

Correção do solo e fertilização de pastagens em sistemas intensivos de produção de leite



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

Documentos 86

Correção do solo e fertilização de pastagens em sistemas intensivos de produção de leite

Patrícia Perondi Anção Oliveira
Marco Antonio Penati
Moacyr Corsi

Embrapa Pecuária Sudeste
São Carlos, SP
2008

Embrapa Pecuária Sudeste

Rod. Washington Luis, km 234
Caixa Postal 339, São Carlos, SP
Fone: (16) 3411-5600
Fax: (16) 3361-5754
Home page: <http://www.cppse.embrapa.br>
Endereço eletrônico: sac@cppse.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Ana Rita de Araujo Nogueira
Secretário-Executivo: Edison Beno Pott
Membros: Maria Cristina C. Brito, Milena Ambrósio Telles,
Sônia Borges de Alencar

Revisão de texto: Edison Beno Pott
Normalização bibliográfica: Sônia Borges de Alencar
Tratamento de ilustrações: Maria Cristina Campanelli Brito
Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito
Foto(s) da capa: Patrícia Perondi Anchão Oliveira

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

Oliveira, Patrícia Perondi Anchão

Correção do solo e fertilização de pastagens em sistemas intensivos de
produção de leite [Recurso eletrônico] / Patrícia Perondi Anchão Oliveira,
Marco Antonio Penati e Moacyr Corso. - Dados eletrônicos. — São Carlos:
Embrapa Pecuária Sudeste, 2008.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<http://www.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacaogratis/documentos/documentos86.pdf/view>>

Título da página na Web (acesso em 30 de dezembro de 2008).

57 p. (Documentos / Embrapa Pecuária Sudeste; ISSN: 1980-6841; 86).

1. Pastagem. 2. Solo. 3. Sistemas de produção. 4. Leite. I. Oliveira, Patrícia Perondi Anchão. II. Penati, Marco Antonio. III. Corsi, Moacyr. IV. Título. V. Série.

CDD: 631.42

© Embrapa 2008

Autores

Patricia Perondi Anchão Oliveira

Engenheira Agrônoma, Dra., Pesquisadora,
Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP.
ppaolive@cppse.embrapa.br

Marco Antonio Penati

Centro de Treinamento de Recursos Humanos da
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Piracicaba, SP.

Moacyr Corsi

Departamento de Zootecnia da Escola Superior de
Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP

Sumário

Introdução	7
Cronograma	8
Amostragem de solo	9
Interpretação dos resultados da análise de solo	10
Capacidade de troca de cátions e matéria orgânica	12
Correção da acidez do solo	14
Fertilização (corretiva e de manutenção)	26
Fertilização com fósforo	28
Fertilização com potássio	34
Fertilização com nitrogênio	37
Interface da fertilização com enxofre e nitrogênio	47
Fertilização com micronutrientes	48
Considerações finais	51
Referências	52

Correção do solo e fertilização de pastagens em sistemas intensivos de produção de leite

Patricia Perondi Anção Oliveira

Marco Antonio Penati

Moacyr Corsa

Introdução

Os sistemas intensivos de produção de leite que têm como base da alimentação o uso de pastagens caracterizam-se pela alta produção por unidade de área e podem alcançar mais de 20.000 L.ha⁻¹. Na época em que a precipitação e a temperatura não são limitantes, lotações da ordem de dez unidades animais (UA) por hectare são facilmente obtidas, havendo relatos de mais de 20 UA.ha⁻¹.

As espécies forrageiras, especialmente as dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria*, *Pennisetum* e *Cynodon*, usadas nesses sistemas, possuem alto potencial de produção de forragem e são as responsáveis pela alta lotação animal e pela alta produção de leite por unidade de área. Como consequência da elevada produção de forragem, essas pastagens possuem alta capacidade de extração de nutrientes do solo (Tabela 1) e, em regra, essa remoção de nutrientes pela forrageira é proporcional ao rendimento obtido (RODRIGUES e REIS, 1994). Isso faz com que o sucesso da exploração seja condicionado à mudança na atitude do produtor, que deve desenvolver nova visão a respeito da pastagem, a qual passa a ter conotação de cultura agrícola. Nos sistemas intensivos de pastagem, com alta lotação, entre oito e dez vacas por hectare, a aplicação de fertilizantes chega a ser maior do que nas culturas mais produtivas de soja ou de milho. Nas lavouras é normal o uso de menos de 1000 kg.ha⁻¹ de fertilizantes, enquanto nas pastagens intensivas é comum o uso de mais de 1500 kg.ha⁻¹ de fertilizantes.

Tabela 1. Produção de forragem e remoção de nutrientes (gramíneas¹).

Espécies	Produção anual de MS ² (t.ha ⁻¹)	Nutrientes removidos (kg.ha ⁻¹)				
		N	P	K	Ca	Mg
<i>Pennisetum purpureum</i> ² (capim-elefante)	28,2	338	72	565	108	71
<i>Panicum maximum</i> ³ (capim-colonião)	25,8	323	49	407	167	111
<i>Digitaria decumbens</i> ³ (capim-pangola)	26,5	335	53	401	122	75
<i>Brachiaria mutica</i> ³ (capim-angola)	26,9	344	48	429	129	88
<i>Brachiaria ruziziensis</i> ³ (capim-braquiária)	33,5	342	55	450	153	78
<i>Cynodon nlemfuensis</i> ³ (grama-estrela)	28,3	388	65	469	151	54
<i>Melinis minutiflora</i> ³ (capim-gordura)	14,8	232	36	233	63	49
<i>Cynodon dactylon</i> cv. Coastcross ⁴ (capim-coastcross)	17,5	446	48	467	66	45

¹Gramíneas cortadas a cada 60 dias e adubadas com 448 kg.ha⁻¹ de N; 72 kg.ha⁻¹ de P e 448 kg.ha⁻¹ de K, aplicados em seis doses iguais. Calagem efetuada para obter pH = 6,0.

² MS = matéria seca.

Fonte: ³Adaptado de Vicente-Chandler et al. (1974) por Rodrigues & Reis (1994).

⁴ Primavesi, et al. (2004).

Cronograma

Todo sistema de produção necessita de um cronograma de atividades para seu gerenciamento, envolvendo os mais diversos fatores, tais como a parte contábil da fazenda, a parte sanitária e de reprodução do rebanho, os controles zootécnicos e os eventos relacionados com a alimentação dos animais, tanto os volumosos como os concentrados.

Com relação às pastagens, algumas atividades devem ser realizadas em determinadas épocas do ano de forma a garantir o sucesso da produção. Dessa forma, são apresentados dois cronogramas na Tabela 2, um para a formação de pastagens e outro para a manutenção delas.

Tabela 2. Cronogramas para formação e para manutenção de pastagens.

Atividades	Época de realização
Estabelecimento de pastagens (formação)	
Coleta de solo, para analisar a fertilidade.	Fevereiro a abril.
Correção do solo (calagem e gessagem).	Março a junho.
Fertilização corretiva (realizada em áreas que necessitam de fosfatagem e ou potassagem)	Outubro e novembro.
Fertilização de plantio (juntamente com as sementes ou mudas)	Outubro e novembro.
Fertilização nitrogenada no início do perfilhamento	20 a 25 dias após a emergência das plantas, quando iniciar o perfilhamento.
Pastagens estabelecidas (manutenção)	
Coleta de solo, para analisar a fertilidade.	Fevereiro a abril.
Correção do solo (calagem e gessagem).	Março a junho.
Fertilização corretiva (realizada em áreas que necessitam de fosfatagem, potassagem e aplicação de micronutrientes, como Zn, Cu e B)	Outubro e novembro.
Adubação de manutenção (coberturas nitrogenadas pós-pastejo, acompanhadas ou não de outros nutrientes, por exemplo potássio e enxofre, conforme resultados da análise de solo).	Outubro e novembro até março e abril, após cada pastejo (período das chuvas, ou mais se houver irrigação e temperatura adequada).

Amostragem de solo

A amostragem de solo é a primeira etapa em um programa de calagem e adubação. Nunca é demais lembrar que, por melhor que seja a análise química, ela não corrige falhas na retirada da amostra ou na sua representatividade (RAIJ et al., 1996).

Primeiramente deve-se dividir a propriedade em glebas homogêneas; são desejáveis glebas menores do que 20 ha. Para pastagens destinadas a bovinos de corte, esse valor pode ser de 40 ha, desde que a área seja homogênea e possua o mesmo histórico de uso da terra. Para pastagens em manejo rotacionado, em que os piquetes são menores, um grupo de piquetes pode compor uma única gleba, desde que eles também cumpram os requisitos apresentados anteriormente.

As glebas devem ser separadas de acordo com a posição topográfica (solos de morro, meia-encosta, baixada, etc.), a cor do solo, a textura (argilosos, arenosos) e a cultura ou a vegetação anterior (pastagem, arroz, etc.). As ferramentas para amostragem de solo podem ser simples, tais como enxadão e pá reta, mas, se houver disponibilidade, é preferível usar trado ou sonda, que facilitam o trabalho e a homogeneização das subamostras. Em cada gleba devem ser retiradas, no mínimo, 20 subamostras, na profundidade de 0 cm a 20 cm, coletadas de maneira aleatória no terreno, percorrendo a área do terreno em ziguezague. As subamostras devem ser misturadas para compor a amostra. Dessa amostra, enviar ao laboratório de 300 g a 500 g (RAIJ et al., 1996).

A amostragem na profundidade de 0 cm a 20 cm deve ser realizada anualmente. Outra amostragem, na profundidade de 20 cm a 40 cm, deve ser realizada a cada dois anos e têm por finalidade acompanhar a acidez do subsolo, bem como o teor de cálcio, de enxofre e de potássio em solos com fertilidade mais comprometida.

Interpretação dos resultados da análise de solo

Existem dois critérios mais utilizados para a interpretação dos resultados de análise de fertilidade de solo (CORSI e NUSSIO, 1994), que são:

1. Nível de suficiência de nutrientes disponíveis.
2. Proporção de cátions no complexo de troca de cátions do solo.

O critério baseado no nível de suficiência do nutriente no solo considera cada elemento isoladamente e baseia-se nos resultados de pesquisa que procuram estabelecer os níveis em que os nutrientes passariam a aumentar a produtividade da cultura. Os níveis estipulados por Raij et al. (1996) estão apresentados na Tabela 3. Segundo McLean (1976) citado por Corsi e Nussio (1994), esse tipo de interpretação de análise de solo é mais adequado para condições em que a fertilidade do solo é elevada e em que não há desequilíbrio acentuado entre os nutrientes.

Tabela 3. Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo em solos.

Teor	Produção relativa (%)	pH em CaCl ₂	Saturação por bases (%)	K ⁺ trocável (mmolc.dm ⁻³)	P em resina (mg.dm ⁻³)
Muito baixo	0 – 70	Até 4,3	0 – 25	0,0 – 0,7	0 – 5
Baixo	71 – 90	4,4 – 5,0	26 – 50	0,8 – 1,5	6 – 12
Médio	91 – 100	5,1 – 5,5	51 – 70	1,6 – 3,0	13 – 30
Alto	>100	5,6 – 6,0	71 – 90	3,1 – 6,0	31 – 60
Muito Alto	>100	>6,0	>90	>6,0	>60

Fonte: Raji et al. (1996).

O método da proporção de nutrientes na capacidade de troca de cátions procura estabelecer a proporcionalidade ideal entre os nutrientes no complexo coloidal do solo. Almeja-se criar um meio iônico que apresente condições ótimas para atingir o potencial de produtividade dos solos com fertilidade mais baixa, como são, em geral, classificados os solos tropicais (CORSI e NUSSIO, 1994). Os trabalhos de McLean (1976), citados por Corsi e Nussio (1994), mostraram que a proporcionalidade de cátions na saturação por bases varia com o tipo de cultura e a intensidade de exploração, entre outros fatores, mas, em termos gerais, situa-se dentro das seguintes amplitudes: 65% a 85% de Ca⁺², 6% a 12% de Mg⁺², 2% a 5% de K⁺ e 10% a 20% de H⁺.

Os dois critérios apresentados são importantes e complementares, e é interessante que o agrônomo responsável pela área considere os dois para implementar suas recomendações de correção e de fertilização dos solos.

A interpretação de resultados de análise de amostras retiradas na profundidade de 20 cm a 40 cm serve para diagnosticar possíveis condições desfavoráveis ao desenvolvimento radicular, principalmente de culturas menos tolerantes à acidez (RAIJ et al., 1996). Essas condições são dadas por:

$$\text{Ca}^{+2} < 4 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3} \text{ e}$$

$$\text{Al}^{+3} > 5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}, \text{ associado com saturação por alumínio } > 40\%.$$

A análise de amostras de subsolo também é útil para avaliar a disponibilidade de enxofre, pois o sulfato tende a se acumular no subsolo (RAIJ et al., 1996).

Outra informação importante pode ser obtida com a análise de potássio, que, quando acusa resultados altos em profundidade, indica a lixiviação do nutriente (RAIJ et al., 1996).

Capacidade de troca de cátions e matéria orgânica

A quantidade total ou o complexo de cátions trocáveis que um solo pode reter (a quantidade de sua carga negativa) é chamada de **capacidade de troca de cátions** ou CTC. Essa troca ocorre porque os cátions (íons com carga positiva) retidos nos colóides do solo podem ser substituídos por outros cátions. Isto significa que eles são **trocáveis**. Por exemplo, o cálcio pode ser trocado por hidrogênio e/ou potássio ou vice-versa (LOPES, 1998).

