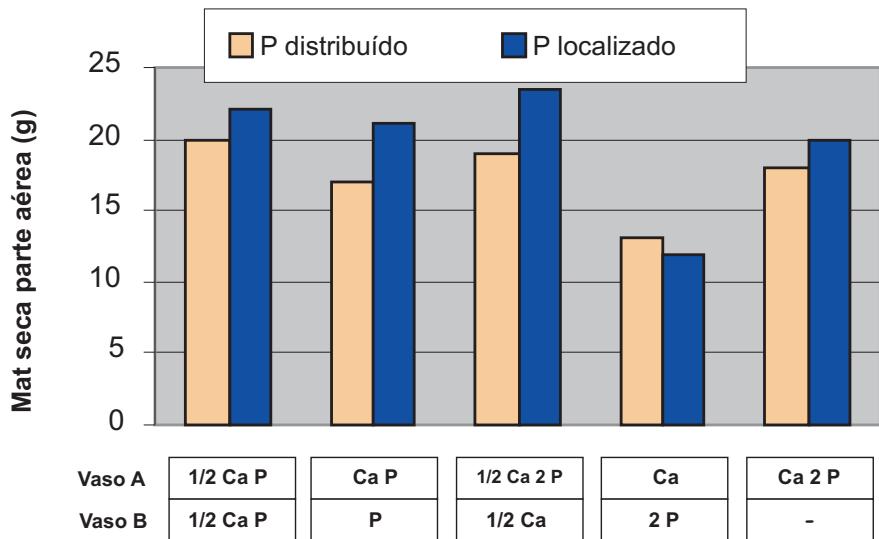


Fig. 8. Efeito da presença e localização de cálcio e fósforo no solo, no crescimento da parte aérea de milho.

Fonte: Silva, O. J. et al. (1993).

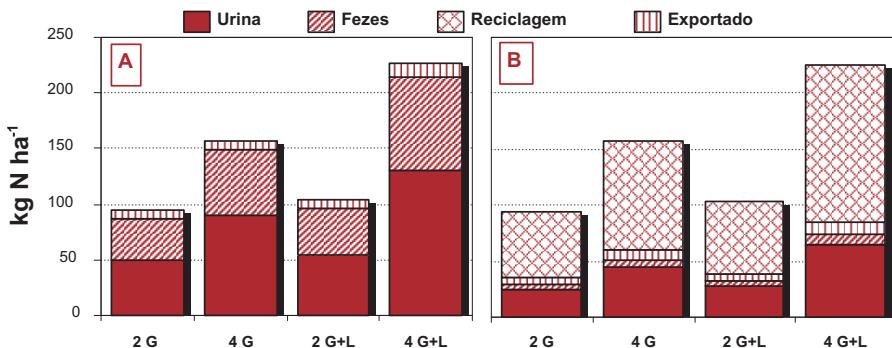


Fig. 9. Representação espacial da intensidade máxima média de precipitação (i) com duração de 5 minutos e períodos de retorno (T) de 4 e 10 anos. Quantidades de N depositadas (A) e posteriormente perdidas (B) do nitrogênio consumido por novilhos azebulados em pastagem de *Brachiaria humidicula* (G) e de *B. humidicula* consorciada com *Desmodium ovalifolium* (G+L) com lotações de 2 e 4 animais ha⁻¹ na região Sul da Bahia.

Fonte: adaptado de Boddey et al. (2000).

