

- WARREN, S. D.; NEVILL, M. B.; BLACKBURN, W. H.; GARZA, N. E. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 50(5)1336-1341, 1986b.
- WHISCMEIER, W. D.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537).
- WILLATT, S. T.; PULLAR, D. M. Changes in soil physical properties under grazed pastures. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, 22(4)343-348, 1983.
- WU, R.; TIESSEN, H. Effect of land use on soil degradation in Alpine Grassland soil, China. *Soil Science Society of American Journal*, 66, 1648-1655, 2002.
- YOKOYAMA, L. P.; FILHO, A. V.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I. P.; BARCELLOS, A. O. Avaliação econômica de técnicas de recuperação de pastagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(8)1335-1345, ago., 1999.

USO DA CALAGEM NA RECUPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA PRODUTIVIDADE DAS PASTAGENS

Pedro Henrique de Cerqueira Luz¹

Valdo Rodrigues Herling¹

Gustavo José Braga²

Patricia Perondi Anção Oliveira³

1. Introdução

O Brasil possui um rebanho de bovino comercial com 167 milhões de cabeças e em 2003 atingiu o patamar de maior exportador mundial de carne com 1,21 milhões de t, com projeção de 1,4 milhões para 2004 (Anualpec, 2004). Embora esse contexto seja favorável, é importante refletir sobre o sistema mediano de produção da pecuária de corte brasileira. Não resta dúvida de que a carne produzida no Brasil é competitiva no mercado mundial pelo fato de se conseguir produzir a arroba ao preço de venda de US\$ 20. Isto somente é possível devido ao baixo custo da alimentação, uma vez que a principal fonte de alimento para o animal provém da pastagem (Euclides e Euclides Filho, 2001). Desta forma, encarando o bovino como uma "máquina" de produzir carne, a base de sua alimentação é o pasto, que deverá atender às exigências do animal, o que dependerá, em última instância, das condições edafoclimáticas. O clima é característica do local, podendo ser manejado principalmente no tocante ao suprimento de água por meio de irrigação, e o solo por meio de prá-

1. Professores Doutores, USP-FZEA - Agrárias, Rua Duque de Caxias, norte, 225, Pirassununga, SP, 13635-900. <phcerluz@usp.br> e <vrherling@usp.br>

2. Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens - Esalq/USP, Piracicaba, SP

3. Engenheira Agrônoma Doutora, Embrapa - Centro de Pesquisa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

ticas físico-químicas. Isso posto, sabe-se que a utilização da irrigação em pastagem ainda é muito incipiente na atual realidade brasileira (Dourado-Neto et al., 2002), restando assim a alternativa de se manejar o solo de forma químico-física e biológica.

Estimativas recentes do rebanho bovino brasileiro (Anualpec, 2004) contabilizam um total de 167 milhões de cabeças, das quais 133 (79,6%) são para corte e 34 (20,4%) para leite, ocupando uma área de 180 milhões de hectares de pastagens (Zimmer et al., 2002), dos quais 50 milhões encontram-se degradados (Cezar, 2001), e destes a maior parte pertence ao gênero *Brachiaria*. Os indicadores zootécnicos da pecuária de corte revelam taxas de lotação média de 0,93 cabeças/ha (Anualpec, 2004), com produção de 34 kg de carcaça/ha/ano (Euclides e Euclides Filho, 2001).

Fazendo-se uma análise dos últimos 30-40 anos, os centros de pesquisa, as universidades e os próprios produtores geraram um banco de dados que demonstram a possibilidade de intensificação do sistema produtivo baseado no uso de pastagens, principalmente após o ano de 1994, quando da desvalorização da terra, que passou a ser vista sob a ótica do potencial produtivo e não da comercialização (Aguiar, 1997).

As pesquisas realizadas na área de fertilidade do solo sobre correção da acidez e níveis de adubação deram maior ênfase para uma condição de uso intensivo da pastagem, como as de Corsi (1989), Corsi e Nussio (1992), Werner (1994), Macedo (1995), Aguiar (1997), Vitti e Luz (1997), Primavesi et al. (1999), Luz et al. (2001) em diferentes condições de solo do Brasil, principalmente nas condições de cerrado, que ocupa extensas áreas de pastagem e que apresenta solos de baixa fertilidade. Tal comportamento faz sentido, uma vez que essas práticas requerem desembolso financeiro e, portanto, o compromisso do retorno técnico-econômico. O acompanhamento dos dados de custo dos produtos agropecuários carne e leite, quando comparados com os fertilizantes nitrogenados, vem apresentando oscilações no período de 1989 a 2004 (Tabela 1), com tendência de queda no retorno financeiro devido ao aumento na relação de troca (mais kg de carne para cada kg de N), porém sempre apresentando relação custo/benefício favorável para a adubação nitrogenada. Cabe comentar que a atividade apresenta risco inerente, levando o pecuarista ao temor no investimento em correção e adubação.

Tabela 1. Comparação dos custos de fertilizantes e preços de carne e leite.

VARIÁVEL	ATIVIDADE PECUÁRIA							
	Produção de carne				Produção de leite			
	1989	1996	2001	2004	1989	1996	2001	2004
US\$/t uréia	243,00	360,00	219,00	267,83	243,00	360,00	219,00	267,83
US\$/kg N (uréia)	0,54	0,80	0,49	0,60	0,54	0,80	0,49	0,60
US\$/produção animal - @, L	20,0	21,0	19,41	19,1	0,22	0,22	0,14	0,15
US\$/kg produto animal - kg, L	1,33	1,40	1,29	1,27	0,22	0,22	0,14	0,15
Relação de troca ¹	183	257	170	211	1105	1636	1564	1786
Eficiência da adubação - N ²	2,0	2,0	2,0	2,00	12,0	12,0	12,0	12,0
Relação: benefício/custo	2,46	1,75	2,63	2,13	4,89	3,30	3,43	3,00

Atualizado de Luz et al. (2001)

1. kg produto animal/tonelada de uréia

2. kg produto animal produzido/kg N aplicado

Para a recuperação da pastagem, deve-se estabelecer o manejo fisiológico da planta forrageira, compatível com a exploração, dar atenção para a reconstituição da fertilidade do solo, iniciando-se pelas práticas corretivas. A prática corretiva da calagem apresenta controvérsias técnicas, ainda não elucidadas quanto aos métodos de recomendação e às respostas em produtividade, uma vez que esta nem sempre é positiva. Todavia, o cenário da pecuária brasileira remete para o cerrado, com cerca de 50 milhões de hectares de pastagens cultivadas (Macedo, 1995), numa condição de solo de baixíssima fertilidade, com teores muito baixos de Ca e Mg implicando em saturação por bases (V%) pequena, pH (CaCl₂) na faixa considerada baixa e altos teores de Al e saturação por Al (m%), como pode ser observado na Tabela 2, com dados levantados na região de Três Lagoas e Água Clara, MS.

Esses dados refletem o processo de degradação contínua que as pastagens do Centro-Oeste brasileiro vêm sofrendo nestes últimos 20-30 anos, com conseqüências preocupantes, uma vez que a maioria desses solos são latossolos arenosos com estrutura moderada/fraca, suscetíveis à erosão, principalmente pela água das chuvas e caminhada dos animais na forma de trilhas. A erosão provoca perda de solo, queda da fertilidade e assoreamento dos cursos d'água e lagoas, chegando mesmo a comprometer o fornecimento de água para os animais.

Tabela 2. Atributos químicos do solo sob pastagem na região de Três Lagoas e Água Clara, MS.

LOCAL	Pasto	Prof. (cm)	pH	MO (g/dm ³)	P (mg/dm ³)	K	Ca	Mg	H+Al (mmol/dm ³)	Al	SB	CTC	V (%)	m
Água Clara, MS														
Faz. São José	4	0-20	4,2	10	3	0,4	3	2	21	4	5,4	26,4	20	42
	18	0-20	4,4	17	1	1,3	5	5	28	5	11,3	39,3	29	31
Faz. Fortaleza	3	0-20	4,2	8	1	0,3	2	2	23	8	4,3	27,3	16	65
	21	0-20	4,4	13	5	0,4	6	3	28	7	9,4	37,4	25	43
Três Lagoas, MS														
Faz. Granada	10	0-20	3,8	16	3	0,4	5	1	41	14	6,4	47,4	14	69
	11	0-20	4,0	12	2	0,4	3	2	33	13	5,4	38,4	14	71
	15	0-20	4,0	10	2	1,0	2	2	31	12	5,0	36,0	14	71
Faz. Rodeio	4	0-20	4,0	10	2	0,5	1	1	33	12	2,5	35,5	7	83

É muito difícil ficar indiferente a essa situação, pois a planta forrageira certamente terá seu potencial reduzido, mesmo em se tratando de espécies do gênero *Brachiaria*, consideradas rústicas, o que certamente afetará a taxa de lotação e a produção de carne em kg/ha.ano, conforme os baixos indicadores zootécnicos apresentados anteriormente para a exploração da pecuária. Desta forma, as universidades, os centros de pesquisa e os produtores devem ter o compromisso de discutir e traçar estratégias para a recuperação dessas pastagens, uma vez que a reforma dificilmente resolverá a questão num período de curto/médio prazo, pela necessidade de investimento, que é muito maior do que aquela considerada para a recuperação.

Sendo assim, o objetivo do trabalho é avaliar o estado da arte da calagem como prática de manejo químico do solo visando a recuperação e manutenção das pastagens.

2. Avaliação da fertilidade do solo

Para se discutir práticas de manejo químico das pastagens, o conhecimento dos atributos do solo é relevante, e segundo Corsi e Nussio (1992), o nível de fertilidade do solo é certamente um dos principais fatores que determina o montante de produção e o valor nutritivo da forragem. Segundo Aguiar (1997), praticamente 50% do rebanho bovino brasileiro é explorado na região dos cerrados, cujas principais classes de solos estão na Tabela 3. Observa-se que 48,8% dos solos são classi-

ficados como latossolos, 15,1% como podzólicos e 15,2% como areias quartzosas. Quanto aos atributos físicos desses solos, nota-se grande amplitude para o teor de argila, que nas areias quartzosas pode ser de apenas 8%, enquanto nos latossolos pode atingir 80% naqueles muito argilosos, que são de maneira geral profundos e, associados com o relevo, geralmente plano, favorecem as práticas mecanizadas. Embora ocorra grande variação no teor de argila dos solos, cerca de 95% são distróficos ($V < 50\%$), com caráter álico ($m > 50\%$) em sua maioria, com valor mediano de $m = 59\%$ (Lopes, 1983), apresentando teores baixos de K e principalmente de P em 92% desses solos. Apesar da baixa fertilidade os solos do cerrado apresentam condições físicas interessantes, como profundidade do perfil e relevo plano, fatores que favorecem a mecanização e, portanto, viabilizam técnica e economicamente o emprego de correção e fertilização.