Observa-se que a CTC reflete, sob o ponto de vista estático, a capacidade do solo para reter nutrientes e funcionar como um reservatório. Do ponto de vista dinâmico, a CTC, por meio dos cátions trocáveis, regula a composição da solução do solo, ou seja, a disponibilidade de nutrientes. A CTC representa, portanto, um dos principais componentes do solo quando se usam fertilizantes em pastagens, uma vez que define os níveis de nutrientes que o solo pode comportar sem perdas excessivas por lixiviação e, ao mesmo tempo, possibilita orientar quanto aos intervalos ou à freqüência em que as adubações devem ser efetuadas (CORSI e NUSSIO, 1994).

Torna-se imprescindível, portanto, o conhecimento sobre as origens da troca de íons no solo. Os grupos de materiais responsáveis pela CTC são a matéria orgânica (MO), os minerais de argila e os óxidos hidratados de alumínio e de ferro (CORSI e NUSSIO, 1994). As partículas de argila são constituintes do solo com carga negativa. Estas partículas atraem e liberam os nutrientes de carga positiva (cátions). A matéria orgânica possui comportamento semelhante. Já as partículas de areia não apresentam reação (LOPES, 1998).

A quantidade das cargas criadas nos solos brasileiros com base nos óxidos e no mineral de argila caulinita é muito pequena, o que os torna dependentes da matéria orgânica para prover cargas elétricas (CORSI e NUSSIO, 1994). Na Tabela 4 pode-se avaliar a contribuição da matéria orgânica e da fração mineral do solo para compor a CTC. Observa-se que a MO, apesar de ocorrer em teores mais baixos do que a argila, é a principal responsável pela CTC desses solos.

A matéria orgânica do solo consiste em resíduos de plantas e de animais em diferentes fases de decomposição. O nível adequado de MO é benéfico ao solo de várias formas: melhora a condição física do solo, aumenta a infiltração e a retenção de água, diminui as perdas por erosão, fornece lentamente nutrientes (fósforo, nitrogênio, enxofre) e água para as plantas, aumenta a CTC, solubiliza nutrientes nos solos minerais, melhora a nutrição da planta, em relação aos micronutrientes, pela formação de quelatos, melhora a capacidade tampão do solo, contribui para a transformação do Al em formas não tóxicas, reduz a toxidez de pesticidas e outras substâncias, favorece o aumento da população microbiana no solo e exerce efeito promotor de crescimento para as plantas (LOPES, 1998; LOPES e GUILHERME, 2000).

Tabela 4. Capacidade de troca de cátions de amostras de solos, total e da matéria orgânica (MO).

Solo	Profundidade (cm)	Argila (%)	MO	CTC		
				Total	da MO	devida à MO
				[meq.(100 g de terra) ⁻¹]		
Argissolo	0 – 6	5	0,78	3,2	2,2	69
Planossolo	0 – 14	12	2,52	10,0	8,2	82
Argissolo	0 – 12	13	1,40	3,7	2,7	73
Nitossolo	0 – 15	64	4,51	24,4	15,0	61
Latossolo	0 – 17	24	1,21	3,9	2,9	74
Latossolo	0 – 18	59	4,51	28,9	16,1	56

Fonte: Rajj (1991).

Em pastagens sob manejo intensivo, observa-se ao longo dos anos aumento no teor de matéria orgânica e conseqüentemente da CTC do solo; assim, ocorrem por vezes teores maiores de MO nas áreas de pastagem sob manejo intensivo do que na área de mata virgem localizada na mesma gleba. Isso acontece porque durante o manejo da pastagem há perdas de pastejo, representadas pelas folhas e pelas hastes quebradas, envelhecidas e rejeitadas, além do resíduo de pós-pastejo e dos dejetos depositados pelos animais na superfície do solo. Outro fator importante que contribui para o aumento da matéria orgânica no solo sob pastagem é a incorporação de matéria orgânica oriunda do sistema radicular, uma vez que após o corte da planta verifica-se a morte de até 50% do sistema radicular (MORAES, 1991; CECATO et al., 2001).

Correção da acidez do solo

A acidez do solo afeta o crescimento das plantas de várias formas e diminui a eficiência de uso de nutrientes aplicados por meio de fertilizantes. Apesar de algumas espécies de pastagens serem tolerantes às condições de solo ácido, notadamente as do gênero *Brachiaria*, isso não significa que elas apresentem sua máxima produção nessas condições.

A calagem é uma das práticas mais importantes para melhorar a fertilidade do solo; ela apresenta vários efeitos benéficos, como o fornecimento de cálcio e de magnésio; a elevação do pH (diminui a acidez); o aumento da disponibilidade de macronutrientes; a diminuição da toxidez de alumínio, de ferro e de manganês; a redução das perdas dos fertilizantes aplicados; o decréscimo da adsorção ou da fixação de fósforo; o aumento da disponibilidade de molibdênio do solo; o incremento da atividade microbiana e da liberação de nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo e enxofre pela decomposição de matéria orgânica; a melhoria do ambiente do solo para bactérias associadas com a fixação biológica do nitrogênio; e o aumento da produção das culturas, como resultado de um ou mais dos efeitos anteriormente citados (MUNSON, 1982, citado por LOPES, 1984). Em

condições de cerrado, Lopes (1984) ainda indica os seguintes efeitos: aumento das cargas dependentes de pH e conseqüentemente a capacidade de troca de cátions e a indução, dependendo da dose de calcário aplicada, à considerável lixiviação de cálcio e de magnésio, o que diminui a toxidez de alumínio, de ferro e de manganês, abaixo da camada de incorporação. Cuidados devem ser tomados para que o pH não alcance valores superiores a 6,5 – 7,0 pois nesses níveis a disponibilidade de alguns micronutrientes (com exceção do molibdênio e do cloro) será bastante comprometida (PENATI e CORSI, 1999). Entretanto, em solos tropicais sob pastagens é raro encontrar valores altos de pH, mesmo realizando-se calagem com freqüência.

Em sistemas de manejo intensivo de pastagem, em que as doses de fertilizantes usadas são elevadas, o papel da calagem é bastante distinto dos sistemas extensivos, em que as doses de fertilizantes aplicados são mínimas.

A calagem nos sistemas intensivos é importante para garantir a máxima eficiência de uso dos nutrientes dos fertilizantes aplicados (Tabela 5) e para reverter a acidificação dos solos ocasionada pelo uso dos fertilizantes químicos, especialmente os nitrogenados (Tabela 6).

Lopes (1984) chamou a atenção para esse fato, referindo-se aos sistemas agrícolas, com a afirmação de que: “Subutilização de calcário é uma das principais causas do desaproveitamento de fertilizantes químicos na agricultura brasileira, desenvolvida em solos com características tipicamente ácidas”.

Tabela 5. Estimativa da variação percentual de assimilação dos principais nutrientes pelas plantas em função do pH do solo.

Nutriente	pH					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
	(%)					
Nitrogênio	20	50	75	100	100	100
Fósforo	30	32	40	50	100	100
Potássio	30	35	70	90	100	100
Enxofre	40	80	100	100	100	100
Cálcio	20	40	50	50	83	100
Magnésio	20	40	50	50	80	100
Média	26,7	46,2	64,2	73,3	93,8	100,0

Fonte: Adaptado por Lopes (1984) de Alcarde (1983).

Tabela 6. Equivalentes de acidez ou de alcalinidade dos principais fertilizantes.

Fertilizante	Teor de N (%)	CaCO ₃ puro (kg)	
		Por kg de N	Por 100 kg do produto
Uréia	44	-1,80	-79
Nitrato de amônio	32	-1,80	-58
Nitrocálcio	20	0	0
Sulfato de amônio	20	-5,35	-107
Cloreto de amônio	25	-5,60	-140
Nitrato de cálcio	14	+1,35	+19
Nitrato de sódio	15	+1,80	+27
Nitrato de potássio	13	+2,0	+26
Fosfato monoamônico	9	-5,00	-45
Superfosfato simples	-	0	0
Superfosfato triplo	-	0	0
Cloreto de potássio	-	0	0
Sulfato de cálcio	-	0	0

Fonte: Adaptado de Tisdale e Nelson (1985) por Rajj (1991).

Algumas pesquisas mostram resultados positivos da calagem em pastagens manejadas intensivamente. Oliveira et al. (2007) conduziram dois experimentos durante dois anos agrostológicos em que avaliaram o efeito residual de fontes de fósforo na presença ou na ausência de calcário sobre a recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu estabelecida em Neossolo Quartzarênico com 2 mmol_c.dm⁻³ de Ca, 1 mmol_c.dm⁻³ de Mg, saturação por bases de 7% e de alumínio de 76%; houve aumento de produção de forragem quando usaram calcário para elevar a saturação por bases a 70%. A dose usada foi de 4,5 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 90 no primeiro ano e em média 3,6 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 70 no segundo ano. Realizou-se fertilização com N, K, S e micronutrientes em todos os tratamentos. Quando se suprimiu a fertilização fosfatada, para verificar o efeito residual das fontes de fósforo, houve resposta significativa da calagem, com aumento da produção de forragem de 9,78 t.ha⁻¹ para 11,36 t.ha⁻¹. Na presença de adubação fosfatada nos dois anos experimentais, apesar do

aumento de produção em decorrência da calagem, a diferença não foi significativa. Nesse projeto a calagem promoveu aumento do teor de P na planta durante o período da seca. No solo, ao fim de dois anos, houve aumento do teor de Ca até a profundidade de 30 cm, queda no teor de alumínio até 10 cm e na saturação por alumínio até 30 cm nos dois experimentos e aumento no teor de Mg até 10 cm no experimento com supressão de P e até 30 cm no experimento com adição de P. Houve aumento da saturação por bases até 30 cm de profundidade, apesar de os valores serem aquém dos 70% pretendidos.

Cruz et al. (1994) avaliaram o efeito da calagem (índices de saturação por bases de 4%, 20%, 36%, 52%, 68% e 84%) sobre a produção de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina e de *Panicum maximum* cv. Aruana, em casa de vegetação, em Latossolo Vermelho-Escuro de textura média, e verificaram que a calagem aumentou a produção de massa seca dos capins; o *Panicum maximum* foi o mais responsivo. Esses autores concluíram que para a instalação de pastagens, quando a saturação por bases for inferior a 50%, a calagem deve elevar esse valor a 70%.

Oliveira et al. (2003) avaliaram três níveis de saturação por bases (40%, 60% e 80%) em *Brachiaria decumbens* degradada, estabelecida em Neossolo Quartzarênico com saturação por bases inicial de 24,5% e saturação por alumínio de 40%, e não encontraram resposta às diferentes doses de calcário empregadas em relação à produção de forragem. Vale ressaltar que, mesmo dois anos após a realização da calagem, não se conseguiu atingir os níveis almejados de saturação por bases.

Um ponto interessante a se observar é o comportamento da resposta ao uso exclusivo de calcário em pastagens degradadas. Quando o sistema está muito degradado e o solo bastante exaurido, a resposta à calagem pode não existir (OLIVEIRA et al., 2003), mas quando existe alguma fertilidade (OLIVEIRA et al., 1999) apenas a calagem pode produzir aumentos de produção de forragem da ordem de 1,5 t.ha⁻¹ de matéria seca (MS) por ano (Fig. 1). Tal efeito se deve à capacidade do calcário para colocar nutrientes em disponibilidade às

plantas. Oliveira et al. (1999) avaliaram o efeito da presença ou da ausência de calagem e do uso de aerador de solo associado a diferentes fontes de fertilizantes na recuperação de uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu estabelecida em Nitossolo eutrófico e observaram na média de dois anos aumento de produção de forragem de 14,4 para 16,8 t.ha⁻¹ por ano. No tratamento em que não houve calagem ou fertilização, a pastagem permaneceu degradada, produzindo 4,4 t.ha⁻¹ de MS por ano; quando se realizou apenas a calagem, a produção aumentou para 5,9 t.ha⁻¹; quando se realizou apenas a fertilização, a produção foi de 16,4 t.ha⁻¹; e quando se realizou a calagem e a fertilização, a produção obtida foi de 19,2 t.ha⁻¹ (Fig. 1). A saturação por bases, 28 meses após a primeira aplicação de calcário, praticamente permaneceu inalterada, provavelmente devido ao efeito de acidificação do solo provocada pela aplicação de fertilizantes; inicialmente a saturação por bases foi de 67,7% e passou para 62,4%, mesmo com aplicação de 1,5 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT=90 a cada ano, objetivando elevar a saturação por bases a 80%.

Em pastagens manejadas intensivamente ou quando a situação das pastagens permitir a sua recuperação, o calcário deve ser aplicado na superfície do terreno sem incorporação (grades, subsoladores, arados, etc.) para não prejudicar o sistema radicular da planta. Quando a situação exigir a reforma do pasto, o calcário deve ser incorporado a pelo menos 20 cm de profundidade. Caso a incorporação seja mais profunda, será necessário aumentar a quantidade de calcário em função da profundidade da incorporação (PENATI e CORSI, 1999).

No caso de implantação ou de reforma da pastagem, a melhor maneira de uniformizar a incorporação do calcário é distribuí-lo de uma única vez, realizando uma pré-mistura com grade semipesada ou pesada e a seguir completar a incorporação por meio da aração. Uma segunda opção consiste na aplicação de metade da dose antes da aração e metade antes da gradagem (WERNER et al., 1996).