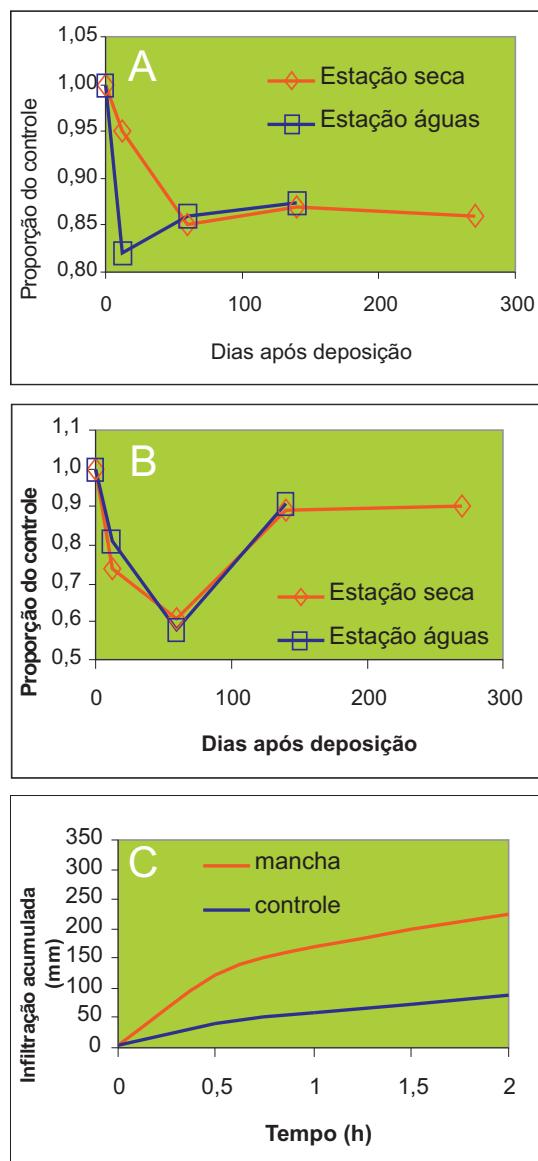


Fig. 10. Densidade do solo (A), resistência ao penetrômetro (B) e infiltração acumulada (C) avaliados no centro de mancha formada pela deposição de fezes de bovinos em pastagem de Jaraguá na Costa Rica, ao longo da estação seca e da estação das águas, comparados aos valores obtidos sem a presença de fezes.

Fonte: Herrick & Lal (1995).

4.2. Produção vegetal

Plantas de áreas pastejadas possivelmente têm maior concentração de nutrientes que plantas de áreas comparáveis e não-pastejadas. Isto possivelmente ocorre como consequência de "input" de nutrientes ao ambiente pela deposição de esterco e urina, e maior atividade microbiana associada com maiores temperaturas e umidade no solo (Archer & Smeins, 1991). Plantas sob pastejo podem apresentar elevação dos níveis de exudatos das raízes e a liberação de componentes de alta qualidade das raízes para o solo, o que estimularia a atividade microbiológica, acelerando a ciclagem de nutrientes (Ingham et al., 1985; Klein et al., 1988, citados por Archer & Smeins, 1991).

A rebrota da pastagem é influenciada pelo índice de área foliar (IAF) remanescente, massa seca da parte aérea, interceptação da luz solar e principalmente pela altura do corte, como demonstrado na Fig. 11. Com base nestes resultados pode-se inferir que as plantas existentes nas manchas, após o primeiro corte pelo pastejo, terão rebrota mais rápida e maior taxa de crescimento que as plantas externas à mancha, uma vez que terá maior altura, pois o padrão de desfolhamento de plantas em pastagem é constante e atinge cerca de metade da altura existente. A rebrota também é influenciada pela reservas de carbono (aérea e raízes), além de espécies e variedades (Humphreys, 1991).

4.3. Produção animal

Trabalho desenvolvido na Argentina por Cid et al. (2002), avaliando o efeito da altura de plantas e manchas de plantas na qualidade do alimento ingerido por animais em pastejo, apresenta como resultado uma significativa superioridade nas plantas de áreas altas em comparação a plantas de áreas baixas (Fig. 12).