A observação desses dados evidencia a preocupação que se deve ter com o manejo dos fatores solo e planta para maximizar a resposta econômica da produção animal, quer em kg de carne.ha⁻¹.ano⁻¹, ou kg de leite.ha⁻¹.ano⁻¹. Lembrando que a necessidade da adubação (Equação 1) se resume, de acordo com Vitti (2001), a determinar a "quantidade do nutriente que a planta requer", para gerar uma dada produção, menos a "quantidade que o solo oferece", considerando-se um fator de eficiência do fornecimento do nutriente no sistema solo x planta, parece à primeira vista que é muito simples quantificar a adubação/correção. Todavia, a complexidade para se estabelecer o fator "f" de eficiência é que requer o pleno conhecimento das relações solo x planta x animal, uma vez que é preciso responder: qual o momento em que o nutriente deverá ser fornecido, de que forma ou modo de aplicação e quais os reflexos no valor nutritivo da matéria seca. Além disso, o compromisso do retorno econômico, o que torna o estabelecimento do fator "f" a chave do sistema de correção/adubação das pastagens, caracterizando-se como desafio aos técnicos que trabalham no setor agropecuário.

Desta forma, a discussão das relações existentes entre os fatores ligados à nutrição e adubação das pastagens, e aqueles relacionados ao potencial de fertilidade do solo, são de suma importância para que se alcance o sucesso da atividade pecuária, principalmente quando se tem por objetivo a intensificação do uso das pastagens.

Tabela 3. Atributos químicos da camada arável dos solos sob cerrados.

Atributo químico	Classes de Solos*			
	Latossolos (vários)	Podzólicos distróficos	Areias quartzosas	Valor mediano**
pH _{H₂O}	4,5 - 5,2	5,0	5,2	5,0
C (%)	0,5 - 2,4	0,9	0,5	2,2 (M.O)
P (mg/dm ³)	0,5 - 3,4	1,0	1,6	0,4
K ⁺ (mmol _e /dm ³)	0,2 - 4,0	1,0	1,0	0,8
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol _e /dm ³)	2,0 - 57,0	7,0	4,0	3,4
Al ³⁺ (mmol _e /dm ³)	7,0 - 14,0	11,0	7,0	5,6
CTC (mmol _e /dm ³)	39,0 - 139,0	58,0	37,0	11,0 ¹
Sat. por bases - V (%)	5,9 - 43,9	13,8	13,5	—
Sat por alumínio - m (%)	16,4 - 85,9	57,0	57,4	59

* Macedo (1995), extraído de Adamoli et al. (1986). ** Lopes (1983), levantamento com 518 amostras
1. CTC efetiva em KCl N

$$NA = (\text{planta} - \text{solo}) \times f$$

Equação 1

onde:

NA = necessidade de adubação

planta = quantidade do nutriente requerida pela planta

solo = quantidade de nutriente fornecida pelo solo

f = fator de eficiência

O conhecimento da interpretação da fertilidade do solo é fundamental para o estabelecimento das recomendações de correção e adubação das pastagens, como será visto posteriormente, sendo que, atualmente, ainda pode ser feita pela utilização de um dos métodos citados por Corsi e Nussio (1992), quais sejam: a) nível de suficiência de nutrientes disponíveis, e b) proporção de cátions na capacidade de troca de cátions, ou pela interpretação conjunta deles.

Atualmente, o método das classes de teores dos nutrientes é o mais utilizado nas recomendações. Estabelecido por uma rede de experimentação, principalmente com culturas anuais em condições de campo, consideram-se as respostas para o(s) nutriente(s) aplicado(s) nas adubações, expressos em termos de produção relativa e utilizados para o estabelecimento das curvas de calibração, que visam estabelecer os limites entre as classes (Van Raij, 1991; Van Raij et al., 1997).

A interpretação geral da fertilidade do solo, considerando os macronutrientes do solo (Tabela 4), segundo Van Raij et al. (1997), é utilizada nos programas de análise química de solos, que utilizam o

sistema IAC, principalmente para o Estado de São Paulo, e em algumas regiões de Estados vizinhos, tais como Paraná e Mato Grosso do Sul.

Alvarez et al. (1999) apresentam as classes de interpretação da fertilidade do solo para o Estado de Minas Gerais (Tabela 6), com os respectivos métodos analíticos. Deve-se lembrar que a análise do fósforo, P, é feita pelo método analítico Mehlich-1, e a sua interpretação deve ser feita considerando-se o poder tampão que está associado ao teor de argila.

Tabela 4. Limites de interpretação das classes de resposta e dos teores de Ca²⁺, Mg²⁺ em mmol_e/dm³, pH_{CaCl₂} e V em %.

Classe	Produção relativa (%)	pH _{CaCl₂}	V (%)	Ca ²⁺	Mg ²⁺
				mmol _e /dm ³	
Muito baixa	< 70	< 4,3	< 25		
Baixa	70-90	4,4-5,0	26-50	< 3	< 4
Média	90-100	5,1-5,5	51-70	4-7	5-8
Alta	> 100	5,6-6,0	71-90	> 7	> 8
Muito alta	> 100	> 6,0	> 90		

Adaptado de Van Raij et al. (1997)

Tabela 5. Classes de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica.

Características	Unidade ¹	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio ²	Alto	Muito alto
Cálcio trocável (Ca ²⁺) ⁴	cmol _e /dm ³	≤ 0,40	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg ²⁺) ⁴	cmol _e /dm ³	≤ 0,15	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al ³⁺) ⁴	cmol _e /dm ³	≤ 0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 1,00	1,01 - 2,00 ¹¹	> 2,00 ¹¹
Soma de bases (SB) ⁵	cmol _e /dm ³	≤ 0,60	0,61 - 1,80	1,81 - 3,60	3,61 - 6,00	> 6,00
Saturação por Al ³⁺ (m) ⁹	%	≤ 15,0	15,1 - 30,0	30,1 - 50,0	50,1 - 75,0 ¹¹	75,0 ¹¹
Saturação por bases (V) ¹⁰	%	≤ 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0	> 80,0

1. dag/kg = % (m/m); cmol_e/dm³ = meq/100 cm³.

2. O limite superior desta classe indica o nível crítico.

3. Método Walkley & Black; M.O. = 1,724 x C.O.

4. Método KCl 1 mol/L.

5. SB = Ca²⁺ Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺.

6. H + Al, método Ca(Oac)₂ 0,5 mol/L, pH 7.

7. t = SB + Al³⁺.

8. T = SB + (H + Al).

9. m = 100 AP³⁺/t.

10. V = 100 SB/T.

11. A interpretação destas características, nestas classes, deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom.

Adaptado de Alvarez et al. (1999)

Para as regiões abrangidas pela Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2000) as tabelas para a interpretação da fertilidade do solo seguem o mesmo procedimento das anteriores, porém com suas peculiaridades, considerando seis grupos ou classes de nível dos nutrientes no solo (Tabela 6) para o $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, M.O, Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$.

Tabela 6. Interpretação geral dos resultados de análises do solo para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Teor no solo	pH (água)	Cátions trocáveis		
		Ca	Mg	Ca + Mg
		cmol _c /L		
Limitante	-	-	-	-
Muito baixo	≤ 5,0	-	-	-
Baixo	5,1-5,5	≤ 2,0	≤ 0,5	≤ 2,5
Médio	-	-	-	-
Suficiente	-	0,16-0,35	0,36-0,60	0,6-0,90
Alto	> 6,0	> 4,0	> 1,0	> 5,0

Unidades: % (m/v) = relação massa/volume; cmol_c/L (centimol de carga por litro de solo) = me/100 mL ou me/dL; mg/L (miligrama por litro de solo) = ppm (massa/volume).
Adaptado da Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2000)

Outra maneira de se avaliar e interpretar a fertilidade do solo baseia-se na ocupação do complexo de troca catiônica (CTC) do solo pelos nutrientes, que é consequência do comportamento químico dos cátions trocáveis de interesse para as plantas em se ligar com as cargas negativas geradas no complexo do solo, segundo a sua valência e raio iônico. Desta forma, Corsi e Nussio (1992), a partir de dados de McLean (1976), apresentam as faixas de proporção de cátions na CTC – PCCTC, conforme se observa na Tabela 7. A análise do método leva a refletir sobre a importância da CTC do solo, como um “reservatório” potencial para os nutrientes, que determina a quantidade que o solo “comporta”, tornando-se um indicador para evitar as “perdas” do excesso de nutrientes por lixiviação, bem como a “carência” pela falta dos mesmos, ou seja, auxilia no estabelecimento das quantidades e frequências das adubações.

Vitti (1997) apresenta a proporção de cátions na CTC, porém associada com a ordem de grandeza da V (%), conforme a Tabela 8, o que é interessante, uma vez que no método a proporção é fruto da relação matemática dos nutrientes e a CTC, e para um mesmo valor percentual existem várias combinações entre esses valores.

Desta forma, o manejo químico do solo fica dependente do conhecimento da CTC, que por sua vez é consequência de cargas permanentes, oriundas dos minerais do solo e portanto sendo sempre consideradas, e as cargas variáveis ou dependentes do pH, que são devidas aos óxidos hidratados de Fe e Al, bem como das hidroxilas dos grupos carboxílicos, fenólicos e outros presentes na matéria orgânica, destacando-se a importância das práticas corretivas do solo, como a calagem.

Tabela 7. Proporção de cátions na CTC.

Nutriente – Bases	Proporção na CTC (%)
Ca	65 – 85
Mg	6 – 12
K	2 – 5
H	20

Adaptado de Corsi e Nussio (1992)

Tabela 8. Proporção de ocupação da CTC por cátions em função da V (%).

V (%)	Ca	Mg	K
	% CTC		
40	28	9	3
50	35	11	4
60	40	15	5
70	48	16	5

Adaptado de Vitti (1997)

A observância dessas tabelas de interpretação da fertilidade do solo evidencia a importância da CTC do solo, pois esta condiciona o potencial de suporte de fornecimento de nutrientes às pastagens, despertando a importância para seu manejo, uma vez que ao se deparar com solos de baixa CTC, que são a maioria no cerrado, que decisão tomar quanto ao método de correção?

3. Recomendação de calagem

No sistema solo-planta-animal (Rodrigues et al., 2000), ocorre o ciclo dos nutrientes continuamente, com entradas e saídas dos mesmos. As entradas são representadas, por exemplo, por processos químicos como a mineralização da matéria orgânica proveniente dos re-

síduos decorrentes do pastejo e das excreções animais. As saídas ocorrem com perdas de nutrientes do sistema, como a volatilização, principalmente para o N, a lixiviação para a maioria dos nutrientes, principalmente N e K, a erosão, que pode arrastar principalmente os nutrientes pouco móveis concentrados na superfície, tais como P e Ca, e a exportação de produtos pela ingestão do animal, pelo corte mecânico etc.

Mediante as considerações feitas, resulta que a prática de adubação de manutenção é fundamental para permitir a permanência da produção da pastagem, que por sua vez é maximizada com a calagem, e desta forma evita o ciclo vicioso de recuperação x degradação de pastagens que é muito comum no cenário pecuário, sobretudo na região de baixa fertilidade, como no cerrado brasileiro.

Para discutir o manejo químico das pastagens, considerando o sistema solo x planta x animal, num contexto de recuperação/manutenção deve-se considerar a planta forrageira, uma vez que apresenta diferentes potenciais produtivos e conseqüentemente necessidades diferenciadas, para depois discutir as práticas corretivas e finalmente as de adubação. Tal procedimento denomina-se "esquema do funil", conforme a Figura 1, cujo objetivo é posicionar bem a seqüência e importância das práticas que compõem o manejo químico do solo, se adequando muito bem às condições da pastagem.