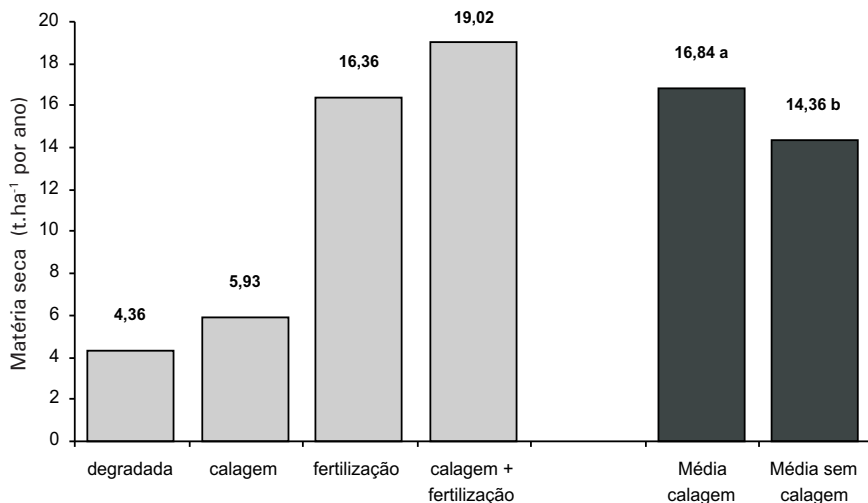


Fig. 1. Produção de forragem (20 cm acima da superfície do solo e média de dois anos), em diferentes tratamentos aplicados em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* degradada estabelecida em Nitossolo eutrófico.

Fonte: Oliveira et al. (1999).

Observação: coluna “degradada”: média de dois tratamentos que não receberam calagem nem fertilização; coluna “calagem”: média de dois tratamentos que receberam apenas calagem; coluna “fertilização”: média de dez tratamentos que receberam apenas fertilização; coluna “calagem + fertilização”: média de dez tratamentos que receberam calagem e fertilização; coluna “Média calagem”: média de doze tratamentos que receberam calagem; coluna “Média sem calagem”: média de doze tratamentos que não receberam calagem.

Médias seguidas por letras distintas diferem significativamente pelo teste F ($P \leq 0,05$). Coeficiente de variação = 34%.

O uso de calcário na superfície do solo possui como grande vantagem, por um lado, a manutenção da integridade do sistema radicular da planta (SOARES FILHO et al., 1992; OLIVEIRA et al., 2003), mas por outro lado pode promover perdas por volatilização de N quando se utiliza uréia nas adubações de cobertura posteriormente à aplicação de calcário (OLIVEIRA, 2001), em razão da elevação do pH na superfície do solo.

Em pastagens degradadas, Oliveira et al. (2003) não encontraram aumento de produção de forragem de *Brachiaria decumbens* devido à incorporação do calcário em relação ao uso de calagem na superfície do solo. Soares Filho et al. (1992) também não encontraram diferença na produção de forragem no primeiro ano e observaram decréscimo na produção no segundo ano, quando realizaram gradagem para a recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens*. Quanto à produção das raízes, Oliveira et al. (2003) observaram que a incorporação do calcário provocou decréscimo até 30 cm de profundidade no primeiro ano experimental. Supõe-se que esse efeito ocorreu devido à morte de raízes e à demora da sua recuperação após a gradagem. No segundo ano, apesar do longo período de tempo decorrido após a gradagem, que foi realizada apenas no primeiro ano, as raízes, na profundidade de 0 cm a 5 cm, ainda responderam negativamente à incorporação com grade (Fig. 2). No mesmo projeto (dados não publicados), os autores encontraram resultados semelhantes também com o *Panicum maximum*. Da mesma forma, Soares Filho et al. (1992) haviam observado queda na produção de raízes quando empregaram gradagem na recuperação de pastagens, mesmo quando aplicaram fertilizantes.

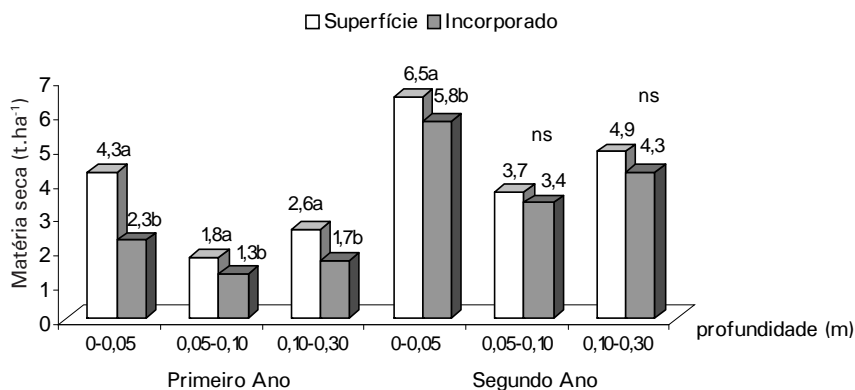


Fig. 2. Diminuição na massa de raízes de *Brachiaria decumbens* em função de formas de aplicação do calcário.

Médias do mesmo ano e da mesma profundidade seguidas por letras distintas diferem pelo teste F ($P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$, no primeiro e no segundo ano, respectivamente); Coeficiente de variação entre 20% e 38%, dependendo do ano e da profundidade.

Com relação ao uso de uréia após a aplicação de calcário na superfície do solo, Oliveira (2001) conduziu um experimento em pastagem degradada de *Brachiaria brizantha*, em que avaliou o balanço anual do nitrogênio; a calagem foi realizada em duas épocas (março ou agosto) e a uréia foi incorporada ou aplicada na superfície do solo. A incorporação visava à colocação da uréia abaixo da camada de aplicação do calcário. Apesar de não ter ocorrido aumento de produção de forragem em função da incorporação, esta operação aumentou a recuperação do N da uréia no sistema, diminuindo as perdas (Tabela 7). As perdas foram gasosas e aquelas resultantes de volatilização devem estar mais ligadas às reações químicas que ocorrem ao redor do grânulo da uréia e que elevam o pH nesse local (KIEHL, 1989) do que ao efeito da calagem, uma vez que os valores de pH na superfície do solo no momento da aplicação da uréia eram muito baixos, mesmo usando-se três toneladas de calcário dolomítico com PRNT de 90% na superfície do solo.

O solo deve estar úmido para que o calcário reaja com os elementos químicos do solo. Por esse motivo, a recomendação é realizar a sua distribuição durante o período das chuvas, caso a área não esteja sendo adubada, ou após a última adubação do período das chuvas (PENATI e CORSI, 1999) em pastagens manejadas intensivamente. Oliveira et al. (2007) verificou que a calagem realizada antecipadamente em março favoreceu a produção de forragem. Este fato pode estar relacionado ao maior tempo de reação do calcário no solo na presença de mais precipitação, a qual pode ter aumentado a eficiência de uso do P, do K e do S, uma vez que, para suprir esses nutrientes, foram empregados superfosfato simples e cloreto de potássio, fontes que possuem sua eficiência incrementada com a redução da acidez do solo. Outro fator que pode ter concorrido para estes resultados é a diminuição da toxidez inicial de Al.

Tabela 7. Matéria seca da parte aérea, do resíduo, do liter, da coroa e das raízes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (novembro de 1998 a dezembro de 1999).

Tratamento		Matéria seca			Recuperação de nitrogênio			Total do sistema	Perdas ² gasosas
Época calagem	Incorporação da uréia	Parte aérea ¹			Total da planta e liter	Raízes			
		Águas	Seca	Anual		(0-60 cm)	(0-60 cm)		
		-----Mg.ha ⁻¹ -----			-----%-----				
Março	Sim	7,2 a	1,9	9,1 a	59,1	6,2	20,3	85,6	14,4
Março	Não	7,6 a	2,0	9,6 a	39,5	3,8	18,8	62,1	37,9
Agosto	Sim	6,4 b	1,9	8,3 b	47,9	6,7	21,6	76,8	23,2
Agosto	Não	6,4 b	1,9	8,3 b	44,1	4,5	23,2	71,8	28,2
Testemunha		2,3	1,6	3,9	-	-	-	-	-
CV ³ (%)		23	32	20	14 %	34 %	11 %	13 %	-
Prob F p/ incorporação		ns	ns	ns	0,01%	0,12%	ns	0,04%	-
Prob F p/ épocas		1,3 %	ns	1,7 %	ns	ns	0,26%	ns	-
Prob F p/ I x E		ns	ns	ns	0,26%	ns	ns	0,95%	-

¹ Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste F ao nível de probabilidade indicado na tabela.

² Consideraram-se apenas as perdas gasosas, uma vez que as perdas por lixiviação medidas até 60 cm de profundidade foram irrisórias.

³ Coeficiente de variação.

Segundo Penati e Corsi (1999) existem alguns critérios para calcular a necessidade de calcário. Para os sistemas manejados intensivamente, recomenda-se calcular a necessidade de calcário de acordo com o método da saturação por bases, que utiliza a fórmula:

$$NC = \frac{(V_f - V_i) \times CTC \times P}{PRNT \times 10}$$

em que V_f = saturação por bases final ou desejada;

V_i = saturação por bases inicial;

CTC = capacidade de troca catiônica;

PRNT = poder relativo de neutralização total;

P = profundidade de incorporação (P = 0,5; 1,0 e 1,5, respectivamente para as profundidades de 10, 20 e 30 cm).

10 = utilizado quando a CTC for expressa em $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$.

Este critério tem como objetivo corrigir indiretamente o pH do solo por meio do ajuste da saturação por bases do solo e é fundamentado na alta correlação entre a saturação por bases e o pH e a saturação por alumínio (RAIJ, 1991) como pode ser observado nas Fig. 3 e 4, para o caso específico de solo sob pastagem.

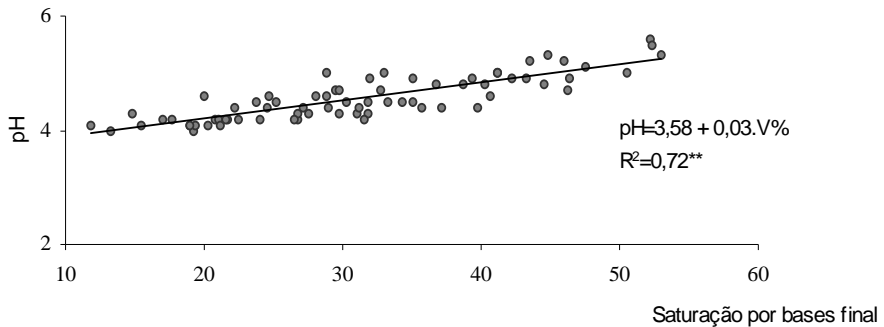


Fig. 3. Saturação por bases no fim do segundo ano e pH (CaCl_2) no solo, na profundidade de 0 cm a 30 cm.

Fonte: Oliveira et al. (2003).

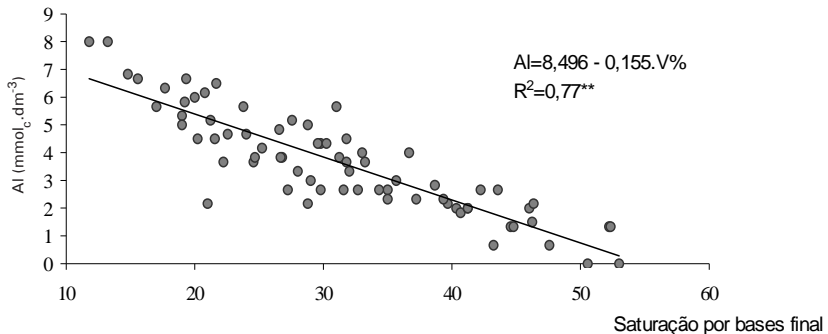


Fig. 4. Saturação por bases no fim do segundo ano e concentração de Al trocável no solo, na profundidade de 0 cm a 30 cm.

Fonte: Oliveira et al. (2003).

A saturação por bases inicial e a CTC são fornecidas pela análise química do solo. O PRNT é uma propriedade físico-química do calcário e o seu valor é amplo (50 a 140). Essa característica deve ser obtida da firma produtora do calcário ou pela análise química e física do produto (PENATI e CORSI, 1999).

O PRNT é determinado com base nos teores de óxido de cálcio (CaO) e de óxido de magnésio (MgO) e na granulometria do calcário após a moagem. Quanto maiores forem os teores de CaO e de MgO e quanto mais fina for a textura do calcário tanto maior será o PRNT. Deve-se tomar cuidado para não confundir o PRNT com o poder de neutralização, que expressa a equivalência do calcário ao carbonato de cálcio (PENATI e CORSI, 1999).

Quanto maior for o PRNT tanto menor será o tempo de reação do calcário com os elementos do solo, desde que este esteja úmido. No caso dos calcários com PRNT próximo de 90, o tempo necessário para que a reação química se estabilize é de aproximadamente 30 dias, enquanto naqueles com PRNT inferior a 60 o tempo de reação é de 80 a 100 dias (PENATI e CORSI, 1999).

Se não houver pressa na reação, a escolha passa a ser função do custo por hectare do calcário aplicado. Apesar de o preço desse insumo geralmente aumentar em função do PRNT, o custo por hectare pode ser reduzido quando se opta por utilizar material com poder relativo de neutralização mais alto. Esse fato decorre da menor quantidade de calcário exigida por hectare, quando se compara com aquela de calcário com PRNT mais baixo. Além disso, os custos referentes à distribuição e ao transporte do calcário até a área serão menores, em razão da menor quantidade de calcário exigido na área (PENATI e CORSI, 1999).