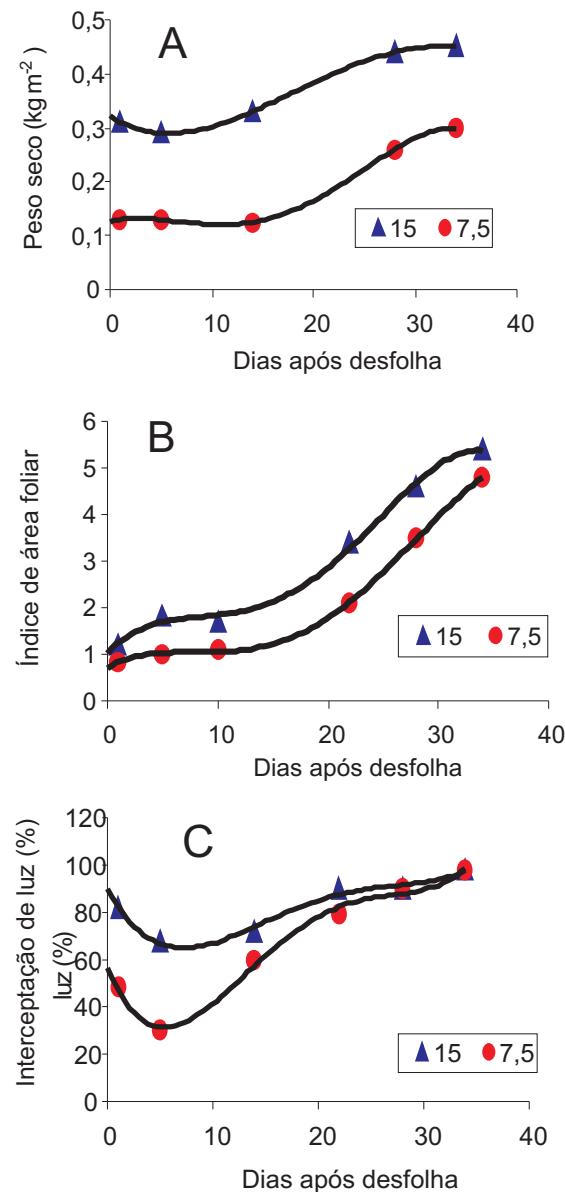


Fig. 11. Peso seco (A), índice de área foliar (B) e interceptação de luz (C), durante a rebrota após desfolha de *Setaria sphacelata* var. *sericea* / *Desmodium intortum*, cortados a 7,5 cm e 15 cm de altura.

Fonte: adaptado de Humphreys (1991).

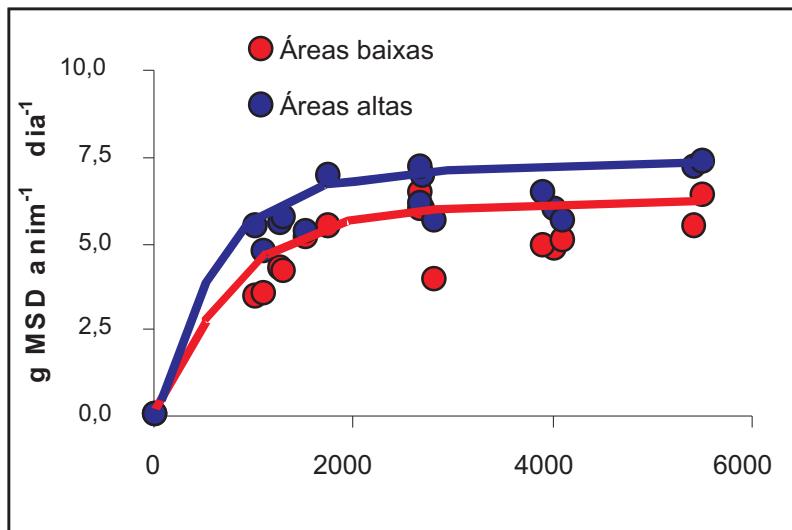


Fig. 12. Efeito da altura das manchas e da oferta de massa seca na qualidade da pastagem de festuca.

Fonte: Cid et al. (2002).

A quantidade ingerida de forragem pelos animais em pastejo é resultado do tamanho dos bocados, da densidade da pastagem, da freqüência dos bocados e do tempo dedicado ao pastejo. Desta forma observa-se que o volume do bocado é determinante neste processo, sendo o volume resultado da área multiplicada pela altura ou profundidade do bocado. Como a área é função direta do tamanho do animal e da língua ao apreender a massa de forragem, e a profundidade é função da altura da massa de plantas, pode-se concluir que a altura da vegetação irá determinar a estrutura do bocado e, por conseguinte, a quantidade de forragem ingerida pelo animal.

Laca & Ortega (1995) demonstraram que o animal procura pastejar com menor gasto de energia, e desta forma a distribuição de manchas facilitando o consumo em menor superfície pode potencializar o consumo (Fig. 13). Neste trabalho foi demonstrado que os melhores resultados foram obtidos quando as manchas estavam distribuídas no ambiente, obedecendo ao padrão de distribuição fractal, sendo os outros padrões classificados conforme a seqüência: distribuição concentrada em dois grupos, distribuição aleatória ao acaso e, por fim, a distribuição uniforme (Tabela 3).