Desta forma, de acordo com Luz et al. (2001), na parte mais "larga" do funil, ou seja, na qual o produto passa inicialmente, destaca-se a atenção que deve ser dada às práticas corretivas do solo, iniciando pela calagem, devido à elevada acidez da maioria deles, onde normalmente se implantam os projetos pecuários, aos baixos teores e/ou baixa participação do Ca e do Mg no complexo de troca - CTC, além de a saturação por alumínio ser em muitos casos elevada. Ainda nas práticas corretivas, ou seja, na boca do funil, deve-se considerar a gessagem em determinadas situações, que serão discutidas posteriormente, bem como especial atenção, e por que não dizer preocupação com o fósforo, que nessa etapa seria tratado através da fosfatagem, podendo ser essa feita em área total, utilizando-se fontes de solubilidade intermediária, podendo ser incorporada ao solo, visando elevar seu "padrão" no solo. Rodrigues et al. (2000), Corsi e Nussio (1992) destacam que o fósforo constitui-se em grande limitante no solo sob

pastagem, por apresentar normalmente níveis baixos de disponibilidade, devido aos teores diminutos do elemento no material de origem aliado ao elevado poder de fixação do fósforo apresentado pela natureza oxidica de seus solos, com presença elevada de óxidos de Fe e Al, pois afirmam que o potencial de produção de massa seca aumenta à medida que a adubação fosfatada eleva o teor de P no solo e com isso permite maximizar o potencial que os demais nutrientes disponibilizariam.

- 1º Passo: PRÁTICAS CORRETIVAS**
CALAGEM, GESSAGEM,
FOSFATAGEM/POTASSAGEM
Macros^{2anos}
- 2º Passo: ADUBAÇÃO - MACROS^{1anos}**
IMPLANTAÇÃO
MANUTENÇÃO
- 3º Passo: ADUBAÇÃO - MICRO**
IMPLANTAÇÃO
MANUTENÇÃO

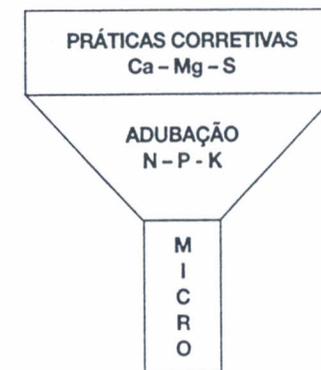


Figura 1. Esquema do "funil" para o estabelecimento das prioridades das práticas de manejo químico do solo (Luz et al., 2001).

Segundo Vitti e Luz (1997), os critérios para a recomendação de calagem em pastagens são bastante complexos, pois dependem em muito da espécie forrageira, bem como da região do Brasil. Desta forma, serão apresentados separadamente os vários métodos de recomendação de calagem para algumas regiões específicas.

3.1. Método da elevação da saturação por bases

Van Raij (1983) propôs o método de recomendação de calagem pela saturação por bases, em função da existência de uma correlação positiva entre pH_{H_2O} e a porcentagem de saturação por bases do solo (V%), que já havia sido detectada por Catani e Gallo (1955), como pode ser visto na Figura 2, a partir de amostras de solo do Estado de São Paulo.

A regressão polinomial resultou numa equação linear, cuja aplicação verifica-se para as saturações por bases de 40, 60 e 70% de correspondência, respectivamente, a valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ de 5,5; 6,0 e 6,5.

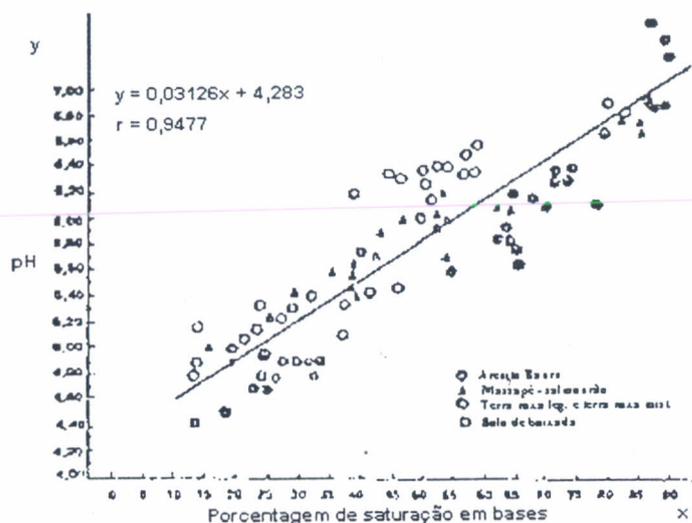


Figura 2. Relação entre o $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ e a porcentagem de saturação por bases (V%).
Fonte: Catani e Gallo (1955).

Com base na correspondência entre o $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ e a V (%), e por decorrência da saturação por alumínio – m (%), elevar o índice de saturação por bases corresponde a aumentar o pH e conseqüentemente diminuir a m (%). Uma estimativa dessas relações é apresentada na Tabela 9. Observando-a, nota-se que para $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ acima de 5,5 o Al não estaria mais ativo, refletindo no valor da m (%), que seria nulo. Sendo assim, conforme comentário de Vitti e Luz (2001) a acidez potencial do solo seria devida somente à acidez não trocável (H^0).

O método da elevação da saturação por bases é muito interessante, pois na fórmula são considerados atributos relacionados ao solo, exigência das plantas forrageiras, pela V (%) requerida, bem como características de reatividade do corretivo a ser empregado, como pode ser notado na fórmula para o cálculo da necessidade de calagem, expressa pela Equação 2.

$$\text{NC (t/ha)} = \frac{(V_2 - V_1) \cdot \text{CTC}}{10 \text{ PRNT}} \cdot p \quad \text{Equação 2}$$

onde:

NC = t . ha⁻¹ de calcário para a camada de 0-20 cm.

V₁ = saturação por bases atual do solo = SB/T x 100

V₂ = saturação por bases mais adequada para a cultura
(Tabela 8, Alvarez et al., 1999)

CTC = capacidade de troca catiônica potencial do solo
(T = SB+H+Al) em mmol/dm³

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%)

p = fator profundidade

Tabela 9. Relação aproximada entre V%, pH e saturação por alumínio.

V %	pH em CaCl ₂	pH em água	m %
4	3,8	4,4	90
12	4,0	4,6	68
20	4,2	4,8	49
28	4,4	5,0	32
36	4,6	5,2	18
44	4,8	5,4	7
52	5,0	5,6	0
60	5,2	5,8	0
68	5,4	6,0	0
76	5,6	6,2	0
84	5,8	6,4	0
92	6,0	6,6	0
100	6,2	6,8	0

Fonte: Van Raij et al., 1985. extraído de Vitti e Luz (2001)

Nota-se que, para o uso da Equação 2, os valores de V1, CTC são fornecidos pela análise química do solo, e o PRNT vinculado ao tipo de calcário que se pretende utilizar. Sendo assim, resta definir o valor de V2, que por sua vez é dependente da forrageira a ser implantada ou já estabelecida, conforme os valores sugeridos por Werner et al. (1996), colocados na Tabela 10, para os agrupamentos de forrageiras já discutido anteriormente.

Para a região do cerrado, considerando as espécies mais utilizadas como forrageiras, Vilela et al. (1998) sugerem o estabelecimento de três grupos para leguminosas (Tabela 11) e dois para gramíneas (Tabela 12), segundo o nível de exigência e indicações dos respecti-

vos graus de adaptação à baixa fertilidade do solo. Os diferentes graus de adaptação das forrageiras às condições de fertilidade do solo foram criados considerando principalmente a acidez e a disponibilidade de fósforo. A partir da capacidade de adaptação das forrageiras quanto à fertilidade do solo, estipulam-se faixas para a saturação por bases adequadas para o desenvolvimento das plantas.

A CFSEMG a partir de 1999 também apresenta como opção a determinação da necessidade de calagem para forrageiras usando o método da saturação por bases, de acordo com a Tabela 13, dividindo as gramíneas em três grupos e as leguminosas em dois.

Tabela 10. Saturação por bases (V%) recomendadas para agrupamentos de forrageiras para o Estado de São Paulo.

Forrageira	Saturação por bases		Dose máxima a aplicar	
	Formação	Manutenção	Formação	Manutenção
	V%		t/ha	
Gramíneas do Grupo I	70	60	7	3
Gramíneas do Grupo II	60	50	6	3
Gramíneas do Grupo III	40	40	5	3
Leguminosas do Grupo I	70	60	7	3
Leguminosas do Grupo II	50	40	5	3
Capineiras	70	60	7	3
Gramíneas para fenação	70	60	7	3
Pasto consorciado do Grupo I	70	60	7	3
Pasto consorciado do Grupo II	50	40	5	3
Leguminosa para uso intensivo	80	80	10	5

Fonte: Werner et al. (1997)

Tabela 11. Grau de adaptação de leguminosas forrageiras às condições de fertilidade e saturação por bases adequada para solos de cerrado.

Espécies	Grau de adaptação a baixa fertilidade	Saturação por bases (%)
Pouco Exigentes		
<i>Stylosanthes guianensis</i>		30 a 35
cv. Mineirão	alto	30 a 35
cv. Bandeirante	alto	30 a 35
<i>Stylosanthes macrocephala</i> cv. Pioneiro	alto	30 a 35
<i>Calopogonium mucunoides</i>	alto	30 a 35
<i>Pueraria phaseoloides</i>	alto	30 a 35
Amendoim forrageiro (<i>Arachis pintoi</i>) cv. Amarião	médio a alto	30 a 35
Exigentes		
Leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	muito baixo	45 a 50
Soja Perene (<i>Neonotonia wightii</i>)	baixo	45 a 50

Fonte: Vilela et al. (1998).

Tabela 12. Grau de adaptação de gramíneas forrageiras às condições de fertilidade e saturação por bases adequada para solos de cerrado.

	Grau de adaptação a baixa fertilidade	Saturação por bases (%)
<i>Andropogon gayanus</i>	alto	30 a 35
<i>Brachiaria decumbens</i>	alto	30 a 35
<i>Brachiaria humidicola</i>	alto	30 a 35
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	médio	30 a 35
Leguminosas		
<i>Hyparrhenia rufa</i> Capim-Jaraguá	baixo a médio	40 a 45
<i>Brachiaria brizanta</i> cv. Marandu	baixo	40 a 45
<i>Setaria anceps</i>	baixo	40 a 45
<i>Panicum maximum</i>		40 a 45
cv. Vencedor	baixo	40 a 45
cv. Centenário	baixo	40 a 45
cv. Colômbio cv. Tanzânia - 1	muito baixo	40 a 45
cv. Tobiata	muito baixo	40 a 45
cv. Mombaça	muito baixo	40 a 45
Leguminosas		
<i>Pennisetum purpureum</i> (Elefante, Napier)	muito baixo	50 a 60
Coast-Cross, Tifton	muito baixo	50 a 60

Fonte: Vilela et al. (1998).

Tabela 13. Saturação por bases sugeridas para pastagens.