Oliveira et al. (2003) avaliaram durante dois anos, em um Neossolo Quartzarênico, a resposta da calagem na *Brachiaria decumbens* realizada com calcário dolomítico que tinha PRNT de 55, 70 ou 90; a diferença entre os PRNTs era devida apenas ao grau de moagem, não variando a qualidade da rocha de origem do calcário. Tanto no primeiro quanto no segundo ano não houve diferença ($P \leq 0,05$) na produção de forragem. A ausência de resposta explica-se pelo fato de que no cálculo da dose de calcário (RAIJ, 1991) considerou-se o PRNT como coeficiente de correção, fazendo com que as diferenças dos calcários fossem minimizadas para o mesmo nível de saturação por bases pretendida. Além disso, o tempo

decorrido entre a aplicação do calcário e a primeira adubação de cobertura foi superior a três meses. Entretanto, a maior dose de calcário, em consequência do menor PRNT testado, possibilitou a produção de maior massa de raízes e a correção da deficiência de Mg.

Outra característica química do calcário, bastante solicitada por extensionistas e por produtores, é a relação entre os teores de Ca^{2+} e de Mg^{2+} . A preocupação de conhecer esse valor está relacionada com o ajuste da relação entre esses elementos no solo. Entretanto, trabalhos de pesquisa indicam que a relação $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ no solo pode estar entre 30 e 0,5:1, sem prejuízo para a produção das culturas (RAIJ et al., 1996). Porém, esses pesquisadores ressaltaram que essa afirmação é verdadeira se os níveis mínimos de cálcio e de magnésio no solo forem respectivamente superiores a 4 e 5 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Essa restrição é imposta porque acima desses valores se espera não ocorrer restrição nutricional à planta. Em condições em que os níveis de adubação potássica são elevados, o nível mínimo de magnésio no solo deve ser superior a 9 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ (RAIJ et al., 1996). Tal condição ocorre nas pastagens sob manejo intensivo.

A relação entre potássio e magnésio no solo deve merecer atenção especial em virtude da competitividade entre esses nutrientes para ocupar a CTC do solo e para serem absorvidos pelo sistema radicular. McLean (1977, citado por Corsi e Nussio, 1994), Lopes (1984) e Lopes e Guilherme (1992b) ressaltaram a importância de se interpretar a análise química do solo por meio das relações entre os nutrientes na CTC. Esses autores citaram que a composição adequada da CTC, proposta por Graham (1959), é de 65% – 85% de cálcio, 6% – 12% de magnésio e 2% – 5% de potássio.

O calcário é classificado basicamente em três categorias (dolomítico, magnesiano e calcítico) e é composto por carbonato de cálcio e por carbonato de magnésio. O Boletim Técnico nº 6 da Associação Nacional para Difusão de Adubos classifica os calcários conforme o teor de MgCO_3 em: calcíticos, com teor inferior a 10%; magnesianos, com teor intermediário, entre 10% e 25%; e dolomíticos, com teor acima de 25% (ALCARDE, 2005).

Fertilização (corretiva e de manutenção)

A recomendação equilibrada, qualitativa e quantitativa, de corretivos e de fertilizantes deve ser prática rotineira nos programas de fertilização de pastagens sob uso intensivo, porque a quantidade de nutrientes requerida por esses sistemas é muito alta (Tabela 1), o que os torna muito susceptíveis a prejuízos econômicos quando se usa subdoses ou doses acima da necessária.

Na prática da adubação, a “lei do mínimo” ou de Liebig, muitas vezes esquecida pelos profissionais da área, explica que a produção é limitada pelo nutriente que se encontra em menor disponibilidade, mesmo que todos os outros estejam disponíveis em quantidades adequadas. Em relação à quantidade ou à dose é fundamental levar também em consideração, principalmente no caso dos fertilizantes, a “lei dos incrementos decrescentes” ou de Mitscherlich, que estabelece o seguinte: para cada incremento sucessivo da quantidade de fertilizante ocorre um aumento cada vez menor na produção. Em termos práticos, essa lei orienta no sentido de que as adubações não visem à produtividade máxima, mas à produtividade que proporcione o maior lucro para o agricultor, ou seja, a produtividade máxima econômica (LOPES e GUILHERME, 2000).

No caso de pastagens, a produtividade máxima econômica a ser usada varia a cada ano em função do preço dos produtos (leite e carne), o qual se altera conforme a época do ano, o ciclo pecuário e o preço dos fertilizantes. Entretanto, é importante ressaltar que não existe dieta mais barata do que aquela proveniente do pasto diretamente colhido pelos bovinos e, como a produção de forragem é altamente responsiva ao uso de fertilizantes, a adubação possui alta viabilidade, até mesmo em doses consideradas elevadas pelo setor produtivo.

Para definir a época da adubação de pastagens é preciso conhecer alguns aspectos importantes:

1. Os mecanismos responsáveis pela transferência de nutrientes do solo até a superfície da raiz (CORSI e NUSSIO, 1994) e sua forma de absorção pela planta.

2. A curva de absorção de nutrientes pela planta forrageira (CORSI e NUSSIO, 1994).
3. As condições climáticas que permitem o crescimento da planta forrageira.
4. A possibilidade e a intensidade de ocorrência de perdas de nutrientes dos fertilizantes.

O conhecimento da contribuição relativa da interceptação radicular, do fluxo de massa e da difusão no fornecimento de nutrientes para uma planta é importante para ajudar a definir a forma de aplicação ou a localização dos fertilizantes. Os dados da Tabela 8 mostram que o fluxo de massa pode suprir toda a necessidade de nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, manganês e molibdênio; a difusão é importante para o fósforo e o potássio e parcialmente para o ferro e o zinco; a interceptação radicular pode fornecer grande parte das necessidades da planta quando a exigência nutricional for compatível com o teor de nutriente na solução do solo. Assim, este último processo pode fornecer todo o cálcio e parte considerável do magnésio, do manganês e do zinco (YAMADA, 1989, citado por LOPES e GUILHERME, 2000).

De maneira geral, para os fertilizantes com nutrientes cujo mecanismo de suprimento às raízes mais importante é o processo de difusão, a localização num raio de ação passível de ocorrência desse fenômeno é crucial. Cabe, ressaltar, entretanto, que mesmo com nutrientes cujo mecanismo de transporte principal é o fluxo de massa, como é o caso do nitrogênio, a localização do fertilizante também assume grande importância (LOPES e GUILHERME, 2000).

O momento da adubação fosfatada de correção e de manutenção deve ser preferencialmente no início da estação chuvosa, pois cerca de 90% do contato entre o íon e a raiz é devido à difusão (que depende da presença de água no solo); é possível aplicar a dose total recomendada de uma só vez, em razão da baixa mobilidade do P no solo (LUZ et al., 2007). O mesmo conceito vale para adubação de plantio, até porque não é recomendado plantio ou semeadura de pastagens em condições secas.

Tabela 8. Contribuição da interceptação radicular, do fluxo de massa e da difusão no estabelecimento do contato entre o íon e a raiz.

Elemento	Porcentagem fornecida por		
	Fluxo de massa ¹	Difusão ²	Interceptação ³
N	98,8	0,0	1,2
P	5,7	91,4	2,9
K	20,0	77,7	2,3
Ca	428,6	0,0	171,4
Mg	250,0	0,0	37,5
S	95,0	0,0	5,0
B	350,0	0,0	10,0
Mo	200,0	0,0	10,0
Cu	400,0	0,0	10,0
Fe	52,6	3,9	10,5
Zn	33,3	33,3	33,3
Mn	133,3	0,0	33,3

Fonte: Adaptado de Barber & Olson (1968) por Lopes e Guilherme (2000).

Resultados superiores a 100% indicam que a contribuição do processo de contato superou as necessidades da planta.

¹ Fluxo de massa: movimento de água e de nutrientes da solução do solo para a raiz, decorrente da perda de água pelas folhas e criação de um diferencial de pressão entre a parte interna e a parte externa da planta, levando à penetração de água na raiz.

² Difusão: movimento de íons de uma solução do solo de mais alta concentração para uma outra de mais baixa concentração.

³ Interceptação radicular: encontro do nutriente com a raiz, à medida que esta se desenvolve no solo.

Fertilização com fósforo

O uso de adubação fosfatada é recomendado em várias ocasiões e atende a vários objetivos no manejo de fertilização das pastagens. A eficiência dos fertilizantes fosfatados depende, principalmente, da minimização das perdas por erosão e por fixação, embora este último processo não seja totalmente irreversível (LOPES e GUILHERME, 2000).

Basicamente existe a adubação corretiva ou fosfatagem, a adubação de plantio ou de estabelecimento e a adubação de manutenção.

A adubação corretiva, chamada de fosfatagem, tem por objetivo a correção do teor de fósforo no solo e a ocupação dos sítios de fixação; ela é realizada normalmente antes da última gradagem

niveladora, na área total e de forma incorporada. A adubação de plantio tem por objetivo acelerar o estabelecimento da planta após a germinação da semente; ela é realizada por ocasião do plantio com a aplicação do fertilizante próximo das sementes ou das mudas. A adubação de manutenção tem por objetivo repor o fósforo extraído pela cultura, para manter nível adequado de P no solo; ela é aplicada na superfície do solo, na área total. Essas adubações podem ser realizadas isoladamente ou não.

O alto poder de fixação do fósforo nos solos tropicais e a sua baixa mobilidade são as características que mais influenciam no manejo da adubação fosfatada (PENATI e CORSI, 1999). A fixação do fósforo é mais intensa nos solos com as seguintes características: alto teor de argila, predomínio de argilas que contenham óxido de ferro ou óxido de alumínio ou do tipo goetita e gibsita, baixo teor de matéria orgânica, baixo pH e baixo teor de fósforo (PENATI e CORSI, 1999).

Nos solos com propriedades que favorecem a fixação do fósforo, o modo de aplicação dos adubos fosfatados tem influência sobre esse processo. Assim, quando a intenção é realizar a adubação corretiva (fosfatagem), ou seja, ocupar os sítios de fixação, recomenda-se aplicar o fertilizante fosfatado na área total e incorporá-lo ao solo. Essa recomendação é feita porque, se o fertilizante fosfatado for incorporado e bem distribuído no solo, a possibilidade de ocorrer a fixação aumenta em função do maior contato entre o fertilizante e os sítios de fixação do solo (PENATI e CORSI, 1999).

De acordo com Lopes e Guilherme (1992a), a recomendação para fosfatagem corretiva deve ser feita em função do teor de argila no solo. Esses autores recomendaram que, para alcançar o teto de produção em três anos em solos de cerrado, para cada unidade percentual de argila, deve-se aplicar entre 3 e 5 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, ou seja, para um solo com 20% de argila a dosagem recomendada seria de 60 a 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (333 a 555 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples).

No caso da adubação fosfatada de manutenção, Corsi e Nussio (1994) sugeriram a aplicação a lanço na área total, sem incorporação. Esses autores ressaltaram a importância da cobertura morta nesse tipo de manejo e lembraram que a incorporação em pastagens

estabelecidas provavelmente produzirá resultados inferiores, devido à fixação e à rapidez com que a matéria orgânica será decomposta, diminuindo a retenção de água, o que expõe a pastagem aos freqüentes verânicos, que podem ocorrer nas regiões Sudeste e Centro-Oeste.

A dose de fósforo a ser aplicada na adubação de manutenção proposta por Corsi e Nussio (1994) para capim-elefante manejado intensivamente tem por objetivo atingir níveis de 20 a 30 mg.kg⁻¹ no solo. Esses autores tomaram por base os trabalhos de Martinez (1980), de Monteiro (1990) e do Planalsucar, e recomendaram o monitoramento das fertilizações por meio da realização de análises na parte aérea da forragem (acima da altura de pastejo). Como resultado da fertilização deve-se obter concentração de aproximadamente 2,5 g.kg⁻¹ de P na MS. Valores abaixo de 2,5 g.kg⁻¹ de P na MS da parte aérea indicam menor resposta em crescimento da planta, em virtude da deficiência de condições de crescimento (falta de água, temperatura baixa, deficiência de nutrientes, etc.) ou da subnutrição em fósforo, provocada pela falta do nutriente ou por condições limitantes de absorção (sistema radicular deficiente, fixação de P no solo, entre outros). Os resultados obtidos com esse critério de recomendação têm se repetido em pastagens de diversos gêneros, notadamente *Panicum* e *Brachiaria*, quando manejados intensivamente com o objetivo de obter alta produção de forragem e conseqüentemente alta lotação animal por hectare.

Quando os teores de fósforo disponível no solo forem muito baixos, no início de trabalhos de pastejo intensivo de capim-elefante, recomenda-se elevar esse teor para cerca de 10 mg.dm⁻³ (CORSI e NUSSIO, 1994). A recomendação de valor menor se deve a questões econômicas, não havendo nenhum impedimento técnico em utilizar os valores de 20 mg.dm⁻³.

Segundo Corsi e Nussio (1994), para incrementar 1 mg.dm⁻³ de fósforo em 20 cm de profundidade, é necessário aplicar 9,3 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (50 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples), considerando a eficiência do processo em 50%. O valor da eficiência pode ser

alterado em função do modo de aplicação e dos aspectos químicos e físicos do solo que interferem no processo da fixação.