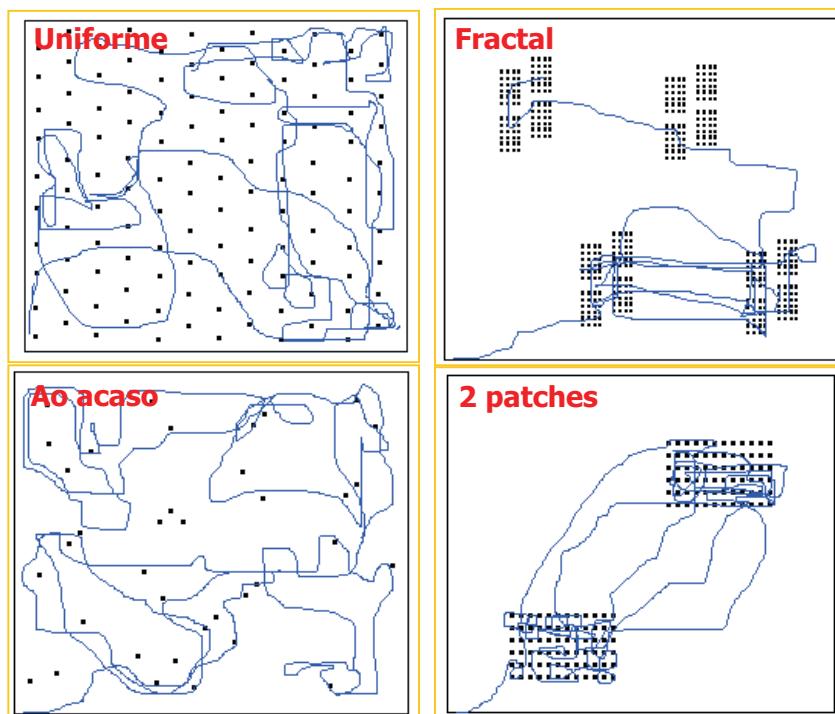


Fig. 13. Percurso de um bovino para pastejo em parcelas de 40 m x 40 m durante 20 minutos, em diferentes padrões de distribuição espacial de "pellets" de alimento.

Fonte: adaptado de Laca e Ortega (1995).

Tabela 3. Eficiência de busca (ingestão por distância caminhada) e taxa de ingestão de alimento por bovinos em função da distância percorrida, em experimento com quatro padrões de distribuição de "pellets" com e sem indicativo visual.

	Marca visual	Padrão de distribuição do alimento				
		Fractal	2 manchas	Ao acaso	Uniforme	Média
Eficiência de busca (g m ⁻¹)	Sim	7,8	3,9	2,5	2,3	4,1
	Não	11,8	5,9	4,6	3,9	6,6
	Média	9,8 a	4,9 b	3,6 bc	3,1 c	5,4
Ingestão (g min ⁻¹)	Sim	108 ab	87 c	63 d	61 d	80
	Não	111 a	102 abc	97 bc	89 c	100
	Média	110	94	80	75	90

Fonte: Laca & Ortega (1995).

O arranjo espacial das manchas pode também afetar outros importantes aspectos do processo de pastejo, de modo que a maior distância entre manchas irá promover aumento no tempo de permanência do animal na mancha e o número de bocados e apresenta relação inversa com o consumo. Manchas com maior diâmetro proporcionam maior tempo de permanência, número de bocados e maior número de estações alimentares (Fig. 14).

Procurando integrar todos estes aspectos de pastejo em manchas, a Fig. 15 apresenta de forma esquemática diferentes arranjos para o mesmo volume de forragem, onde se pode prever que haveria um resultado diferente em termos de consumo e obviamente dos diversos componentes do processo de pastejo. Levando-se em conta os resultados apresentados anteriormente poderia-se descartar as distribuições uniformes representadas pelos perfis A e D, onde não se teria a diferenciação das manchas no primeiro caso, e no segundo a eficiência de busca não seria vantajosa. O perfil B, embora concentre em metade da área as unidades de maior estatura, não apresenta a heterogeneidade desejada. Resta, portanto o perfil C, em que tem-se considerável concentração do que seriam as manchas juntamente com o efeito de variabilidade da pastagem. Como o controle da variabilidade da estatura das plantas é algo muito difícil de ser obtido em áreas extensas, pode-se pensar que, por exemplo, a distribuição de adubação nitrogenada em faixas poderia reproduzir no campo o perfil C da figura.