Pastagens	V _c
Leguminosas	
Grupo I: Leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>); Soja-perene (<i>Neonotonia wightii</i>); Alfafa (<i>Medicago sativa</i>) e Siratro (<i>Macroptilium atropurpureum</i>)	60
Grupo II: Kudzu (<i>Pueraria phaseoloides</i>); Calopôgonio (<i>Calopogonium mucunoides</i>); Estilosantes (<i>Stylosanthes guianensis</i>); Guandu (<i>Cajanus cajan</i>); Centrosema (<i>Centrosema pubescens</i>); Arachi ou amendoim forrageiro (<i>Arachis pintoi</i>) e Galáxia (<i>Galactia striata</i>)	40
Gramíneas	
Grupo I: Capim Elefante: Cameron, Napier, <i>Pennisetum híbrido</i> (<i>Pennisetum purpureum</i>); Coast-cross, Tiftons (<i>Cynodon</i>); Colômbio, Vencedor, Centenário, Tobiata (<i>Panicum maximum</i>); Quicuío (<i>Pennisetum clandestinum</i>) e Pangola, Transvala (<i>Digitaria decumbens</i>)	45
Grupo II: Green-panico, Tanzânia, Mombaça (<i>Panicum maximum</i>); Brachiário ou Marandu (<i>Brachiaria brizantha</i>); Estrelas (<i>Cynodon plectostachyus</i>) e Jaraguá (<i>Hyparrhenia rufa</i>)	45
Grupo III: Braquiária IPEAN, Braquiária australiana (<i>Brachiaria decumbens</i>); Quicuío da Amazônia (<i>Brachiaria humidicola</i>); <i>Andropogon</i> (<i>Andropogon guianensis</i>); Gordura (<i>Melinis minutiflora</i>) e Grama batatais (<i>Paspalum notatum</i>)	40
Observação: Para o estabelecimento de pastagens, prever o cálculo da calagem para a incorporação na camada de 0 a 20 cm. Para pastagens já formadas, o cálculo de QC - quantidade de calcário deverá ser feito prevendo-se a incorporação natural na camada de 0 a 5 cm.	

Fonte: Alvarez e Ribeiro (1999)

3.2. Método da neutralização do alumínio e da elevação dos teores de cálcio e magnésio

Nesse método adotado pela CFSEMG, de acordo com Alvarez e Ribeiro (1999), levam-se em conta características do solo e exigência das plantas. A acidez do solo é corrigida tomando-se por base o fato de que o alumínio é um dos seus principais responsáveis, associando-se a esse aspecto a suscetibilidade ou tolerância das forrageiras, através da máxima saturação por alumínio - m (%), na qual conseguem se desenvolver, sem limitar sua produção. Ainda no tocante à acidez, o poder tampão do solo - Y é considerado, através do seu teor de argila, assumindo que quanto maior seu valor, mais resistência a alterar as condições de acidez o solo apresenta.

Por outro lado, segundo Van Raij (1981), pode-se encontrar situações com ausência de Al, mas que requerem calagem, sobretudo para elevar os teores de Ca e Mg, respeitando também a demanda pelas forrageiras, em termos da soma de Ca + Mg. A fórmula geral para o cálculo da necessidade da calagem proposta pela CFSEMG é apresentada na Equação 3.

$$NC = CA + CD$$

Equação 3

onde:

NC = t/ha de calcário (PRNT=100%) a ser aplicado na camada de 0-20 cm.

CA = correção da acidez

CD = correção da deficiência de Ca e Mg

A CA é determinada a partir da Equação 4, considerando-se o valor da m (%) tolerada, o teor de Al e a capacidade tampão.

$$CA = Y[Al^{3+} - (m_1 \cdot T/100)]$$

Equação 4

onde:

Y = poder tampão, obtido na Tabela 14.

Al³⁺ = teor de alumínio ou acidez trocável, em cmol/dm³

m₁ = máxima saturação por Al tolerada pela cultura em %, encontrada na Tabela 15

T = CTC efetiva em cmol/dm³

Observação: quando a CA for negativa, considerar seu valor igual a zero.

A CD é calculada pela Equação 5, que considera um valor mínimo para a soma de Ca + Mg, igual a um valor X, associado à necessidade das plantas.

$$CD = X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Equação 5

onde:

X = soma mínima de Ca²⁺ + Mg²⁺ (ver Tabela 15)

Ca²⁺ = teor de cálcio em cmol/dm³

Mg²⁺ = teor de magnésio em cmol/dm³

Tabela 14. Capacidade tampão - Y da acidez do solo em função da classe textural do solo e faixa do teor de argila.

Classe textural do solo	Teor de argila (%)	Variável - Y
Arenoso	0 a 15	0,0 a 1,0
Textura média	16 a 35	1,0 a 2,0
Argiloso	36 a 60	2,0 a 3,0
Muito argiloso	61 a 100	3,0 a 4,0

Fonte: Alvarez e Ribeiro (1999)

3.3. Método do tampão SMP

O método do tampão SMP, assim designado devido às iniciais de Shomaker, McLean e Pratt, é adotado pela Comissão de Fertilidade do Solo dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Trata-se de um método preciso e dotado de fundamentos teóricos suficientes. É simples de ser executado no laboratório, obtendo-se o valor de pH (pH SMP), e através do estabelecimento de uma tabela determina-se a necessidade de calagem para elevar o pH_{H₂O} do solo na faixa de 5,5 a 6,5. A calibração do método é feita correlacionando o pH SMP de uma série de solos com a necessidade de calcário com PRNT = 100% para elevar o pH em água, conforme a Tabela 16.

Para as plantas forrageiras a CFS - RS/SC (2000) sugere que se eleve o pH_{H₂O} de acordo com as especificações contidas na Tabela 17, para sete condições de pastagens, destacando que, após a aplicação do calcário, o pH do solo atinge um valor máximo, em geral entre três e doze meses; decorridos quatro a seis anos, o pH começa a diminuir, demandando nova avaliação para a correção da acidez. Os pesquisadores comentam que num período de três a quatro anos após a calagem, a recomendação pelo método do tampão SMP pode não ser válida se houver fração grosseira de calcário no solo.

Por outro lado, a reaplicação de calcário pode se tornar necessária para corrigir a acidez resultante de adição contínua de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, e para repor Ca e Mg ao solo, devido à extração e às perdas que ocorrem no sistema solo. Essa deve ser feita, de acordo com Vilela et al. (1998), quando a saturação por base reduzir para 20 a 25% em áreas plantadas com espécies pouco exigentes e 30 a 35% para espécies exigentes e muito exigentes.

Tabela 15. Valores máximos de saturação por Al^{3+} tolerados – mt, soma mínima de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ requerida pelas forrageiras, para a determinação da necessidade de calagem.

Pastagens	m,	X
	%	cmol _c /dm ³
Leguminosas		
Grupo I: Leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>); Soja-perene (<i>Neonotonia wightii</i>); Alfafa (<i>Medicago sativa</i>) e Siratro (<i>Macroptilium atropurpureum</i>)	15	2.5
Grupo II: Kudzu (<i>Pueraria phaseoloides</i>); Calopogônio (<i>Calopogonio mucunoides</i>); Estilosantes (<i>Stylosanthes guianensis</i>); Guandu (<i>Cajanus cajan</i>); Centrosema (<i>Centrosema pubescens</i>); Arachi ou amendoim forrageiro (<i>Arachis pintoi</i>) e Galáxia (<i>Galactia striata</i>)	25	1
Gramíneas		
Grupo I: Capim Elefante: Cameron, Napier, <i>Pennisetum híbrido</i> (<i>Pennisetum purpureum</i>); Coast-cross, Tiftons (<i>Cynodon</i>); Colônião, Vencedor, Centenário, Tobiata (<i>Panicum maximum</i>); Quicuío (<i>Pennisetum clandestinum</i>) e Pangola, Transvala (<i>Digitaria decumbens</i>)	25	1.5
Grupo II: Green-panico, Tanzânia, Mombaça (<i>Panicum maximum</i>); Brachiário ou Marandu (<i>Brachiaria brizantha</i>); Estrelas (<i>Cynodon plectostachyus</i>) e Jaraguá (<i>Hyparrhenia rufa</i>)	25	1.5
Grupo III: Braquiaria IPEAN, <i>Braquiaria australiana</i> (<i>Brachiaria decumbens</i>); Quicuío da Amazônia (<i>Brachiaria humidicola</i>); Andropogon (<i>Andropogon guianensis</i>); Gordura (<i>Melinis minutiflora</i>) e Grama batatais (<i>Paspalum notatum</i>)	30	1
Observação: Para o estabelecimento de pastagens, prever o cálculo da calagem para a incorporação na camada de 0 a 20 cm. Para pastagens já formadas, o cálculo de QC ¹⁷ deverá ser feito prevenindo-se a incorporação natural na camada de 0 a 5 cm.		

Fonte: Alvarez e Ribeiro (1999)

É importante ressaltar (CFSEMG, 2000) que no ambiente de pastagens implantadas deve-se tomar especial cuidado com a calagem superficial, sobretudo em solos com elevada CTC e baixo nível de bases trocáveis, ou seja, condições que levam a altas doses, o que

Tabela 16. Recomendações de calcário para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CFS - RS/SC, 2000).

pH SMP	pH em água a atingir		
	5,5	6,0	6,5
	t.ha ⁻¹		
≤ 4,4	15,0	21,0	29,0
4,5	12,5	17,3	24,0
4,6	10,9	15,1	20,0
4,7	9,6	13,3	17,5
4,8	8,5	11,9	15,7
4,9	7,7	10,7	14,2
5,0	6,9	9,9	13,3
5,1	6,0	9,1	12,3
5,2	5,3	8,3	11,3
5,3	4,8	7,5	10,4
5,4	4,2	6,8	9,5
5,5	3,7	6,1	8,6
5,6	3,2	5,4	7,8
5,7	2,8	4,8	7,0
5,8	2,3	4,2	6,3
5,9	2,0	3,7	5,0
6,0	1,6	3,2	4,9
6,1	1,3	2,7	4,3
6,2	1,0	2,2	3,7
6,3	0,8	1,8	3,1
6,4	0,6	1,4	2,6
6,5	0,4	1,1	2,1
6,6	0,2	0,8	1,6
6,7	0	0,5	1,2
6,8	0	0,3	0,8
6,9	0	0,2	0,5
7,0	0	0	0,2

Fonte: Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (2000)

poderá conduzir a problemas de deficiência de micronutrientes, bem como desequilíbrio na relação Ca/Mg/K. Nesse sentido, a seleção da profundidade da camada a ser corrigida é determinante, sendo que os autores sugerem 0 a 5 cm, que pode ser considerada num primeiro momento conservadora, pois resultados recentes de diagnóstico da fertilidade do solo, para detectar efeitos das práticas de correção e adubação, estão apontando para a camada de 0 a 10 cm (Luz et al., 1998).

Tabela 17. Recomendação de calagem para elevar o $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ para pastagens para o método tampão SMP.