No caso da adubação de plantio, a distribuição do adubo deve ser feita de maneira concentrada e próximo às sementes ou às mudas. A adubação localizada no plantio permite que o fósforo fique ao alcance do sistema radicular e assim há possibilidade de ser melhor aproveitado pelas plantas recém-emergidas. Como comentado anteriormente, o fósforo tem baixa mobilidade no solo e dificilmente essas plantas com pequeno sistema radicular conseguiriam absorvê-lo em quantidade suficiente para se estabelecer rapidamente na área (PENATI e CORSI, 1999). Segundo Gregory (1994), citado por Penati e Corsi (1999), a presença de P está positivamente relacionada ao nível de ramificação e ao comprimento do sistema radicular após a germinação da semente.

A dose de fósforo a ser aplicada na adubação de plantio varia até $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 , conforme recomendação de Werner et al. (1996). Com base nesse critério, quando o nível de P (determinado pelo método da resina) no solo for maior do que $40 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, não há necessidade de adubação fosfatada no plantio. De acordo com Penati e Corsi (1999), a dose recomendada de P_2O_5 no plantio pode variar de 60 a $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nesse caso a adubação é feita no sulco de plantio (com semeadora) ou em faixa (com máquina Terence ou similar).

Monteiro e Werner (1977), citados por Penati e Corsi (1999), em experimento estabelecido em Argissolo Amarelo distrófico (Podzólico Vermelho-Amarelo) com teor muito baixo de fósforo, verificaram que esse elemento foi indispensável ao adequado estabelecimento do capim-colonião, enquanto no pasto já formado a aplicação do superfosfato simples ($500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) resultou em aumento de 20% na produção anual de matéria seca. Em ambos os casos, o teor de fósforo na planta foi significativamente incrementado pela adubação fosfatada.

Outro exemplo que demonstra a importância da adubação fosfatada durante o plantio são os resultados de Gagliardi Neto (1980), citado por Zimmer et al. (1994). Esse pesquisador testou o efeito da adubação fosfatada ($100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5) no plantio de

Brachiaria decumbens em dois tipos de solo (54% e 76% de areia) e em três profundidades (0 cm, 2 cm e 4 cm). Independentemente da profundidade e do tipo de solo, a produção do sistema radicular e da parte aérea nos tratamentos que receberam adubação foram superiores àquela dos tratamentos sem adubação, como pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9. Efeito da profundidade de semeadura e da fertilização fosfatada (100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) sobre a emergência e o peso da matéria seca de raízes e da parte aérea de *B. decumbens* em dois solos aos 31 dias.

Solo e percentagem de areia	Adubação	Profundidade (cm)	Matéria seca (g)	
			Raiz	Parte aérea
Argilo-arenoso 54% de areia	Sim	0	0,11	0,22
	Sim	2	0,17	0,25
	Sim	4	0,21	0,39
	Não	0	0,03	0,02
	Não	2	0,01	0,02
	Não	4	0,01	0,02
Franco-arenoso 76% de argila	Sim	0	0,19	0,38
	Sim	2	0,23	0,35
	Sim	4	0,39	0,50
	Não	0	0,03	0,03
	Não	2	0,04	0,05
	Não	4	0,04	0,05

Fonte: Adaptado de Gagliardi Netto (1980) por Zimmer et al. (1994).

Após o primeiro ano de estabelecimento da pastagem, com o aumento do sistema radicular, a concentração do nutriente no sulco de plantio estaria restringindo sua utilização a uma pequena porção do sistema radicular. Portanto, em situações em que as características físicas e químicas do solo não favorecerem a fixação, a distribuição do adubo na área total pode proporcionar melhor resposta à adubação (PENATI e CORSI, 1999). Um exemplo desse fato é o experimento realizado por Morelli et al. (1987), citado por Mazza (1993), em solo de textura arenosa. Esses autores mediram a produtividade da cana-de-açúcar no primeiro e no segundo corte. Os tratamentos foram

combinações de doses de P_2O_5 (0 a $700 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e formas de distribuição (no sulco e na área total) no momento do plantio. Os resultados obtidos no experimento (na Tabela 10) demonstram o efeito positivo da aplicação na área total sobre a produtividade da cana-de-açúcar. Observa-se que a utilização de $300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 no sulco de plantio proporcionou a produtividade de $128 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, enquanto com $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 na área total, associados a $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 no sulco de plantio, obteve-se $169 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, portanto a diferença é de $41 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tabela 10. Produção de colmos de cana de açúcar obtidos com a aplicação de P_2O_5 na área total e no sulco, em solos arenosos.

P_2O_5 aplicado a lanço ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	P_2O_5 aplicado no sulco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)			
	0	100	200	300
	cana planta ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de massa verde por ano)			
0	69	101	104	128
200	148	169	172	171
400	158	169	173	173
	1ª soca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de massa verde por ano)			
0	45	64	73	77
200	92	97	100	101
400	105	106	109	112

Fonte de P_2O_5 : Yoorin (termofofosfato), com 16,5% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100, com 20% de Ca e com 9% de Mg.

Fonte: Mazza (1993).

Com relação às fontes de fertilizantes fosfatados no sistema intensivo de manejo de pastagens são indicadas os superfosfatos, o termofofosfato e os fosfatos de rocha solúveis. Recomenda-se para pastagens estabelecidas em solos com teores muito baixos de fósforo o uso de fontes prontamente solúveis, como o superfosfato simples e o superfosfato triplo; o primeiro possui a vantagem de também fornecer enxofre para as plantas. Nos solos com teores melhores de fósforo, a associação de fontes solúveis com diferente velocidade de disponibilização de fósforo também pode ser interessante por fornecer

fósforo em diferentes épocas. Oliveira et al. (2007), em dois experimentos, durante dois anos, para avaliar a resposta de um sistema solo-pastagem pobre em fósforo a fertilizantes fosfatados com diferente velocidade de solubilização (superfosfato simples, superfosfato triplo e termofosfato magnésiano), associados ou não à calagem, verificaram que a associação de fertilizantes pode ser vantajosa porque o termofosfato promoveu maior produção de forragem quando se suprimiu a adubação fosfatada no segundo ano, enquanto as adubações com superfosfato resultaram em maior produção no primeiro ano.

Fertilização com potássio

Existem três tipos de adubação com potássio em pastagens: a adubação de plantio, a potassagem ou adubação de correção com potássio e a adubação de manutenção. Elas podem ser realizadas de forma independente ou em associação, dependendo da situação.

A potassagem é a correção do teor de potássio no solo. Essa correção geralmente é feita por meio da aplicação do fertilizante na área total, seguida de incorporação superficial ao solo (5 cm a 10 cm) de cloreto de potássio mediante a gradagem que antecede o plantio. Em pastos estabelecidos, o fertilizante com potássio é aplicado também a lanço na área toda, porém não é incorporado ao solo (PENATI e CORSI, 1999).

Devido à menor afinidade do potássio com o complexo de troca de cátions, ou seja, a dificuldade desse elemento em deslocar outros cátions do complexo coloidal para ocupar as cargas dos colóides do solo, a concentração de potássio na solução do solo é alta. Dessa forma, a lixiviação do potássio ocorre com mais intensidade do que a de outros elementos, como o fósforo, cuja concentração na solução do solo é bem menor (PENATI e CORSI, 1999).

Em solos pobres, a aplicação do potássio no sulco é mais vantajosa do que a aplicação a lanço, pois, com doses menores, é possível garantir maior quantidade desse nutriente no sistema radicular. Em solos com teor mais alto de potássio, a influência do

modo de aplicação é menor. Entretanto, a aplicação de altas doses de potássio (cloreto de potássio) no sulco de plantio deve ser evitada, em razão do alto grau de capacidade de salinização desse fertilizante, que pode causar injúrias ou morte às plântulas (PENATI e CORSI, 1999).

O efeito prejudicial da salinidade se agrava quando é necessário misturar as sementes com o adubo de plantio. Esse problema ocorre quando a máquina a ser utilizada para o plantio não tem regulagem para distribuir pequenas quantidades de sementes e/ou apresenta somente um depósito para as sementes e o adubo.

Além disso, em solos arenosos, cuja característica é o baixo teor de colóides (ou a baixa CTC), as perdas por lixiviação podem ser altas em consequência do baixo poder de retenção de cátions, principalmente quando altas doses são colocadas de forma concentrada, por exemplo, no sulco de plantio. Por esses motivos (salinidade e lixiviação), a dosagem de potássio no sulco de plantio não deve ultrapassar $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O (PENATI e CORSI, 1999).

Quando as doses recomendadas de potássio forem altas, pode-se aplicar $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O no sulco e o restante em cobertura após o plantio. A partir de $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O a potassagem é a melhor opção (PENATI e CORSI, 1999).

Lopes e Guilherme (1992a) e Vieira e Kichel (1995) recomendaram aplicação do potássio a lanço em solos com baixo teor de potássio e com teor de argila superior a 20%, enquanto em solos com teor de argila inferior a 20% a recomendação passa a ser no sulco de plantio, desde que a dosagem não seja superior a $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O . Em solos com menos de 20% de argila, a correção total não é recomendada, pois a baixa CTC desses solos pode levar a perdas acentuadas de K por lixiviação (SOUSA, 1989, citado por LOPES e GUILHERME, 1992a).

O potássio geralmente é o segundo elemento extraído em maior quantidade do solo pelas plantas. Em sistemas de alta produtividade, a concentração de potássio na CTC deve alcançar valores de 5% a 6% (BOYER, 1972, citado por LOPES, 1984; CORSI e NUSSIO, 1994). Entretanto, esses autores sugeriram que, para iniciar o processo de aumento na produção, a participação do

potássio na CTC não deve ser inferior a 3%. Esse conceito é suportado pelo trabalho de Silva e Meurer (1988), adaptado por Lopes e Guilherme (1992b), em que os autores justificaram que, em solos com CTC superior, houve necessidade de elevar os níveis de adubações potássicas para obter a máxima produção de trigo.

Há casos em que o nível de potássio na CTC é baixo, mas a planta não está sendo limitada nutricionalmente. Essas situações ocorrem geralmente em solos com elevada CTC, nos quais, apesar do teor absoluto de potássio alto, sua concentração na CTC é baixa (PENATI e CORSI, 1999). O trabalho de Silva & Meurer (1988) citado por Lopes e Guilherme (1992b) fornece subsídios para confirmar essa hipótese. Neste trabalho o percentual de potássio na CTC para alcançar a produção relativa máxima é de aproximadamente 7,3%, 4,0% e 3,8%, se for considerado que as médias da CTC são respectivamente de 30, 70 e 110 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Portanto, a concentração ótima do potássio na CTC deve variar de 4% a 6% em função do nível de produção, do teor de potássio e da CTC do solo (PENATI e CORSI, 1999).

A potassagem visa ajustar a relação do potássio na CTC do solo e nesse processo geralmente se utiliza como adubo o cloreto de potássio. O ajuste é feito por meio da correção do teor unitário (absoluto) do potássio no solo. O cálculo da dosagem de cloreto de potássio é feito mediante multiplicação da diferença entre o teor inicial de potássio e o teor requerido pelo fator 160, como exemplificado a seguir:

$$\text{CTC do solo} = 50 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3};$$

$$\text{Teor de potássio no solo} = 0,5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3};$$

$$\text{Porcentagem de potássio no solo a ser obtida} = 4\%.$$

$$\text{a) } 50 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3} \times 4\% = 2 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3};$$

$$\text{b) } 2 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3} - 0,5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3} = 1,5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3};$$

$$\text{c) } 1,5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3} \times 160 = 240 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ de cloreto de potássio.}$$

No caso de os resultados da análise química do solo serem expressos em $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$, $\text{meq} \cdot (100 \text{ ml})^{-1}$ ou $\text{meq} \cdot (100 \text{ g de solo})^{-1}$, o fator passa a ser 1600.

Em pastagens estabelecidas, os níveis de adubação potássica são bastante diferenciados, dependendo do tipo de exploração da planta forrageira. A extração por pastagens é muito alta, cerca de 2% de K na MS da forragem colhida. Entretanto, sob pastejo, grande parte do potássio é reciclado no sistema, pela morte de partes da planta, pelas perdas por pastejo e pela incorporação de urina e de fezes; a contribuição de excrementos é irregular e depende do manejo. No cálculo da recomendação de adubação, pode-se considerar que entre 30% e 50% do K seja reciclado sob pastejo, necessitando-se, todavia, de monitoramento do K no solo por meio de análises, para conhecer o nível de reciclagem decorrente do manejo utilizado (CORSI e NUSSIO, 1994).

Fertilização com nitrogênio

O nitrogênio é um nutriente muito importante nos sistemas de produção de pastagens manejados intensivamente, tanto pelo seu custo quanto pela quantidade utilizada. Esse nutriente é também o responsável pelos grandes incrementos em produção de massa, que permitem ofertar aos animais quantidade de forragem suficiente para manter alta lotação animal por unidade de área, uma das principais características dos sistemas de manejo intensivo de pastagem.

A maneira mais adequada para quantificar o efeito benéfico do N aplicado em pastagens é pelo aumento na produtividade de matéria seca, que deve se refletir em aumentos na lotação de animais por hectare sem alterar a pressão de pastejo. Desse modo, essa prática associa dois fatores, desempenho por animal e lotação por área, e traduz o sucesso no manejo intensivo de pastagens (CORSI e NUSSIO, 1994).