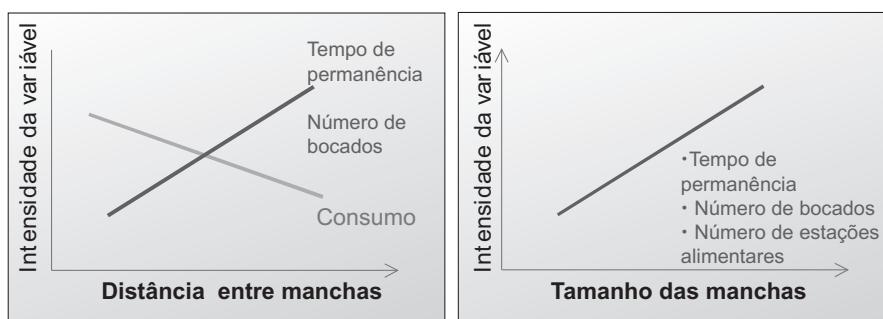


Fig. 14. Efeitos da distância entre manchas e do tamanho de manchas em atributos do pastejo e bocado, obtidos com vacas pastando alfafa e festuca.

Fonte: adaptado de Utsumi (2002).

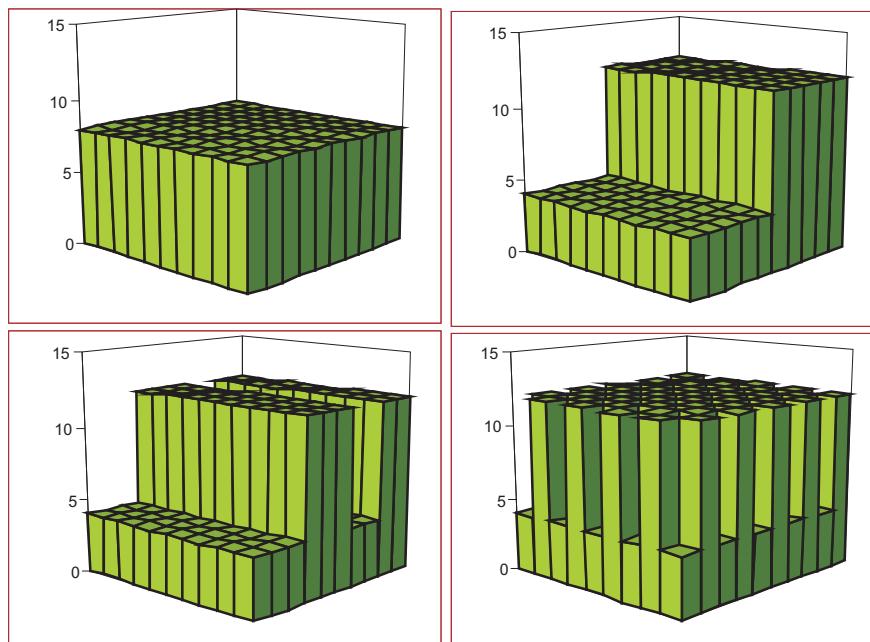


Fig. 15. Exemplos de possíveis distribuições de um mesmo volume de pastagem disponível, $0,8\text{m}^3$ aqui distribuídos em 100 frações ($(0,1\text{m} \times 0,1\text{m} \times 0,8\text{m}) \times 100$).

5. Implicações em Sistemas de Produção

5.1. Sistemas de pastagens

Quanto aos sistemas de manejo das pastagens e seus efeitos na heterogeneidade pode-se concluir que o pastejo contínuo propicia maior expressão da heterogeneidade da pastagem, ocorrendo formação de manchas por deposição de dejetos e por seleção e exclusão de plantas. No pastejo intermitente, pode reduzir a heterogeneidade da pastagem pela concentração da deposição de dejetos em áreas limitadas e pela imposição do pastejo até determinado limite de oferta de forragem.