Pastagem	$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ a ser atingido
Alfafa	6,5
Gramíneas de estação fria	6,0
Gramíneas de estação quente	6,0
Leguminosas de estação fria	6,0
Leguminosas de estação quente	6,0
Consórcio de leguminosas e gramíneas	6,0
Silagem	6,0

Fonte: Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2000)

Quanto à calagem em pastagem, cabe comentar que os estudos sobre resposta a campo, especialmente sob pastejo, são ainda escassos, principalmente nas condições dos solos de cerrado, em decorrência de alguns resultados no passado, que não obtiveram respostas para produção de forragem, tal como o de Werner et al. (1979), e que induziram ao posicionamento da falta de resposta à calagem, e esse fato implica que os efeitos residuais da calagem e a interação com os demais nutrientes, ao longo do tempo, não estão ainda suficientemente estudados. Assim, os critérios para o uso da calagem quer para correção da acidez para espécies mais sensíveis, quer para melhorar as condições de utilização dos demais nutrientes, ainda são passíveis de discussão e objeto de experimentação.

Rodrigues et al. (2000), citando Macedo (1993), apresentam uma interessante "chave classificatória" para seleção do método de recomendação de calagem para pastagem sob solos de cerrado (Figura 3) levando-se em conta a consorciação ou não da pastagem, a tolerância das espécies à acidez e a classe de textura dos solos.

A observação da chave classificatória nos leva à constatação de que, para a adoção da prática da calagem, não basta apenas adotar uma metodologia de recomendação e considerar a questão encerrada, mas sim passar a analisar de maneira conjunta os atributos químicos do solo associados à calagem. Se estivermos, por exemplo, usando o método da elevação da V%, ao obter o resultado da necessidade de calagem, seria conveniente verificar os valores dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , uma vez que não entram na equação de cálculo do calcário a relação Ca/Mg , a ocupação de Ca e Mg na CTC e a m%, para possibilitar uma visão conjunta da correção do solo, pois como cada

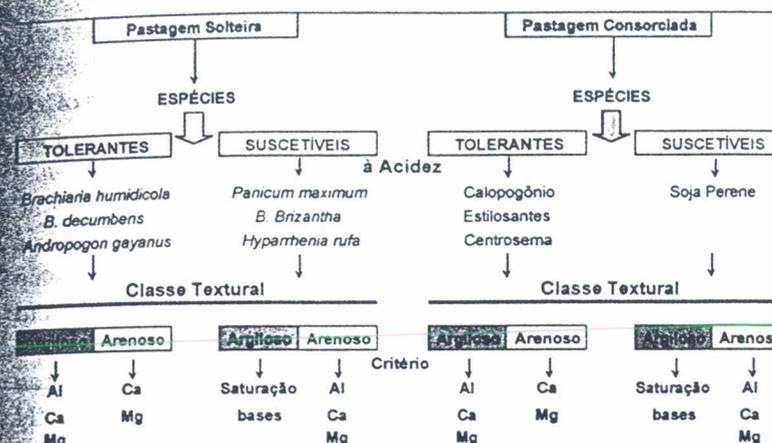


Figura 3. Roteiro para seleção de critério de calagem. Fonte: Macedo (1993).

metodologia apresenta uma base teórica na qual apresenta melhor resposta, a análise conjunta provavelmente conduzirá à possibilidade de se obter sucesso na prática.

4. Acidez do solo e recuperação/manutenção da pastagem

Os métodos de recomendação de calagem apresentados anteriormente não fazem uma distinção clara para as diferentes condições de manejo das pastagens, ou seja, implantação ou reforma, manutenção e recuperação. Desta forma, primeiramente é preciso caracterizar as condições da pastagem e verificar se se trata de um caso de recuperação ou reforma, o que pode ser feito mediante os critérios propostos por Oliveira (2002), colocados na Tabela 18. Quando for reforma, utilizar as recomendações para implantação, e quando não for reforma, poderíamos defrontar com duas condições, ou seja, uma pastagem que vem sendo manejada adequadamente sob o ponto de vista químico e portanto caberá manutenção; por outro lado, quando a pastagem puder ser recuperada, estaríamos diante de um caso que talvez se aproxime mais da implantação do que da manutenção. Nessa condição convém tomar cuidado com a ordem de grandeza da taxa de aplicação, uma vez que a prática da incorporação não poderá ser

utilizada plenamente, para não comprometer a persistência da espécie, principalmente se for de crescimento cespitoso.

Segundo Vitti e Luz (2001), para que a calagem atinja seus objetivos devem ser levados em consideração vários aspectos, tais como:

- a) Fatores "externos" (da aplicação)
 - Análise do solo
 - Uniformidade na aplicação
 - Antecedência na aplicação
 - Incorporação
 - Localização
- b) Fatores do corretivo
 - Atributos do corretivo
 - Fatores técnicos
 - Teor de magnésio do solo
 - Porcentagem de Ca (Ca%T) e de Mg (Mg%T) do solo
 - Relação Ca/Mg do solo
 - Uso e quantidade de gesso
- c) Fatores econômicos

Tabela 18. Critérios para tomada de decisão quanto à reforma ou à recuperação.

É possível recuperar	Há necessidade de reforma
Áreas com ausência de plantas da pastagem de interesse menores que dois metros quadrados	As áreas com solo exposto ou coberto por plantas daninhas são maiores que dois metros quadrados
Existe pelo menos uma touceira por metro quadrado para colômbio ou capim elefante	Em vários locais da pastagem encontra-se área de um metro quadrado, com ausência de plantas da pastagem de interesse
Existem pelo menos duas touceiras por metro quadrado para as braquiárias	Quando há necessidade de se trocar a espécie forrageira por motivos como a implantação de uma forragem resistente a cigarrinhas ou o uso de uma pastagem com maior potencial produtivo

Oliveira (2002)

Como são vários os fatores envolvidos no sucesso da calagem, serão discutidos os resultados disponíveis na literatura, chamando a atenção para o fator analisado, ou seja, responder às questões: quanto, como, quando incorpora?

Helyar (2003), num interessante estudo do balanço de H^+ nos ecossistemas, comenta que os naturais são caracterizados pelo uso

eficiente do N, com restrita lixiviação de nitrato e mínima adição líquida de ácido no ciclo do N orgânico (supondo que o N seja adicionado aos sistemas naturais pela fixação biológica de $N_{2(g)}$). Os sistemas naturais são também caracterizados pela remoção limitada de matéria orgânica contendo ânions orgânicos, de modo que a adição de ácido relacionada com ela é mínima. Por outro lado, nos ecossistemas agrícolas, ocorrem taxas mais elevadas de adição de ácidos provenientes dos ciclos do C e do N orgânicos, devido às maiores perdas de nitrato por lixiviação e por erosão laminar e de remoção de ânions orgânicos em produtos e restos de produtos. Sendo assim, as taxas normais de adição ácida em sistemas agrícolas são de 2 a 5 kmol de H^+ .ha⁻¹.ano⁻¹, o que equivale a 100 a 250 kg de CaCO₃.ha⁻¹.ano⁻¹.

Oliveira et al. (2003) avaliaram durante dois anos a resposta da calagem para *Brachiaria decumbens* degradada, estabelecida em neossolo quartzarênico na Fazenda Santa Maria, município de São Pedro, SP, realizada com calcário dolomítico de três PRNTs (55, 70 e 90), sendo a diferença entre os PRNTs dada apenas por diferentes graus 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 com os diferentes PRNTs de calcários. A ausência de resposta aos diferentes PRNTs explica-se pelo fato de que no cálculo da dose de calcário (Raij, 1991) considerou-se o PRNT como um coeficiente de correção, fazendo com que as diferenças dos calcários fossem minimizadas para um mesmo nível de V% pretendida. Entretanto, as maiores doses de calcário, consequência dos menores PRNTs testados, possibilitaram a produção de maior massa de raízes e correção da deficiência de Mg.

No tocante ao estabelecimento da dosagem de calcário, Oliveira (2004) conduziu dois experimentos em Descalvado, SP, durante dois anos agrostológicos, avaliando o efeito residual de fontes de fósforo na presença ou ausência de calagem na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu estabelecida em neossolo quartzarênico com 2 mmol dm⁻³ de Ca, 1 mmol dm⁻³ de Mg, saturação por bases de 7% e de alumínio de 76% e encontraram aumento de produção de forragem quando usaram calcário para elevar a saturação por bases a 70%. A dose foi de 4,5 toneladas de calcário dolomítico com PRNT 90% no primeiro ano e em média 3,6 toneladas

de calcário dolomítico com PRNT 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 em termos de produção de forragem, sendo a produção de forragem de 9,78 toneladas na ausência de calagem e 11,36 toneladas quando se realizou calagem. Já na presença de adubação fosfatada nos dois anos experimentais, apesar do aumento de produção em decorrência da calagem, a diferença não foi significativa; com calagem a produção foi de 11,36 toneladas de forragem e sem calagem foi de 10,78 toneladas.

Nesse projeto, a calagem promoveu aumento de P na planta durante o período da seca. No solo, ao fim de dois anos, houve aumento dos teores de Ca até a profundidade de 30 cm, queda nos teores de alumínio até 10 cm e da saturação por alumínio até 30 cm para os dois experimentos, e aumento nos teores de Mg até 10 cm para o experimento com supressão de P e até 30 cm no outro. Houve aumento da saturação por bases até 30 cm de profundidade, mas os valores foram aquém dos 70% pretendidos, ficando em 30,6% e 40,2% na camada de 0 a 5 cm; 22,1% e 24,3% na camada de 5 a 10 cm e 16,5% e 17,7% na camada de 10 a 30 cm, para os experimentos com supressão ou não de P, respectivamente.

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, *Andropogon gayanus* cv. Planaltina e *Panicum maximum* cv. Aruana, em condições controladas, usando um latossolo vermelho-escuro de textura média, e verificaram que a calagem aumentou a produção de massa seca dos capins, sendo o *Panicum maximum* o mais responsivo. Associando dois recursos estatísticos, regressão e teste de médias, concluíram que para a instalação de pastagens, quando a saturação por bases for inferior a 50%, fazer calagem, de forma a elevar esse valor a 70%.

Com relação à dosagem de calcário do referido experimento de Oliveira et al. (2003), foram avaliados três níveis de saturação por bases (40, 60 e 80%) em *Brachiaria decumbens* degradada estabelecida em um neossolo quartzênico com saturação por bases inicial de 24,5% e de alumínio de 40% e não encontraram resposta às diferentes do-

dosagem de calcário empregadas em relação à produção de forragem. Vale ressaltar que, mesmo após dois anos consecutivos de realização da calagem, não se conseguiu atingir os níveis de V% preestipulados. Deve-se atentar para o fato de que o monitoramento da V% ao final de qualquer experimento é fundamental, pois muitas vezes a ausência de resposta para um nível de V% proposto previamente pode ser explicada pelo insucesso em conseguir alcançá-lo. A ausência de resposta pode se dever ao fato de que as saturações obtidas (42 a 58%) nos diferentes tratamentos na profundidade de 0 a 0,05 m tenham sido suficientes para suprir a necessidade da planta durante o processo de recuperação, valores esses que coincidem com os apontados por Werner et al. (1996) para pastagens estabelecidas de *Brachiaria decumbens*.