Os resultados de experimentos em que se avaliou o uso de fertilização nitrogenada em pastagens mostram um campo vasto para pesquisas futuras, apesar da grande quantidade de trabalhos

desenvolvidos até o presente momento. O primeiro ponto a ser definido é a dose de N a ser empregada em cada condição de pastagem (espécie, época do ano, clima, fertilidade do solo, uso de irrigação, estágio de degradação) e aí deve-se encontrar o equilíbrio técnico e econômico. Além disso, existem outros fatores a serem considerados, tais como a possibilidade do uso de diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados, a interface nitrogênio–enxofre, as formas de aplicação dos diversos fertilizantes e as tecnologias que possam resultar em melhor eficiência do uso do nitrogênio pelas plantas forrageiras.

A resposta de pastagens tropicais ao uso de fertilizantes nitrogenados é grande e em muitos casos revela-se linear a doses tão elevadas quanto 1800 kg.ha⁻¹ por ano (VICENTE-CHANDLER et al., 1964, citado por CORSI e NUSSIO, 1994). Resultados obtidos no Brasil também mostram a eficiência da adubação nitrogenada (PRIMAVESI et al., 2001) e respostas lineares ao uso de N (ANDRADE et al., 1991; CORRÊA et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2005). Na Figura 5 é possível verificar um exemplo de resposta linear ao uso de N. Em outras ocasiões, em que as doses testadas contemplam maior amplitude, a resposta à adubação torna-se quadrática. Na Figura 6 observa-se um exemplo de resposta à adubação nitrogenada pela *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em que o comportamento da equação foi uma regressão polinomial quadrática com coeficiente de determinação de 72% ($P \leq 0,01$). Até a dose de 567 kg.ha⁻¹ de N houve aumento na produção de forragem; a partir dessa dose a produção de forragem começou a declinar, não justificando incrementos na fertilização nitrogenada, em decorrência da baixa fertilidade do solo e das condições climáticas da região. Como se trata de uma pastagem com poucos anos de fertilização, acredita-se que o ponto de inflexão da curva seja alterado conforme a fertilidade do solo aumente.

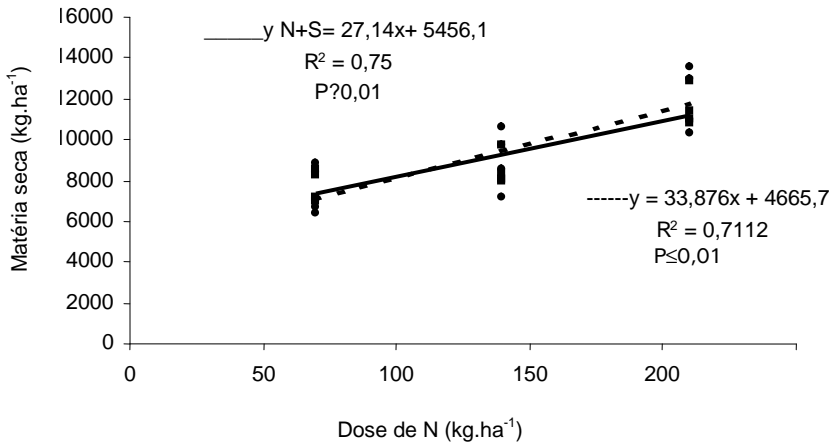


Fig. 5. Relação entre a produção de forragem e níveis de fertilização nitrogenada em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Fonte: Oliveira et al. (2005).

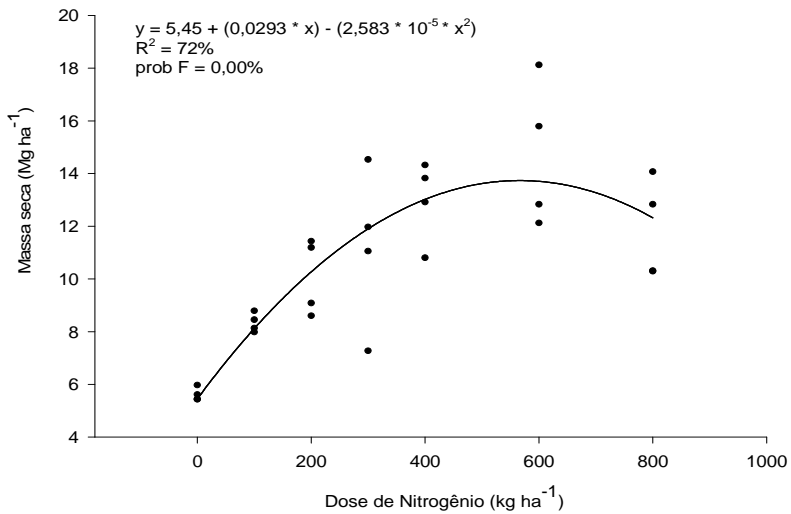


Fig. 6. Produção de forragem em função de doses de nitrogênio.

Fonte: Oliveira et al. (2004).

Apesar do grande número de experimentos realizados, ainda existe necessidade de se avaliar conceitos básicos, como o potencial de resposta de pastagens tropicais a diferentes doses de nutrientes, quando submetidas a manejo adequado de sua fisiologia e a uso racional de corretivos e de fertilizantes, condizentes com a exploração intensiva de pastagens. Tal necessidade se torna ainda mais importante quando se trata da resposta dessas forrageiras em sistemas irrigados. Na Fig. 7 é possível observar que a irrigação ampliou o potencial de resposta ao N de 567 kg.ha⁻¹, apresentado na Fig. 6, para 803 kg.ha⁻¹.

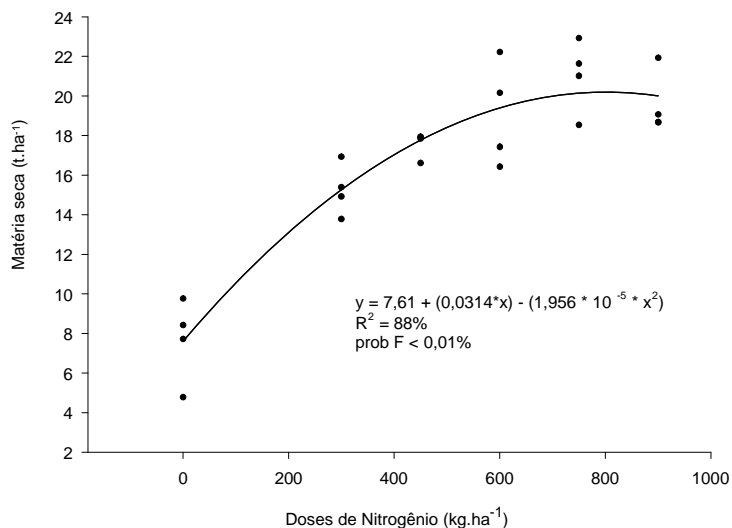


Fig. 7. Produção de forragem de uma pastagem irrigada de *Brachiaria brizantha* em função de doses de nitrogênio.

Fonte: Oliveira et al. (2004).

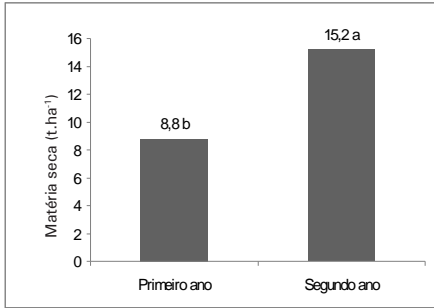
Estudos foram realizados em pastagens com diferentes níveis de degradação e diferentes condições de solo, com o objetivo de encontrar o equilíbrio econômico e o equilíbrio biológico da fertilização nitrogenada nessas condições. Os trabalhos concluídos até o presente momento mostram que existe resposta ao uso de N em pastagens degradadas em todas as localidades avaliadas, entretanto, em

determinados casos essa resposta pode não ser econômica no primeiro ano. No segundo ano de manejo, as respostas são totalmente diferentes e bastante favoráveis ao uso de altas doses de N. Esse fato ocorreu no primeiro ano dos experimentos de Oliveira et al. (2000, 2003, 2005, 2007), em que foram observadas respostas diversas na produção de forragem de duas espécies de *Brachiaria* estabelecidas em solos de Neossolo Quartzarênico. A produção anual de material seco da parte aérea (20 cm acima da superfície do solo) nos diversos experimentos foi de 3,8 t.ha⁻¹ com 300 kg.ha⁻¹ de N na *B. decumbens*; e 10,5 t.ha⁻¹, 9,6 t.ha⁻¹ e 8,8 t.ha⁻¹ com 300 kg.ha⁻¹, 210 kg.ha⁻¹ e 240 kg.ha⁻¹ de N na *B. brizantha*, respectivamente. Entretanto, no segundo ano experimental, as respostas foram mais uniformes e maiores, permitindo uma linha de raciocínio mais definida (Fig. 8 A, B, C). Em confirmação aos resultados anteriores, Oliveira et al. (2005) ressaltaram que em locais onde a fertilidade do solo era comprometida (solos distróficos, com teor de fósforo inferior a 5 mg.dm⁻³, presença de alumínio, teor de matéria orgânica inferior a 20 g.dm⁻³ e por vezes deficientes em K, Ca e Mg), a resposta em produção de forragem foi sempre maior no segundo ano com as mesmas doses de fertilizante empregados (Fig. 9).

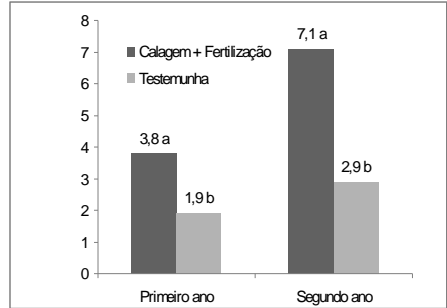
Quando apenas a pastagem estava degradada e o solo era Nitossolo eutrófico, a produção de forragem foi semelhante e alta nos dois anos experimentais, o que leva à inferência de que, em condições onde a fertilidade do solo é melhor, a recuperação da planta forrageira é rápida e ocorre já no primeiro ano, e a produção alcança mais de 20 t.ha⁻¹ por ano (20 cm acima da superfície do solo), considerada alta para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Fig. 8 D, extraída de OLIVEIRA et al., 2000).

Trabalhos realizados com pastagens de clima temperado e utilizando ¹⁵N mostraram que o aumento de produção pode resultar de um efeito residual da fertilização nitrogenada realizada no primeiro ano. Power e Legg (1984) estudaram o uso de adubações nitrogenadas em solos que receberam ou não nitrogênio previamente, avaliando o efeito residual do nitrogênio. A dose utilizada foi de 84 kg.ha⁻¹ de N no primeiro ano e depois todas as

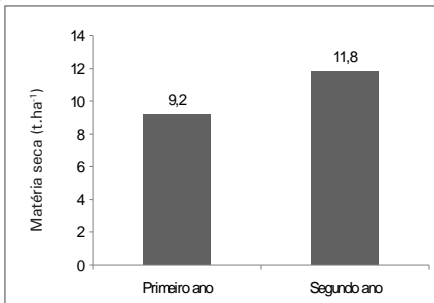
parcelas receberam doses anuais de 224 kg.ha⁻¹ de N. Esses autores concluíram que a concentração de nitrogênio na parte aérea foi 40% maior nos tratamentos que receberam nitrogênio previamente, nos primeiros três anos experimentais. Após quatro ou cinco anos, houve estabilização do ciclo do nitrogênio nas parcelas que receberam adubação nitrogenada.



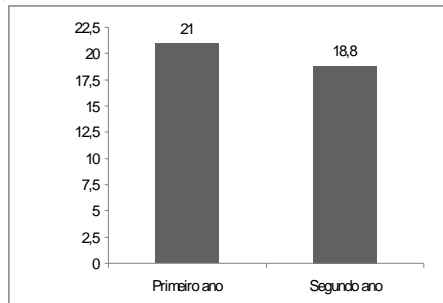
A) Solo: Neossolo Quartzarênico
Dose de N: 210 kg.ha⁻¹ por ano
Espécie: *Brachiaria brizantha*



B) Solo: Neossolo Quartzarênico
Dose N: 300 kg.ha⁻¹ por ano
Espécie: *Brachiaria decumbens*



C) Solo: Neossolo Quartzarênico
Dose de N: 240 kg.ha⁻¹ por ano
Espécie: *Brachiaria brizantha*



D) Solo: Nitossolo Vermelho Eutroférico
Dose de N: 240 kg.ha⁻¹ por ano
Espécie: *Brachiaria brizantha*

Fig. 8. Médias da produção de forragem na parte aérea (20 cm acima da superfície do solo) resultante de calagem + fertilização de quatro experimentos. Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Fonte: A) Oliveira et al. (2005); B) Oliveira et al. (2003); C) Oliveira et. al. (2007) e D) Oliveira et al. (2000).