O fenômeno da heterogeneidade das pastagens, associado às decisões de manejo que forem implementadas, poderá direcionar os sistemas de produção para um dos ciclos apresentados a seguir (Fig. 16):

I) o "ciclo negativo" - onde, ao submetermos uma *pastagem em processo de degradação* ao pastejo terá a *formação de manchas*, as quais por apresentar plantas mais vigorosas dentro do ambiente de seleção dos animais serão preferenciais para o consumo, resultando no *superpastejo das mesmas*, como consequência implicará em menor oferta de pasto e menor cobertura do solo. Isto ocorrendo, certamente terá-se como resultante a menor produção vegetal e maiores perdas de solo por erosão, destruindo gradualmente o solo, que é a base e sustentáculo dos sistemas produtivos. Este ciclo conclui com a gradual perda da sustentabilidade;

II) o "ciclo positivo" - onde uma pastagem não-degradada quando em pastejo terá sua heterogeneidade intensificada com a formação de manchas, deste processo resulta a maior fertilização do solo nestes locais. Solos mais férteis irão produzir mais massa vegetal que resulta em melhor pastagem e na consequência maior produção animal.

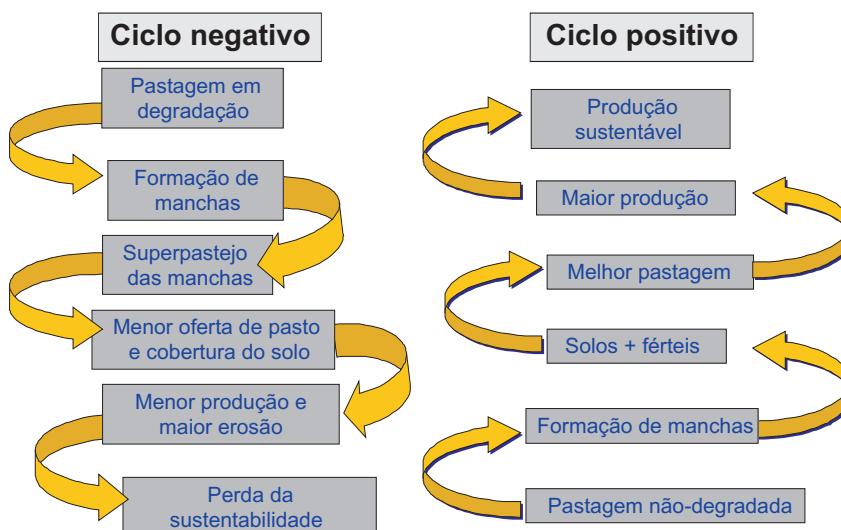


Fig. 16. Modelo esquemático ilustrando os ciclos decorrentes do estado inicial da pastagem e as consequências em função da intensificação de sua heterogeneidade pelo pastejo.

O que diferem nestes dois ciclos é, sem dúvida, o ponto de partida, pois os processos decorrentes da heterogeneidade são similares nos dois ambientes. Assim, a pastagem que por decorrência de manejo incorreto esteja em algum ponto no percurso da degradação, terá estimulado este processo. Por outro lado, uma pastagem em boas condições de uso poderá se beneficiar da heterogeneidade e suas consequências, possivelmente poderá estar mais próxima da produção sustentável que se deseja.

5.2. Sistemas com rotação pastagem e lavoura

Em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) os melhores resultados são obtidos com a rotação entre pastagem e lavoura, sendo que as áreas de culturas anuais e pastagem perene se alternam a cada dois ou três anos, utilizando-se o Plantio Direto. Nesta situação, a pastagem permite a cobertura permanente do solo, o incremento no conteúdo de matéria orgânica e melhorias nas demais propriedades do solo. A preocupação com o controle de plantas daninhas fica reduzida, basicamente, ao controle das plantas da forrageira. A pastagem mantém-se produtiva devido aos resíduos dos fertilizantes e à atividade biológica do solo estimulada pelos cultivos anuais, verificando-se aumentos de rendimento de grãos e de produção das pastagens e carne. Dentre os critérios que devem ser seguidos para que este sistema possa funcionar adequadamente, além de determinados níveis mínimos de fertilidade do solo, para a correta implantação da cultura de soja sobre a pastagem é necessário que não haja presença de sulcos provocados pelo contínuo pisoteio dos animais ou pela erosão, que poderão afetar o estande de plantas. Outro fator impeditivo à semeadura direta da soja é a ausência de cobertura do solo, que deve ser homogênea e contínua, sem pontos descobertos ou com touceiras distantes umas das outras, que poderá resultar em estande inadequado. Com a ausência da cobertura morta poderá haver também falta de umidade no solo e plantas invasoras, gerando uma lavoura com falhas, que resultará em menores rendimentos de grãos. Nesta situação a formação de manchas nas áreas com pastagens são indesejáveis, uma vez que, além da heterogeneidade dos atributos químicos e físicos do solo, o desempenho das semeadoras e a qualidade do estande de plantas poderão ser seriamente comprometidos.