Oliveira et al. (dados não publicados) realizaram um trabalho em que avaliaram o efeito da presença ou ausência de calagem e uso de aerador de solo associados 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 14,36 para 16,84 toneladas.ha⁻¹.ano⁻¹. No tratamento em que a pastagem não recebeu calagem ou fertilização, esta permaneceu degradada, produzindo 4,36 toneladas.ha⁻¹.ano⁻¹ de MS; quando se realizou apenas a calagem a produção aumentou para 5,9 toneladas.ha⁻¹.ano⁻¹ de MS; quando se realizou apenas fertilização a produção foi de 16,36 toneladas.ha⁻¹.ano⁻¹ de MS; e quando se realizou calagem e fertilização a produção obtida foi máxima e de 19,2 toneladas.ha⁻¹.ano⁻¹ de MS (Figura 4). A saturação por bases após 28 meses da primeira aplicação de calcário praticamente permaneceu inalterada, sendo inicialmente de 67,7% e passando para 62,42%, mesmo realizando-se calagem com 1,5 toneladas.ha⁻¹ de calcário dolomítico PRNT 90 a cada ano, objetivando-se elevar a V% a 80%.

Nota-se que a calagem isolada apresentou um potencial de resposta de 1,54 t.MS.ha⁻¹; todavia, quando associada com a fertilização, a mesma dosagem de calcário proporcionou 2,84 t. MS.ha⁻¹, decorrente da potencialização de resposta dos fertilizantes.

Um ponto interessante a se observar é o comportamento da resposta ao uso exclusivo de calcário em pastagens degradadas. Quan-

do 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 apenas a calagem pode produzir aumentos de produção de forragem da ordem de 1,5 tonelada.ha⁻¹ de MS (Figura 4). Tal efeito se deve à capacidade da calagem em colocar nutrientes em disponibilidade às plantas, o que vem ao encontro dos dados apresentados na Tabela 19, extraídos de Vitti e Luz (2001). Se o sistema for muito pobre não haverá nutrientes nem sequer matéria orgânica para serem disponibilizados, portanto haverá dificuldade em se aumentar a produção de forragem da pastagem degradada.

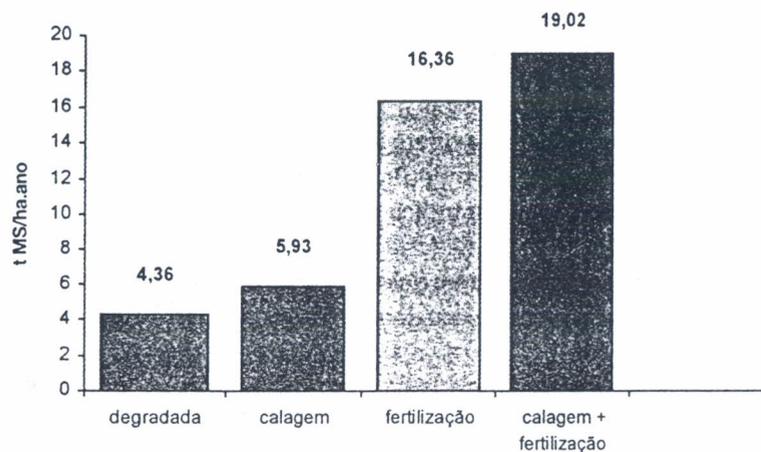


Figura 4. Produção de forragem (acima de 20 cm e média de dois anos) para diferentes tratamentos aplicados em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* degradada estabelecida em um nitossolo eutrófico. Médias seguidas por letras distintas diferem significativamente pelo teste F (prob $P \leq 0,05$). CV de 34%.

As pastagens degradadas normalmente encontram-se implantadas em solos ácidos e com elevados teores de alumínio, não só na superfície como também em profundidade. Desta forma, quando se pretende realizar a calagem uma grande dúvida que surge é a forma de aplicação do calcário na superfície ou incorporado ao solo. O uso de calcário na superfície do solo possui como grande vantagem a manutenção da integridade do sistema radicular da planta degrada-

da (Oliveira et al., 2003; Soares Filho et al., 1992), mas por outro lado pode promover perdas por volatilização de N quando se pretende utilizar uréia nas adubações de cobertura posteriormente à aplicação de calcário (Oliveira et al., 2004), devido à elevação do pH na superfície do solo. Assim, num ambiente de pastagem formada por espécie perene, a calagem pode ser realizada logo após o período das chuvas para que o calcário possa reagir lentamente até o início da próxima estação de crescimento, quando se iniciam as adubações em cobertura.

Tabela 19. Estimativa da variação percentual na absorção dos macronutrientes pelas plantas, em função do pH do solo (PNFCA, 1974; Embrapa, 1980).

Macronutrientes	pH (H ₂ O)					
	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	67	83	100
Magnésio	20	40	50	70	80	100

Trabalhando com a incorporação do calcário na produção da parte aérea, Oliveira et al. (2003) não encontraram diferença, tanto na análise de variância em que se confrontou a testemunha degradada contra a testemunha que apenas recebeu a gradagem, quanto na análise de variância do fatorial, em que se comparou a 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 massa de forragem no primeiro ano e observaram decréscimos na produção no segundo ano, quando realizaram gradagem para a recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens*. Na produção de massa das raízes a incorporação do calcário provocou decréscimos ($P \leq 0,01$) até 0,30 m 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 ainda responderam negativamente ($P \leq 0,05$), na profundidade de 0 – 0,05 m (Figura 5). Soares Filho et al. (1992) também observaram queda na produção de raízes quando

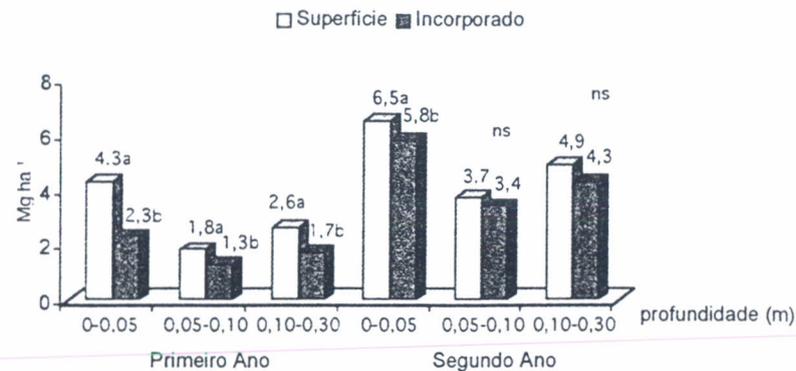


Figura 5. Massa de raízes de *Brachiaria decumbens* em função de formas de aplicação do calcário. *Médias de um mesmo ano e profundidade seguidas por letras distintas diferem pelo teste F ($P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$, no primeiro e segundo ano, respectivamente); ** CV entre 20 e 38% dependendo do ano e da profundidade.

empregaram gradagem na recuperação de pastagens, mesmo quando utilizaram fertilizantes.

Com relação ao uso de uréia subsequente à aplicação de calcário na superfície do solo, Oliveira (2001) desenvolveu um experimento em pastagem degradada de *Brachiaria brizantha*, em que avaliou o balanço anual do nitrogênio quando a calagem foi realizada em duas épocas, março ou agosto, e a uréia foi aplicada incorporada ou na superfície do solo. A incorporação da uréia visava a colocação desta abaixo da camada de aplicação do calcário. A calagem realizada antecipadamente no mês de março favoreceu a produção de massa de forragem. Este fato pode estar relacionado ao maior tempo de reação do calcário no solo, que pode ter aumentado a eficiência de uso dos nutrientes P, K e 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 esses resultados seria a diminuição da toxidez inicial de Al.

Apesar de não ter ocorrido aumento de produção de forragem em função da incorporação da uréia, esta operação aumentou a recuperação do N da uréia no sistema, diminuindo as perdas (Tabela 20). As perdas gasosas decorrentes da volatilização devem estar mais liga-

das às reações químicas que ocorrem ao redor do grânulo da uréia e 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 3 toneladas de calcário dolomítico com PRNT 90% na superfície do solo.

Tabela 20. Massa de material seco da parte aérea, resíduo, líter, coroa, raízes para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (período de novembro de 1998 a dezembro de 1999).

Tratamento	Incorporação da uréia	Massa de material seco			Recuperação de nitrogênio				
		Parte aérea ¹			Total da planta e Líter	Raízes (0-60cm)	Solo (0-60cm)	Total do sistema	Perdas gasosas ²
		Época águas	Época seca	Anual					
		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 (%)		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/ IxE		ns	Ns	ns	0,26%	ns	ns	0,95%	—

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

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

Em Pirassununga, SP, foi conduzido por dois anos ensaio em pastagem degradada de capim Tobiatã com uso de diferentes fontes, doses e métodos de aplicação de calcário, visando recuperar a pastagem (Luz et al., 2000; Luz et al., 2001). As doses empregadas foram baseadas no método de saturação por bases (40%, 60% e 80%) e as fontes escolhidas foram o calcário tipo tradicional magnesiano (43% CaO, 9% MgO, 99,3% PN, 91% RE, 90% PRNT) e o calcário tipo calcinado dolomítico (45% CaO, 25% MgO, 132% PN, 100% RE, 132% PRNT). Após a aplicação do produto foi realizada incorporação em metade das subparcelas experimentais com grade leve destravada, com 16 discos de 16". No segundo ano foi feita uma nova calagem, aumentando a dosagem do tratamento V = 60% para 80%. O manejo das parcelas experimentais foi realizado através de corte manual da forragem a uma altura média de 20 cm a cada 35 dias e aplicação parcelada de 200 kg de N/ha/ano.

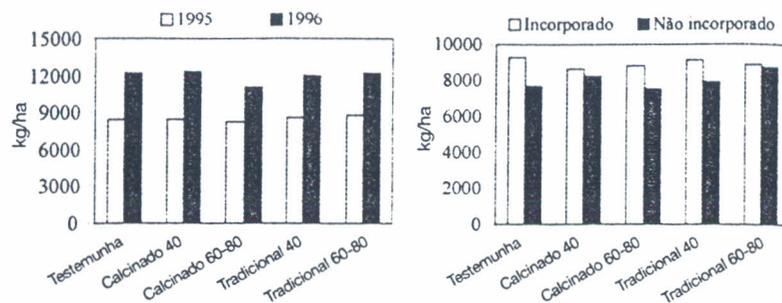


Figura 6. Produção de forragem em pastagens de capim Tobiatã submetidas a doses (40% e 60% em 1995; 40% e 80% em 1996), fontes (calcinado e tradicional) e métodos de incorporação de calcário. Os valores apresentados referem-se à produção de forragem acumulada durante cinco cortes em 1995 e seis cortes em 1996.

Nos dois anos do experimento, a produção de forragem foi semelhante entre os tratamentos (Figura 6), sem apresentar resposta significativa para a calagem. Todavia, houve efeito positivo da incorporação do calcário sobre a produção de forragem, inclusive no tratamento testemunha, o que evidenciou um efeito exclusivo do trato cultural sobre a planta forrageira, sem qualquer ação do calcário no aumento da produção.

O efeito da calagem na fertilidade do solo foi observado para três amostragens realizadas, sendo uma em outubro de 1995, oito meses após a primeira calagem, a segunda em maio de 1996, dezesseis meses após a calagem, e em fevereiro de 1997, cerca de oito meses após a segunda calagem. Dessa maneira, juntamente com a avaliação agrônoma da pastagem foi avaliada a evolução da fertilidade do solo. Com exceção do tratamento tradicional 40%, a aplicação de calcário causou um aumento no pH e nos teores de Ca do solo (Figura 7). Para a testemunha, tanto os valores de pH como os de Ca decresceram à medida que foram realizados os cortes da forragem.