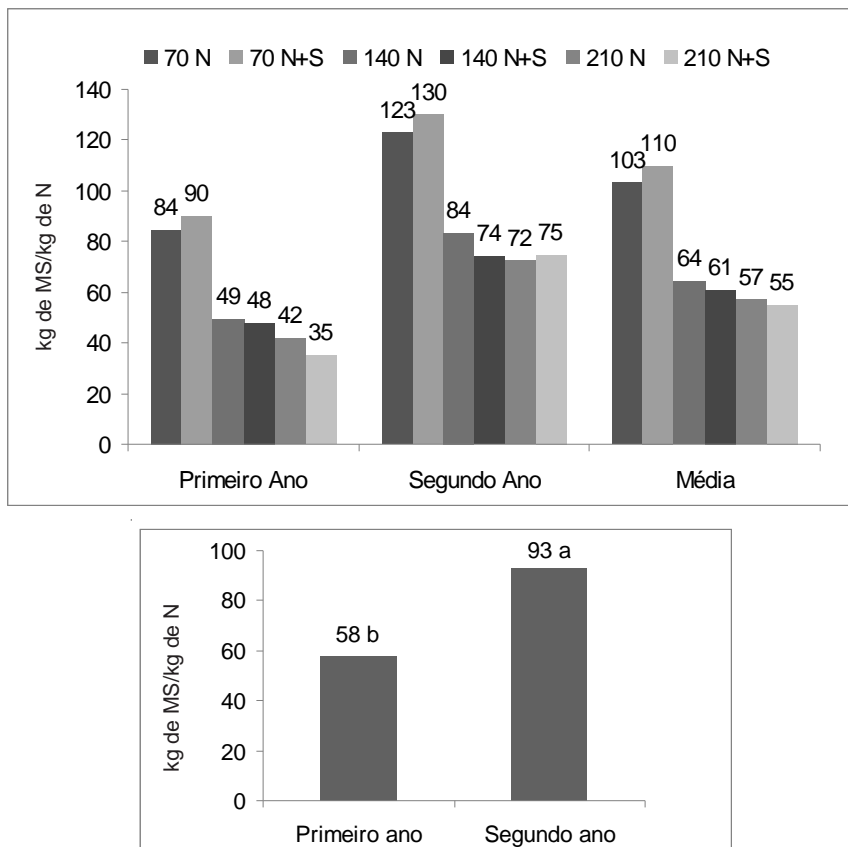


Fig. 9. Eficiência do uso de nitrogênio em função de doses de nitrogênio e de enxofre para produção de matéria seca (MS) de forragem (20 cm acima da superfície do solo) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey e de F a 1%.

Fonte: Oliveira et al. (2005).

O aumento na produção de matéria seca no segundo ano em função das doses de N é consequência da melhor eficiência do uso do nitrogênio nessas condições, provavelmente decorrente da recuperação das estruturas e das reservas nitrogenadas necessárias para acelerar a recuperação da planta após o pastejo. No primeiro ano, para cada unidade de nitrogênio aplicada, foram produzidos 58 kg de

matéria seca da parte aérea, enquanto no segundo ano esse valor saltou para 93 kg de MS por quilograma de N (Fig. 10). A melhor eficiência do uso do nitrogênio foi acompanhada por maior extração do elemento (Fig. 11). A extração de nitrogênio no segundo ano foi maior do que todas as doses aplicadas, enquanto no primeiro ano apenas a dose de N de 70 kg.ha⁻¹ por ano foi inferior à extração, evidenciando que o solo teve a capacidade de tamponar a exigência nutricional da planta.

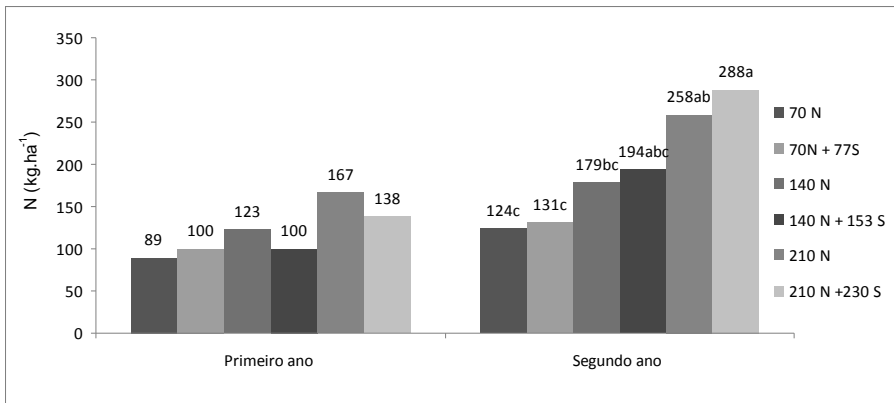


Fig. 10. Extração de nitrogênio pela parte aérea de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Fonte: Oliveira et al. (2005).

As extrações de N superiores às doses de fertilizante empregadas foram acompanhadas por queda do teor de matéria orgânica no solo (Fig. 11). A pastagem possivelmente utilizou a matéria orgânica do solo para aumentar a produção, até que o sistema solo-planta se estabilizasse. Esse fato indica que provavelmente o sistema de produção em pastagens é capaz de tamponar o nível de produção usando a reciclagem de nutrientes por meio da mineralização de matéria orgânica, até que novo ponto de equilíbrio entre reciclagem e produção de massa seja encontrado. A indicação desses pontos de equilíbrio em níveis predeterminados de produção de matéria seca por meio de curvas de resposta ao nitrogênio seriam de grande valia para o manejo da fertilização de pastagens.

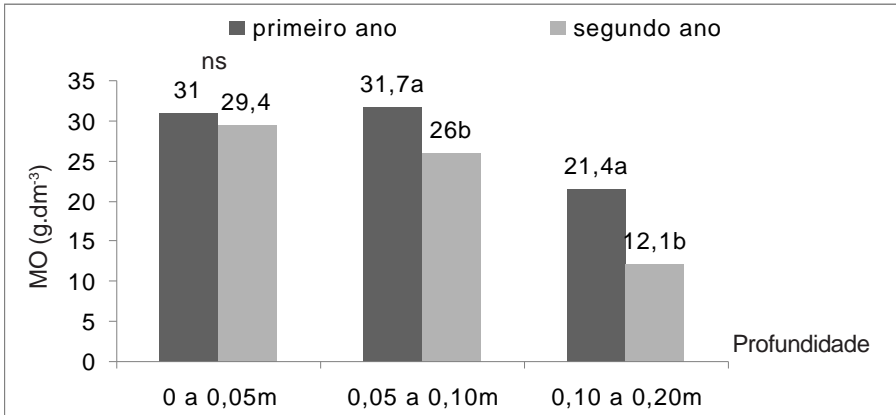


Fig. 11. Médias do teor de matéria orgânica (MO) no solo em área de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante dois anos, com três doses de nitrogênio e de enxofre (70, 140 e 210 kg.ha⁻¹ por ano).

Médias seguidas por letras distintas na mesma profundidade diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Oliveira et al. (2005).

A maior eficiência no uso do nitrogênio foi obtida com a dose de N de 70 kg.ha⁻¹ por ano (Fig. 10). Entretanto, para melhor análise é necessário considerar o retorno econômico de cada tratamento durante os dois anos consecutivos. Quando se avalia o retorno econômico por hectare, observa-se que a resposta à fertilização no primeiro ano foi negativa, mas que no segundo ano as combinações de N + S e as maiores doses de N geraram resultado positivo. Quando a fertilidade do solo era melhor (solo eutrófico, fósforo determinado pelo método da resina acima de 5 mg.dm⁻³, concentração de K na CTC de 5% e teor de matéria orgânica superior a 2 g.dm⁻³), apesar de a pastagem estar degradada, observou-se que adubação das pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu proporcionou resultados econômicos positivos desde o primeiro ano (OLIVEIRA et al., 2000).

Durante a implantação das pastagens o N é aplicado nos solos mais pobres em matéria orgânica (teor menor do que 2%). A época para a realização da cobertura nitrogenada é a fase de início de perfilhamento das plantas e a dose recomendada é de 50 kg.ha⁻¹.

Em pastagens estabelecidas, a quantidade recomendada de nitrogênio depende dos níveis dos demais nutrientes no solo, do pH, da estação do ano, da quantidade de matéria seca desejada e do ajuste da relação C:N (CORSI e NUSSIO, 1994). Somam-se ainda a esses fatores o grau de degradação da pastagem e o teor de matéria orgânica no solo.

Cálculos e relações de ordem prática têm sido propostos para saber qual dose de N deve ser recomendada. As relações fixas de quilogramas de N por unidade animal ou de quilograma de N por quilogramas de matéria seca produzida devem ser evitadas, pois possuem baixa correlação com a produção de forragem, principalmente porque não contemplam a fertilidade do solo e o grau de degradação da pastagem.

A recomendação proposta por Corsi e Nussio (1994) envolve a fertilidade do solo quando considera o teor de matéria orgânica e pode ser a alternativa. Essa recomendação admite que a eficiência de adubação nitrogenada é de 50 kg de MS por quilograma de N (2% de N na parte aérea da forragem) durante o verão. Um exemplo proposto por esses autores é que a fertilização com 300 kg.ha⁻¹ de nitrogênio permitiria a produção de 15 t de MS. Sobre essa quantidade, relativa à matéria seca produzida, deve-se somar a contribuição de nitrogênio mineralizado no solo, a partir da matéria orgânica. Se o solo contiver 3% de matéria orgânica com 0,17% de N, sendo de 3% a 5% deste disponível (BRADY, 1984, citado por CORSI e NUSSIO, 1994), será possível contar com aproximadamente 175 kg.ha⁻¹ de N proveniente da matéria orgânica. Assim, crescem-se aproximadamente 9 t de MS, o que perfaz 24 t de MS. Desse total perde-se 40% no pastejo e, considerando-se consumo de 2% de MS em relação ao peso vivo, verifica-se que, durante o verão de 180 dias é possível manter cerca de 9 UA.ha⁻¹, o correspondente a 33 kg N.UA⁻¹ por verão.

Interface da fertilização com enxofre e nitrogênio

O nível de fertilização com enxofre é outro fator que pode interferir no potencial de resposta da planta forrageira à adubação nitrogenada, uma vez que existe relação estreita entre estes dois nutrientes, a qual interfere tanto na produção quanto na qualidade da planta forrageira.

Como o enxofre participa da formação de dois aminoácidos essenciais, a cistina e a metionina, a sua deficiência interrompe a síntese de proteínas. Em plantas deficientes em enxofre, o crescimento vegetal é retardado (RAIJ, 1991), mesmo havendo suprimento adequado de outros nutrientes, como o nitrogênio.

O fornecimento de níveis adequados de enxofre, tanto por meio da fertilização como da suplementação da dieta animal, concorre para melhorar a nutrição animal, uma vez que contribui para a síntese microbiana ruminal e fornece suprimento, por meio da forragem, de aminoácidos essenciais, como a metionina, e de vitaminas, como a tiamina e a biotina, que não podem ser sintetizados pelos tecidos animais (NRC, 1989). A qualidade da forragem também pode ser afetada pelo uso de doses de enxofre na fertilização das forrageiras; assim, os níveis de nitrogênio não-protéico e de proteína bruta e a digestibilidade sofrem interferência da fertilização com enxofre (BUTTREY et al., 1987; CHIY e PHILLIPS, 1998). Porém, o uso excessivo de enxofre pode prejudicar a nutrição animal. A tolerância de enxofre na dieta de bovinos é ao redor de 0,40% (NRC, 1989). Valores acima desse nível podem causar distúrbios nutricionais e culminar em menor desempenho animal.

Em pastagens, a extração de enxofre pode ser alta e da ordem de 50 kg.ha⁻¹ por ano, considerando-se a produção anual de MS de 20 t.ha⁻¹ e a concentração de S na parte aérea de 0,25%. O conhecimento da dose de enxofre a ser fornecida para atender às necessidades da planta forrageira é importante não só pela magnitude da extração, como também pela possível perda por lixiviação, favorecida pela correção do solo, pela fosfatagem e atualmente pela irrigação (NGUYEN e GOH, 1994), realizadas na exploração intensiva de pastagens.

Trabalhos realizados em casa de vegetação mostraram bons resultados do uso de enxofre, que aumentou a quantidade de forragem e o número de perfilhos (SANTOS e MONTEIRO, 1999). Trabalhos realizados no campo evidenciaram que para definir essas doses visando ao sistema de exploração intensivo de pastagens não só a quantidade de enxofre é importante na produção de forragem mas também a relação N:S, uma vez que existem dificuldades para se avaliar o nível crítico de S para forrageiras, porque este decai com o crescimento da planta, enquanto a relação N:S permanece constante nos diversos estágios de desenvolvimento da planta forrageira (PUMPHREY e MOORE, 1965, citados por VITTI e NOVAES, 1986). Atualmente sabe-se que relações da ordem de 16,5:1 são adequadas para garantir o desenvolvimento adequado de plantas forrageiras (SCOTT, 1983).

Fertilização com micronutrientes

O uso de micronutrientes nos programas de adubação de pastagens de gramíneas tropicais nem sempre resulta no aumento de produção de forragem; entretanto, reduções nos teores foliares de micronutrientes aparecem nos primeiros cortes, principalmente nos solos de cerrado, conforme se observa nos dados compilados por Monteiro (1991) e por Werner (1994b), resultando em diminuição da produção no decorrer do ano. A ausência de resposta ao uso de micronutrientes em pastagens pode ter ocorrido por diferentes razões, entre elas: realização de experimentos em situações em que realmente não se espera a resposta ao uso de micronutrientes (solos não deficientes, com pH baixo e na ausência de calagem), curta duração dos experimentos (dois ou três cortes da forrageira), baixas fertilizações com macronutrientes e aplicação dos micronutrientes no solo.