Desta forma, em áreas com rotação pastagens e lavouras, o manejo das pastagens deverá merecer especial atenção, visando suprimir a formações de manchas e minimizar a heterogeneidade do solo. Neste sentido, a utilização de pastejo intermitente, com elevada carga animal instantânea, em períodos antecedendo a semeadura da soja, pode facilitar tal operação com a redução de touceiras e manchas com plantas de maior porte.

6. Considerações Finais

Esta análise sobre um tema tão amplo e complexo, certamente não esgota o assunto, mas permite concluir por algumas evidências:

- o pastejo implica em distribuição irregular de dejetos dos animais;
- nos locais onde há deposição dos dejetos não há pastejo imediato, a planta cresce mais, produz mais massa vegetal e material senescente;
- a maior quantidade de massa seca, somada aos dejetos depositados, formam manchas de maior fertilidade no solo e as plantas localizadas nas proximidades serão beneficiadas;
- plantas em locais de maior fertilidade serão maiores e a eficiência de pastejo dos animais é muito influenciada pela altura das plantas;
- a altura das plantas é determinante na rebrota do pasto;
- a concentração de manchas de plantas altas é favorável à eficiência do pastejo; e
- o manejo da pastagem pode alterar sua heterogeneidade.

Com base nestas assertivas é possível concluir, como consequências destes fenômenos, que:

- a) em pastagem, a distribuição de dejetos não necessita ser uniforme no terreno ;
- b) a variabilidade de altura da pastagem pode ser vantajosa em comparação a uma pastagem uniforme;

- c) pode ser mais indicada a distribuição de uma dada quantidade de nutrientes de forma a proporcionar a formação de manchas, em comparação a uma distribuição uniforme na pastagem; e
- d) é importante conhecer a heterogeneidade da pastagem e suas implicações para seu melhor gerenciamento.

7. Referências

ALEGRE, J. C.; LARA, P. D. Efecto de los animales en pastoreo sobre las propiedades físicas de suelos de la región tropical húmeda de Perú. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 13, n. 1, p. 18-23, 1991.

ARCHER, S.; SMEINS, F. E. Ecosystem-level processes. In: HEITSCMIDT, K. R.; STUTH, J. W. (Ed.) **Grazing management: an ecological perspective**. Portland: Timber, 1991. p. 109-139.

BAILEY, D. W.; GROSS, J. E.; LACA, E. A.; RITTENHOUSE, L. R.; COUGHENOUR, M. B.; SWIFT, D. M.; SIMS, P. L. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. **Journal of Range Management**, Tucson, v. 49, n. 5, p. 386-400, 1996.

BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S. Degradação das pastagens e o ciclo do nitrogênio. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26). p. 110- 124.

BOENI, M.; BASSANI H. J.; REINERT D. J.; SCAPILI C.; RESTLE J. Efeito do pisoteio animal durante o pastejo de inverno sobre algumas propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 25., 1995, Viçosa. **Resumos expandidos**. Viçosa: UFV 1995. v.1 p.160-161.

BRIZUELA, M. A.; CIBILIS, A.; CID, M. S.; CANGIANO, C. Selección de manchones de vegetación por grandes herbívoros mamíferos. In: CID, M. S.; BONINO, N.; CASSINI, M.; ANCHORENA, J.; SBRILLER, A. P. de (Ed.). **Selección de dieta por grandes herbívoros mamíferos: processos y escala.** p. 89-118. 2002.

CID M. S.; BRIZUELA M. A.; KITTLEIN M. **Beneficio nutricional del pastoreo en manchones en pasturas dominadas por festuca alta.** In: CONGRESO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 25., 2002, Buenos Aires. Disponível em: <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/forrajes_Hlt185128425/_Hlt185128425perenne/past_manchones.htm> Acesso em: 5 nov. 2007.

DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES M. B.; LAZENBY, A. (Ed.) **The grass crop:** the physiological basis of production. London: Chapman e Hall 1988. p. 85-127.

DE KROON H.; HUTCHINGS M. J. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 83, n. 1, p. 143-152, 1995.

EDMOND, D. B. Some effects of sheep treading on the growth of 10 pasture species. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 7, p. 1-16, 1964.

FORSYTHE, W. M. Importancia de la variabilidad de las propiedades del suelo para evaluarlas en su manejo. **Turrialba**, San Jose, v. 20, n. 4, p.445-451, 1970.

FRANZLUEBBERS A. J.; STUDEMANN J. A.; SCHOMBER H. H. Spatial distribution of soil carbon and nitrogen pools under grazed tall fescue. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, n. 2, p. 635-639, 2000.

HERRICK J. E.; LAL R. Soil physical property changes during decomposition in a tropical pasture. **Soil Science Society of America Journal**, v. 59, n. 4, p. 908-912, 1995.

HUMPHREYS L. R. Effects of defoliation on the growth of tropical pastures. In: HUMPHREYS L. R. **Tropical pasture utilization**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p. 46-65.

JARVIS, S. C. Soil-plant-animal interactions and impact on N and P cycling and recycling in grazed pastures. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES A. de; CARVALHO, P. C. de F. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 317-337.

KOTLIAR, N. B.; WIENS, J. A. Multiple scales of patchiness and patch structure. A hierarchical framework for the study of heterogeneity. **Oikos**, Copenhagen, v. 59, n. 2, p. 253-260, 1990.

LACA, E. A.; ORTEGA, I. M. Integrating foraging mechanisms across spatial and temporal scales. In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 5., 1996, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: Society for Range Management, 1996. p. 129-132.

MATCHES, A. G. Plant response to grazing: a review. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 5, n. 1, p. 1-7, Jan. 1992.

MIRANDA, C. H. B.; SANTOS, J. C. C. dos; BIANCHIN, I. Contribuição de *Onthophagus gazella* a melhoria da fertilidade do solo pelo enterro de massa fecal bovina fresca. 1. Estudo em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 681-685, 1998.

MORAES, A.; LUSTOSA, B.C. Efeito do animal sobre as características do solo e da produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, Departamento de Zootécnica, 1997. p.129-149.

NASCIMENTO JUNIOR, D.; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. 325 p.

RUSSELLE, M. P. Nutrient cycling in pasture. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING, 1997, Viçosa, MG. **Proceedings...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 235-266.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, I. A. Z.; OLIVEIRA, H. Pastoreio da aveia e compactação do solo. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 5 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 48).

SENFT, R. L. ; COUGHENOUR, M. B. ; BAILEY, D. W. ; RITTENHOUSE, L. R.; SALA, O. E.; SWIFT, D. M. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. **BioScience**, Washington-DC, v. 37, n.11, p. 789-799, 1987.

SILVA, D. J.; ALVARENGA, R. C.; ALVAREZ, V. H.; SOARES, P. C. Localização de fósforo e de cálcio no solo e seus efeitos sobre o desenvolvimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 2, p. 203-209, 1993.

SOUZA, L. da S. **Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo**. 1992. 162 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

STILLWELL, M. A.; WOODMANSEE, R. G. Chemical transformations of urea-nitrogen and movement of nitrogen in a shortgrass prairie soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, n. 5, p. 893-898, 1981.

TREIN, C. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 105-111, 1991.

UTSUMI, S. **Efecto de la distribución espacial del forraje sobre el comportamiento de vacas en pastoreo**. Balcarce: INTA EE Balcarce, 2002. Disponível em: <http://www.inta.gov.ar/balcarcePG/pgpa2002/resutsumi.htm> Acesso em: 5 nov. 2007.

WILKINSON, R.; LOWREY, R. W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W. (Ed.). **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic Press. 1973. p. 247-325.

WITTENBERGER, J. F. **Animal social behavior**. Boston: Duxbury Press, 1981. 722 p.