Da mesma maneira que para o pH_{CaCl_2} e o Ca, os teores de P e Mg diminuíram para a testemunha com o decorrer das avaliações (Figura 8). Por outro lado, a aplicação de calcário, mais especificamente a segunda calagem, garantiu um acréscimo nos teores de P do solo, principalmente para o calcário calcinado dolomítico. Os teores de Mg nos tratamentos de calagem foram superiores à testemunha já na primei-

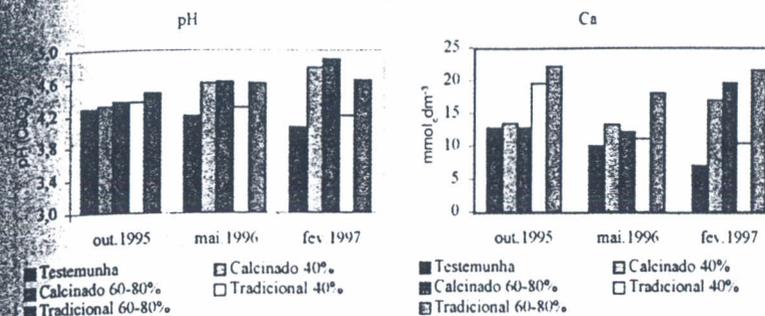


Figura 7. pH e cálcio no solo (camada 0-20 cm) em pastagens de capim Tobiatã submetidas a doses (40 e 60% em 1995; 40 e 80% em 1996) e fontes (calcinado e tradicional) de calcário.

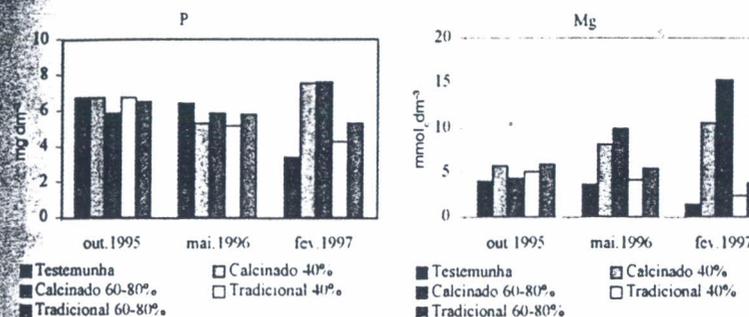


Figura 8. P e Mg no solo (camada 0-20 cm) em pastagens de capim Tobiatã submetidas a doses (40 e 60% em 1995; 40 e 80% em 1996) e fontes (calcinado e tradicional) de calcário.

ra amostragem, com aumentos evidentes nas amostragens seguintes, com destaque para o calcário tipo calcinado dolomítico e para a dose de 80%.

Em fevereiro de 1997 a amostragem de solo foi realizada em diferentes camadas no perfil e foram observados aumentos nos teores de Mg e Ca em profundidade, maiores na dose mais elevada para ambos os tipos de calcário (Figura 9), destacando-se os aumentos para o Mg tanto em superfície como em profundidade para o calcário calcinado (dolomítico).

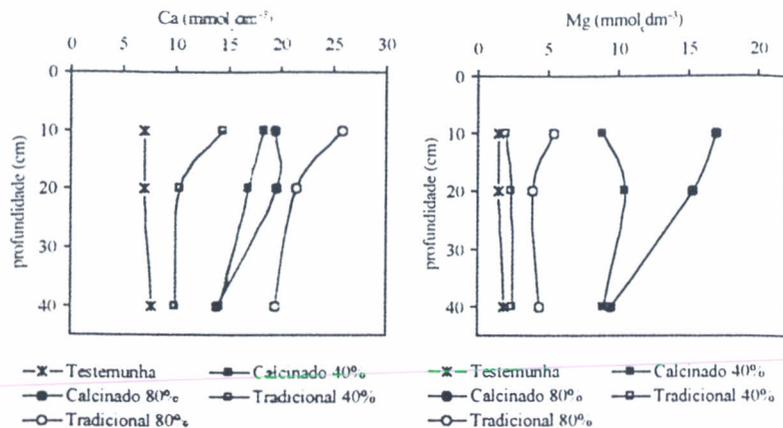


Figura 9. Teores de Ca e Mg no solo em pastagens de capim Tobiatã em resposta a doses e fontes de calcário, em três profundidades.

O efeito da calagem sobre os teores de Al do solo foi marcante, com exceção do calcário tradicional 40% que, no entanto, ainda permaneceu abaixo dos valores bem superiores observados para a testemunha (Figura 10). O efeito da calagem sobre o Ca e o Mg provocou elevação na saturação por bases (V%), com aumentos maiores para o calcário mais reativo, de maior PRNT e para a maior dose. Os valores foram superiores na camada 0-10 cm, alcançando cerca de 50% para o calcário tipo calcinado 80%, bastante superior aos 9,4% verificados para a testemunha. Também na camada de 20-40 cm houve um aumento significativo da V%, quando da aplicação do calcário calcinado 80% em comparação à testemunha.

Os resultados da análise química do solo, oito meses após a calagem, indicaram que Ca e Mg não diferiram para tratamentos ($p > 0,05$), porém o Ca apresentou maiores valores para o calcário tradicional em relação ao calcinado. Uma segunda amostragem, dezesseis meses após a calagem, mostrou que os teores de Ca não diferiram para tratamentos ($p > 0,05$). (Tabela 21) somente para incorporação (teor mais alto quando incorporado) e para o contraste entre os tratamentos tradicional 40% e 60%, evidenciando uma diferença entre doses de um mesmo tipo de calcário. O Mg respondeu favoravelmente para incorporação e também para o contraste entre os calcários calcinado e tradicional, o que concorda com o fato de o primeiro ser dolomítico

e o segundo magnésiano ($p < 0,05$). Na amostragem foliar, realizada um ano após a calagem, o teor de Ca na folha diferiu significativamente para tratamentos, com maiores valores para o calcário tradicional ($p < 0,05$). Para incorporação não houve efeito significativo ($p > 0,05$). O teor de Mg na folha diferiu significativamente para tratamentos com maiores valores para o calcário calcinado, estando de acordo com o ocorrido no solo. Quanto ao N não foi detectada diferença significativa entre tratamentos e incorporação ($p > 0,05$).

Quanto à qualidade da forragem produzida, detectou-se melhor resultado de digestibilidade *in vitro* da matéria seca - DIVMS para o calcário calcinado em relação à testemunha e ao calcário tradicional, não se observando diferença entre doses. Os teores de PB não revelaram qualquer diferença entre tratamentos ou mesmo na incorporação ($p > 0,05$).

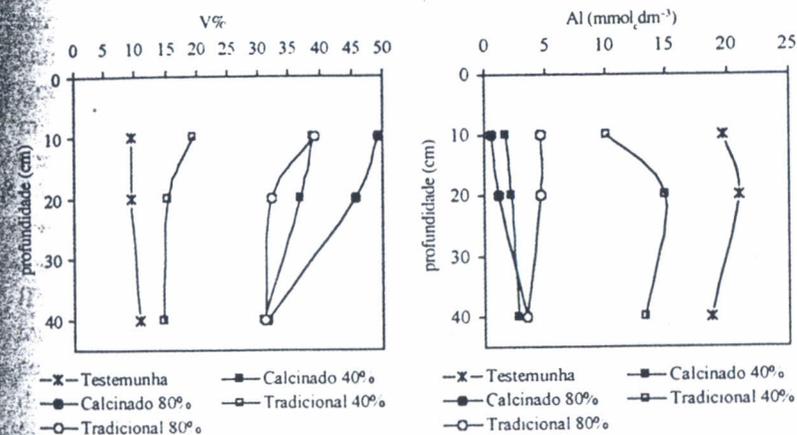


Figura 10. V% e teor de Al no solo em pastagens de capim Tobiatã em resposta a doses e fontes de calcário, em três profundidades.

A disponibilidade de P no solo foi alterada no experimento, com elevação de $2,4 \text{ mg dm}^{-3}$ para o tratamento calcário calcinado 80%, na camada 0-10 cm, equivalente à aplicação de $24 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, ou seja, cerca de 120 kg de superfosfato simples (Figura 11). É interessante notar que o aumento nos teores de P também ocorreram na camada de 20-40 cm, elevando em 2 mg dm^{-3} entre a testemunha e o calcário calcinado 80%.

Tabela 21. Teores de Ca e Mg no solo (mmol/dm^3) e na folha (g/kg), relação Ca:Mg, DIVMS (%) e PB (%) do capim Tobiatã.

Tratamentos	Análise do solo 8 meses após calagem		Análise do solo 16 meses após calagem			Análise de nutrientes foliares (g/kg)				Análise qualitativa (%)		
	Ca	Mg	Ca/Mg	Ca	Mg	Ca/Mg	Ca	Mg	N	Ca/Mg	PB	DIV
			Mg			Mg				Mg		MS
Testemunha	10,38	3,06	3,39	8,81	3,38	2,61	5,03	3,26	13,76	1,54	9,33	55,39
Calcinado 40%	11,67	4,38	2,66	11,96	7,04	1,70	4,78	4,65	13,49	1,03	9,88	56,26
Calcinado 60%	11,38	3,75	3,04	10,94	7,94	1,38	4,78	4,90	13,50	0,98	10,03	56,67
Tradicional 40%	15,94	4,31	3,70	9,75	3,75	2,60	5,85	3,91	13,73	1,50	9,87	55,50
Tradicional 60%	18,75	5,31	3,53	14,88	4,63	3,21	5,56	3,53	14,59	1,58	9,69	54,73
MÉDIA	13,62	4,16	3,27	11,27	5,35	2,11	5,20	4,05	13,81	1,28	9,76	55,71

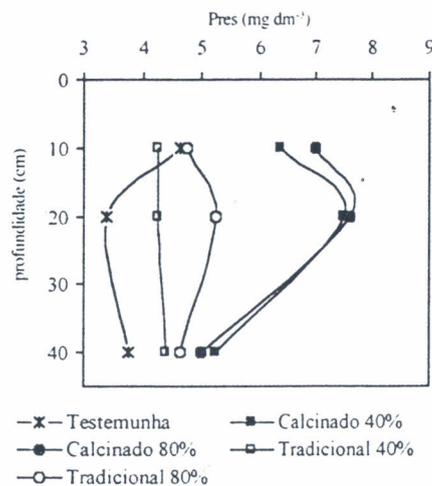


Figura 11. Teores de P no solo em pastagens de capim Tobiatã em resposta a doses e fontes de calcário incorporado e não incorporado, em três profundidades.