Convencionalmente os pecuaristas têm usado a dose de 30 a 40 kg.ha⁻¹ de FTE BR12[®] (fritas) quando adotam o manejo intensivo de pastagem. Essa ação difere da praticada na agricultura, em que as fontes solúveis têm sido em geral as mais usadas. Isso inclui, entre outras fontes, o bórax, o sulfato de cobre, o molibdato de amônio e o sulfato de zinco.

As fontes insolúveis em água também são usadas como fertilizantes, lembrando-se que devem ser bem misturadas ao solo, para que sua eficiência seja aumentada (RAIJ, 1991), procedimento difícil em pastagens estabelecidas, onde não é aconselhável revolvimento do solo por causa das injúrias causadas à planta forrageira.

Os silicatos de micronutrientes, ou fritas, são produtos preparados por fusão de sílica com os micronutrientes. São uma espécie de vidro, que dissolve no solo, liberando lentamente os micronutrientes. As fritas só se prestam para uso no solo. As fontes solúveis se prestam também para a aplicação por via foliar (RAIJ, 1991).

A disponibilidade de micronutrientes para as plantas depende, entre outros fatores, da textura, da matéria orgânica e principalmente do pH do solo. Quando o pH do solo aumenta, diminui a disponibilidade do Cu, do Fe, do Mn e do Zn e aumenta a do Mo, e quando há redução de oxigênio no solo, aumenta a disponibilidade do Fe e do Mn (BATAGLIA, 1988). A maior disponibilidade de B ocorre com o pH na faixa de 5,0 a 7,0. Sua deficiência é comum em solos arenosos de zonas com alta pluviosidade. Excesso de P no solo pode provocar deficiência de Fe e de Zn. A deficiência de Mo ocorre em solos ácidos ou em solos que tenham recebido doses elevadas de fertilizantes que contêm sulfato (LOPES e CARVALHO, 1988).

O estudo dos micronutrientes em pastagens é importante não só para a nutrição mineral da planta como para a nutrição dos animais que irão se alimentar da forragem (GUPTA et al., 2001).

O uso do boro em pastagens tem apresentado melhor resposta quando se trata de leguminosas. Em solos arenosos, na presença de calagem ou na produção de sementes, existe potencial de resposta por gramíneas forrageiras (GUPTA et al., 2001). As doses de B recomendadas para pastagens variam de 1 a 4 kg.ha⁻¹ de B aplicado no solo ou de 0,25 a 1 kg.ha⁻¹ de B aplicado por via foliar (GUPTA et al., 2001). Os teores de B adequados para capim-marandu são de 10 a 25 mg.kg⁻¹ e para o capim-colômbio, de 10 a 30 mg.kg⁻¹ (WERNER et al., 1996).

As pastagens das áreas tropicais são propensas à deficiência de molibdênio, porque solos ácidos são comuns nessas regiões. A resposta ao uso de Mo em várias pastagens de leguminosas é incontestável em diversas regiões do Brasil (MONTEIRO, 1991; WERNER, 1994a, b). Existe potencial de resposta ao uso de Mo em pastagens de gramíneas tropicais, principalmente nas submetidas a altas doses de fertilização nitrogenada, devido à participação do Mo na enzima redutase, responsável pela redução do nitrato a amônio na planta. Gupta et al. (2001) ressaltaram que em gramíneas de clima temperado não se tem encontrado resposta ao uso de Mo, enquanto em gramíneas tropicais ela existe, sendo os capins do gênero *Panicum* (cultivares de capim-colonião) os mais responsivos. No Brasil, Miranda et al. (1985) observaram aumento de 19% na produção de *B. decumbens* quando inseriram Mo nos fertilizantes aplicados na pastagem. As doses de Mo recomendadas para pastagem são de 8 a 10 g.kg⁻¹ no tratamento de sementes, de 100 g.ha⁻¹ aplicados no solo e de 50 a 100 g.ha⁻¹ na aplicação foliar (GUPTA et al., 2001).

A resposta de pastagens de gramíneas tropicais ao uso de Cu foi encontrada poucas vezes. Solos bem drenados e arenosos são pobres em Cu, podendo apresentar algum potencial de resposta ao Cu. A recomendação de Cu para pastagens é de 2 a 8 kg.ha⁻¹ no solo ou de 0,25 kg.ha⁻¹ na aplicação foliar (GUPTA et al., 2001). A faixa de teor adequado de Cu para o capim-marandu é de 4 a 12 mg.kg⁻¹ e para o capim-colonião é de 4 a 12 mg.kg⁻¹ (WERNER et al., 1996).

O uso de Mn nos programas de fertilização de pastagens é limitado no Brasil, uma vez que se espera resposta ao Mn somente em solos de pH elevado e com alto teor de matéria orgânica (GUPTA et al., 2001), condições praticamente inexistentes em solos ocupados por pastagens de gramíneas tropicais. A faixa de teor adequado de Mn para o capim-marandu é de 40 a 200 mg.kg⁻¹ e para o capim-colonião é de 40 a 250 mg.kg⁻¹ (WERNER et al., 1996).

A exigência de Zn pelos animais que se alimentam de gramíneas tropicais é muito maior do que a exigência mineral da planta forrageira. Respostas da planta forrageira ao uso de zinco são mais esperadas em pastagens exclusivas de gramíneas tropicais. A recomendação de Zn para pastagens é de 5 a 15 kg.ha⁻¹ aplicados no solo e de 0,5 a 1,0 kg.ha⁻¹ na aplicação foliar (GUPTA et al., 2001). O teor adequado de Zn para o capim-marandu e o capim-colonião é de 20 a 50 mg.kg⁻¹.

Com relação à nutrição animal, França et al. (1984) relataram trabalhos que mostraram que a maioria das pastagens de gramíneas tropicais analisadas no Brasil tinha deficiência de cobalto, de cobre e de zinco para nutrição de bovinos. Já os teores de manganês, de ferro e de molibdênio foram adequados.

Considerações finais

A conscientização da necessidade de maximizar o uso de fertilizantes e corretivos e de minimizar os impactos ambientais se tornou prioridade em qualquer meio produtivo. Um dos primeiros passos para alcançar esse objetivo é a correta recomendação de calagem e de fertilização. A correta recomendação das doses de corretivos e de fertilizantes para pastagens em sistemas intensivos de produção de leite é uma tarefa complexa, pois envolve não apenas o sistema solo-planta mas também a ação dos animais em pastejo. Tal complexidade exige das instituições de pesquisa e de extensão mais esforço para atingirem os novos objetivos, que suplantam a produção de leite em quantidade e qualidade e passam a contemplar a forma com que o leite é produzido e os impactos gerados.

Referências

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo: Anda, 2005. 24 p. (Anda. Boletim técnico, 6).

ANDRADE, J. B.; PEDREIRA, J. V. S.; HENRIQUE, W. Comparação de três capins da espécie *Panicum maximum* Jacq. (colonião, tobiatã e K-187 B) sob dois níveis de adubação nitrogenada. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 48, n. 2, p. 77-82, 1991.

BATAGLIA, O. C. Micronutrientes: disponibilidade e interações. In: BORKET, C. M. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, IAPAR, SBCS, 1988. p. 121-132.

BUTTREY, S. A.; ALLEN, V. G.; FONTENOT, J. P.; RENEAU JR.; R. B. Sulphur fertilization improves corn silage yield, chemical composition and utilization by sheep. **Sulphur in Agriculture**, v. 11, p. 12-14, 1987.

CECATO, U.; CANO, C. C. P.; BORTOLO, M.; HERLING, V. R.; CANTO, M. W. do; CASTRO, C. R. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em coastcross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 644-50, 2001.

CHIY, P. C.; PHILLIPS, C. J. C. Sodium fertilizer application to pasture. 6. Effects of combined applications with sulphur on herbage production and chemical composition in the season of application. **Grass and Forage Science**, v. 53, p. 1-10, 1998.

CORRÊA, L. de A.; FREITAS, A. R.; BATISTA, L. A. R. Níveis de nitrogênio e freqüências de corte em 12 gramíneas forrageiras tropicais. II. Qualidade da forragem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 518-520.

CORSI, M.; NUSSIO L. G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., Piracicaba, 1994. **Anais...** Edição revisada. Piracicaba: Fealq, 1994. p. 87-116.

CRUZ, M. C. P. da; FERREIRA, M. E.; LUCHETTA, S. Efeito da calagem sobre a produção de matéria seca de três gramíneas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 8, p. 1303-1312, ago. 1994.

FRANÇA, A. F. de S. Micronutrientes em gramíneas. In: HAAG, P. H. **Nutrição mineral de forrageiras no Brasil**. 1. ed.. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 152 p.

GUPTA, U.; MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. Micronutrients in grassland production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro, 2001. **Proceedings...** Piracicaba: Fealq, 2001. p. 149-156.

KIEHL, J. de C. Distribuição e retenção de amônia no solo após a aplicação de uréia. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 13, p. 75-80, 1989.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed., rev. ampl. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. Piracicaba: Potafos, 1998. 177 p.

LOPES, A. S. **Solos sob "Cerrado"** – Características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1984. 162 p.

LOPES, A. S.; CARVALHO, J. G. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: BORKET, C. M. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, IAPAR, SBCS, 1988. p. 133-174.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Solos sob "Cerrado"** – Manejo da fertilidade para a produção agropecuária. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1992a. 60 p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1992b. 64 p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos**. 3. ed. São Paulo: ANDA, 2000. 72 p.

LUZ, P. H. de C.; HERLING, V. R.; MACEDO, F. B.; LEMOS NETO, A. de M. Uso do fósforo e cálcio na formação, reforma, recuperação e manutenção das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24., Piracicaba, 2007. Produção de Ruminantes em Pastagens: **anais...** Piracicaba: Fealq, 2007. p. 75-130.

MAZZA, J. A. Estabelecimento e manejo da cultura da cana de açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba; Fealq, 1993. p. 37-76.

MIRANDA, C. H. B.; SEIFFERT, N. F.; DOBEREINER, J. Efeito de aplicação de molibdênio no número de *Azospirillum* e na produção de *Brachiaria decumbens*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 509-513, 1985.

MONTEIRO, F. Forrageiras. IN: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. **Micronutrientes na agricultura**. 1. ed. Piracicaba: Potafos, CNPq, 1991. 743 p.

MORAES, A. **Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens* Stent) e trevo branco (*Trifolium repens*, L.) submetida a diferentes pressões de pastejo**. 1991. 200 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NGUYEN, M. L.; GOH, K. M. Sulphur cycling and its implications on sulphur fertilizer requirements of grazed grassland ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 49, p. 173-206, 1994.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1989. 157 p.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; VITTI, A. C. Lixiviação de nitrogênio em solos cultivados com cana-de-açúcar: Experimento em lisímetro. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos.**, v. 18, p. 28-31, 1999.

OLIVEIRA, P. P. A. **Manejo da calagem e da fertilização nitrogenada na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria* sp. em solos arenosos**. 2001. 110 p. Tese doutorado (Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

OLIVEIRA, P. P. A.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Liming and fertilization for restoring degraded *Brachiaria decumbens* pasture on sandy soil. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 125-131, 2003.

OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Efeito residual de fertilizantes fosfatados solúveis na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1715-1728, 2007.

OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S. O.; CORSI, M. **Estudo sobre a recuperação de pastagens por meio de fertilização e mecanização**. Relatório técnico apresentado à Fealq. Piracicaba, SP: [s. n.], 2000. Não paginado.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; CORSI, M. **Resposta de pastagens de capim-marandu em solo de cerrado à adubação com nitrogênio, em condições de sequeiro ou sob irrigação**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 14 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado técnico, 54).

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1121-1129, 2005.

PENATI, M. A.; CORSI, M. **Estabelecimento de pastagens**. Piracicaba: USP–Esalq–Centro de Treinamento de Recursos Humanos, 1999. 39 p. (Esalq–Centro de Treinamento de Recursos Humanos. Apostila).

POWER, J. F.; LEGG, J. O. Nitrogen-15 recovery for five years after application of ammonium nitrate to crested wheatgrass. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 322-26, 1984.

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

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A. CANTARELLA, H.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JR., R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. 105 p.

RODRIGUES, L. R. de A.; REIS, R. A. Estabelecimento da cultura de capim elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., Piracicaba, 1994. **Anais...** Ed. revisada. Piracicaba: Fealq, 1994. p. 63-86.

SANTOS, A. R.; MONTEIRO, F. A. Produção e perfilhamento de *Brachiaria decumbens* Stapf. em função de doses de enxofre. **Scientia Agricola**, v. 56, p. 689-692, 1999.

SCOTT, N. M.; WATSON, M. E.; CALDWELL, K. S. Response of grassland to the application of sulphur at two sites in north-east Scotland. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.34, p. 357-361, 1983.

SOARES FILHO, C. V.; MONTEIRO, F. A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Pasturas Tropicais**, v. 14, n. 2, p. 2-6, 1992.

VIEIRA, M. J.; KICHEL, A. N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1995. p. 147-196.

VITTI, G. C.; NOVAES, N. J. Adubação com enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., Nova Odessa, 1985. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 1986. p. 191-231

WERNER, J. C. Adubação de pastagens de *Brachiaria* spp. IN: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1994a. p. 325.

WERNER, J. C. Uso de micronutrientes em pastagens. IN: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. de. **Pastagens: Fundamentos da Exploração Racional**. 2. ed.. Piracicaba: Fealq, 1994b. 908 p.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. Recomendação de adubação e calagem para forrageiras. In: RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI, JR., R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 263-271.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; BARCELLOS, A. O.; KICHEL, A. N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Braquiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1994. p. 153-208