Vitti e Luz (1997) afirmam que, em pastagens implantadas, a melhor alternativa para aplicação de calcário é em área total. No entanto, a pastagem dificulta a mobilização vertical dos nutrientes e pode requerer a incorporação do produto. Para tanto, é necessário o rebaiamento da planta forrageira na altura desejada, tarefa que pode ser feita pelos animais, ou com roçadora de pasto. Com relação à incorporação, a opção neste caso é o uso da grade leve e destravada que

atue superficialmente no solo. As gramíneas de hábito de crescimento estolonífero e/ou rizomatoso (*Brachiaria*, *Cynodon* etc.) possibilitam melhor eficiência do processo, o que aumenta a expectativa de resposta. Por outro lado, gramíneas de crescimento cespitoso (*Panicum*, *Pennissetum* etc.) proporcionariam uma resposta pequena à incorporação do calcário, devido à condição superficial encontrada em pastagens com essas espécies, o que inclusive poderia provocar a morte de muitos perfilhos, prejudicando a rebrota da planta.

Entretanto, no experimento desenvolvido por Luz et al. (2000) com pastagens de capim Tobiatã, avaliou-se a aplicação de calcário sem e com incorporação (grade leve e destravada), sendo constatado que não houve prejuízo no crescimento da planta forrageira, e a produção de forragem foi superior na condição incorporada (Figura 6), apesar de não ter havido resposta ao calcário. Isso pode ser explicado pelo fato de a incorporação ter sido bem superficial, o que não afetou fisicamente as touceiras, mas permitiu reflexos na fertilidade do solo. Como a pastagem tinha 7 anos da implantação, provavelmente acumulou material orgânico residual (planta e animal) na superfície, que com essa pequena incorporação implicou o aumento da matéria orgânica (incorporado = 23,3 e não incorporado 21,4 g/dm^3). Além desta ocorreu maior mobilização do Mg e do Ca em profundidade, visto que nas camadas mais inferiores os teores de Ca e Mg foram superiores (Figura 12). Na camada 0-10 cm a diferença entre as duas condições foi menor e, no caso do Mg, houve igualdade entre as condições incorporada e não incorporada. Os maiores teores de Ca e Mg na condição incorporada tiveram reflexo na saturação por bases, que da mesma forma que os dois nutrientes foi superior quando da incorporação do calcário, principalmente nas camadas mais inferiores do solo.

5. Considerações finais

A utilização da prática corretiva da calagem traz benefícios para os atributos químicos do solo, principalmente aqueles envolvidos no processo de acidificação, proporcionando a base para um programa de manejo químico do solo para médio prazo, quer no contexto de recuperação, quer no de manutenção da pastagem. A aplicação superficial do calcário promove reflexos significativos no per-

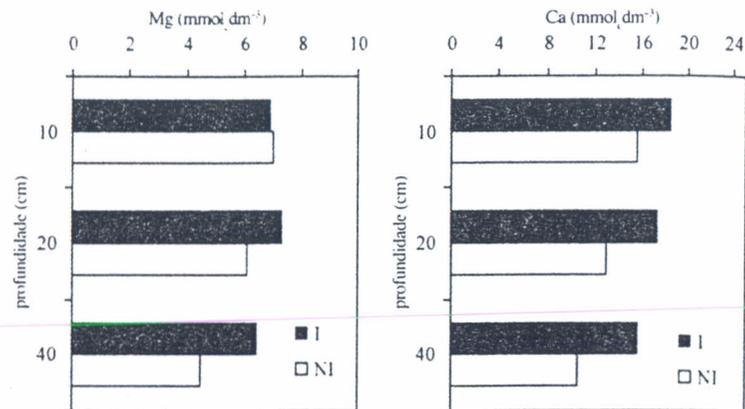


Figura 12. Teores de Mg e Ca no solo em pastagens de capim Tobiatã em resposta à incorporação de calcário, em três profundidades.

fil do solo (0-20/20-40 cm), porém tem a sua eficiência aumentada se for incorporado.

A resposta favorável da calagem na produção de forragem de forma isolada tem apresentado resultados controversos. Todavia, quando se analisa o sistema de produção como um todo, notam-se reflexos benéficos na nutrição mineral da planta forrageira, bem como no valor nutritivo; além disso, pode potencializar a resposta da aplicação dos fertilizantes.

6. Referências bibliográficas

- AGUIAR, A. de P. A. Possibilidades de intensificação do uso da pastagem através de rotação sem ou com uso mínimo de fertilizantes. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J. C. de; FARIA V. P. de (ed.) Fundamentos do pastejo rotacionado. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14, Piracicaba, 1997. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 85-138.
- ALVAREZ, V., RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V. V.H. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa - 5ª Aproximação. 1999 p. 43 - 60.
- ANUALPEC 2004. Anuário da Pecuária Brasileira. FNP/BOVIPLAN. 2002.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. *Recomendação de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 3 ed. 5 impressão, Pelotas, SBCS - Núcleo Regional Sul, 2000. 224p.
- CORSI, M. *Manejo de pastagem*. Piracicaba: FEALQ, 1989. 151p.

- CORSI, M.; NUSSIO, L. G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J. C. de; FARIA V. P. de (ed.) SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS, 10. *Anais...* Piracicaba, 1992: FEALQ, 1993, p. 87-116.
- CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E. LUCHETTA, S. Efeito da calagem sobre a produção de matéria seca de três gramíneas forrageiras. *Pesq. Agrop. Bras.* 29:1303-1312, 1994.
- DOURADO-NETO, D.; FANCELLI, A. L.; MÜLLER, M. S. Manejo da irrigação de pastagens. In: PEIXOTO, A. M. et al. (eds.) Inovações tecnológicas no manejo de pastagens. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19, Piracicaba, 2002. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2002 p. 189-216.
- EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K. Produção de carne em pastagens. In: PEIXOTO, A. M. et al. (eds.) Planejamento de sistemas de produção em pastagens. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18, Piracicaba, 2001. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 321-350.
- HELYAR, K. Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos. *Informações agrônomicas*, 104: Piracicaba, dez-2003.
- LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; VITTI, G. C.; LIMA, C. G. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agrônomicas e fisiológicas de capim Tobiatã (*Panicum maximum*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(4):964-970, 2000.
- LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; PETERNELLI, M.; BRAGA, G. J. Calagem e adubação no manejo intensivo do pastejo. In: EVANGELISTA, A. R. et al. (eds.) II SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 2, Lavras, 2001. *Anais...* Lavras: UFLA, 2001. p. 27-110.
- LUZ, P. H. de C.; BRAGA, G. J.; HERLING, V. R.; VITTI, G. C.; LIMA, C. G. Atributos químicos do solo e planta e qualidade do capim Tobiatã, sob efeito de tipos, doses e incorporação de calcário. *FERTBIO 98*, p. 73, Caxambu - MG, 1998.
- MACEDO, M. C. M. Pastagens nos ecossistemas cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, Brasília, 1995. *Anais...* Brasília: SBZ, 1995. p. 28 - 62.
- OLIVEIRA, P. P. A.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. et al. Liming and fertilization to restore degraded *Brachiaria decumbens* pastures grown on an entisol. *Sci. Agric.*, v. 60, no.1, p.125-131, 2003.
- OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S. O.; CORSI, M. Efeito residual de fertilizantes fosfatados solúveis na recuperação de pastagem de *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. XXVI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo. 2004 no prelo
- OLIVEIRA, P. P. A. Recuperação de pastagens degradadas. Apostila Técnica do CTRH/Depto. Zootecnia-ESALQ/USP 24 p. 2002
- OLIVEIRA, P. P. A.; CORSI, P. P. A. E OLIVEIRA, W. S. O. Estudo sobre recuperação de pastagens por meio de fertilização e mecanização. Relatório técnico de pesquisa projeto FEALQ. 36p. 2004
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CAMARGO, A. C. Conhecimento e controle, no uso de corretivos e fertilizantes, para manejo sustentável de sistemas

- intensivos de produção de leite de bovinos a pasto. *Revista de Agricultura*, 74(2):249-265, 1999.
- RODRIGUES, L. R. S.; JACOB, F. G. M.; CLETO, E. F.; GONÇALVES, F. A.; ANDRÉ, M. A. P. **Nutrição e adubação de pastagens da região do cerrado brasileiro**. Piracicaba, Esalq, 2000. 32 p. (Seminário apresentado na disciplina Adubação e Nutrição de Plantas Cultivadas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
- VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres-Potafós, 1981. 343p.
- VAN RAIJ, B. Acidez do solo e calagem. In: Curso de atualização em fertilidade do solo. IAPAR, ANDA, PPI/PI. Londrina, PR, 1983. 65 - 85.
- VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico/Fundação IAC, 2 ed. rev. atual. 1997. 285p.
- VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado. Planaltina: Circular técnica nº 37: Embrapa. 1998. 16 p.
- VITTI, G. C.; LUZ, P. H. de C. Utilização agrônômica de corretivos agrícolas. Piracicaba 2001. 76p.: il. (Esalq/FZEA-GAPE Apostila) No prelo.
- VITTI, G. C.; LUZ, P. H. de C. Calagem e uso de gesso agrícola em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGENS, 3. *Anais...* Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997, p. 63 - 111.
- VITTI, G. C. Série de apostilas para o curso de pós-graduação em Ciência do Solo. Piracicaba, Departamento de Ciência do Solo/Esalq. 1997
- WERNER, J. C. Adubação de pastagem de *Brachiaria spp.* In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA V. P. de (ed.) SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS, 11. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 1994, p. 209 - 222.
- WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A.; CARRIEL, J. M. Efeitos da calagem em capim Colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. *Boletim da Indústria Animal*. Nova Odessa, 1979, 36(2): p. 247-254
- WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. (2 ed.) Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1996. p. 261-273.
- ZIMMER, A.; SILVA, M. P.; MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: PEIXOTO, A. M. et al. (eds.). Inovações tecnológicas no manejo de pastagens. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18, Piracicaba, 2002. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 2002. p. 31-58.

MANEJO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA EM PASTAGENS

Djalma Martinhão Gomes de Sousa¹
Geraldo Bueno Martha Júnior¹
Lourival Vilela¹

1. Introdução

O Brasil possui 178 milhões de hectares de pastagens, sendo 44% dessa área representada por pastagens nativas e 56% por pastagens cultivadas (Anuário..., 1996). A rápida expansão na área de pastagens cultivadas ocorreu a partir da década de 1970. No final da década de 1990, a área de pastagens cultivadas, no cerrado, já ocupava 49,5 milhões de hectares (Sano et al., 1999), cerca de 50% da área de pastagem cultivada no país.

As pastagens no cerrado, via de regra, foram estabelecidas sem adubação ou valendo-se do efeito residual de modestas adubações na cultura do arroz, sem que houvesse adubações de manutenção. Verificou-se, ainda, que o manejo inadequado das pastagens foi e continua sendo uma característica marcante desses sistemas extensivos de produção animal a pasto. Como resultado dessa concepção extrativista, a degradação de pastagens avançou rapidamente a partir da década de 1980. Atualmente, estima-se que mais de 60% da área de pastagem cultivada no cerrado esteja degradada ou em processo de degradação. Esse cenário se contrapõe ao sucesso obtido na produção de grãos na região e justifica os índices zootécnicos e econômicos que caracterizam os empreendimentos de pecuária que estão muito distantes daqueles que poderiam garantir sua competitividade e conseqüente permanência como empreendimento economicamente atraente (Zimmer & Euclides Filho, 1997).

¹ Pesquisadores da Embrapa Cerrados, BR 020, km 18, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF.