

**Uso SUSTENTÁVEL DE
ECOSSISTEMAS DE
PASTAGENS CULTIVADAS**

SEMA
ACRE

AMAZÔNIA OCIDENTAL



Zoneamento Ecológico Econômico
Fase II - Escala 1:250.000

CAPÍTULO 10

Carlos Mauricio Soares de Andrade

CALAGEM EM PASTAGENS CULTIVADAS NA AMAZÔNIA

1. INTRODUÇÃO

A manutenção da capacidade produtiva de pastagens cultivadas na região Amazônica tem sido um dos principais desafios das instituições de pesquisa que atuam na região, face ao elevado grau de degradação apresentado por estas pastagens (DIAS-FILHO, 2007). Entretanto, apesar do papel relevante da fertilidade do solo para manutenção e recuperação destas pastagens, o uso de corretivos e fertilizantes ainda é muito baixo na região. O fator econômico é um dos principais responsáveis por isso, visto que o preço destes insumos na região é mais alto do que no Centro-Sul do Brasil, ao passo que os preços dos produtos da pecuária (carne e leite), são mais baixos. Outro fator que tem desestimulado pecuaristas a utilizarem estes insumos em pastagens na região, são as recomendações de doses elevadas que, em alguns casos, têm produzido resultados insatisfatórios em termos de aumento da produção das pastagens.

A calagem é uma prática agronômica muito utilizada na agricultura brasileira, devido à elevada acidez da maioria dos solos tropicais. Entretanto, o seu uso em pastagens tropicais ainda causa muita controvérsia (CANTARUTTI et al., 2004; MACEDO, 2004). Após revisarem a literatura sobre a prática da calagem em pastagens cultivadas na Amazônia, Veiga & Falesi (1986) concluíram que a aplicação de calcário como corretivo do solo em pastagens era prática desnecessária, e que as

respostas observadas, em alguns casos, a níveis baixos de calcário dolomítico, poderiam ser explicadas pelo atendimento das exigências das plantas em cálcio e magnésio. Embora esta revisão tenha sido feita há mais de 20 anos, as conclusões dos autores parecem estar em perfeita consonância com os resultados de pesquisas mais recentes realizadas tanto na Amazônia quanto em outras localidades do Brasil.

O presente capítulo tem como objetivo discutir as recomendações de calagem para pastagens cultivadas, com ênfase nas condições da região Amazônica. Para isso, será inicialmente analisado o processo tradicional de formação de pastagens na Amazônia e suas conseqüências para a fertilidade do solo. Em seguida, será revisada a literatura sobre a resposta de plantas forrageiras à calagem na Amazônia e em outras regiões do Brasil, e por fim, será feita uma comparação das principais recomendações de calagem para pastagens existentes no Brasil e sua aplicação prática no Estado do Acre.

2. O PROCESSO DE FORMAÇÃO DE PASTAGENS NA AMAZÔNIA

A conversão de florestas primárias em pastagens cultivadas na Amazônia ainda é realizada com uso do processo tradicional, que envolve a broca (corte da

vegetação fina) e derrubada das árvores de grande porte com uso de motosserra, seguido da secagem e queima da biomassa vegetal visando à limpeza da área para o plantio, podendo ou não haver retirada seletiva das árvores de valor comercial.

O semeio das forrageiras geralmente ocorre um mês após a queima da biomassa, sendo realizado manualmente ou com uso de avião agrícola. Na agricultura familiar, predomina o sistema em que a floresta é convertida inicialmente em roçados e, após um ou mais anos de cultivo, procede-se à formação da pastagem com semeio manual das forrageiras após a colheita da lavoura. Sánchez & Salinas (1981) e Serrão (1986) analisaram diversos estudos realizados no Trópico Úmido da América Latina, comparando o processo tradicional com processos mecanizados de preparo de área, envolvendo o uso de tratores de esteira de grande potência. Os autores concluíram que o processo tradicional é melhor do que os processos mecanizados para o futuro uso da área para fins agropecuários. Embora ambos proporcionem perdas de nutrientes e outras alterações ambientais, o processo tradicional é superior devido à importância da incorporação das cinzas ao solo e, principalmente, aos problemas de compactação e da remoção da camada superficial do solo, comuns nos processos mecanizados.

Os ecossistemas naturais de florestas nos trópicos úmidos são caracterizados por apresentarem grandes quantidades de carbono e nutrientes armazenados na vegetação, geralmente representando uma significativa proporção do estoque de nutrientes do ecossistema, principalmente em solos de menor fertilidade (JUO & MANU, 1996; KAUFFMAN et al., 1995).

O destino dos nutrientes contidos na biomassa florestal após o processo de derrubada e queima da vegetação já está relativamente bem caracterizado. Os estudos mostram que, inicialmente, parte dos nutrientes permanece armazenada na biomassa aérea não consumida pelo fogo (principalmente troncos e galhos grossos), que normalmente representa de 42% a 65% da biomassa aérea total da floresta primária. Estes nutrientes são posteriormente liberados lentamente, a partir da decomposição natural da biomassa, ou rapidamente, no caso da área ser submetida a novas queimadas (KAUFFMAN et al., 1995; GRAÇA et al., 1999; FEARNside et al., 1999; SAMPAIO et al., 2003).

Com relação aos nutrientes contidos na biomassa aérea efetivamente consumida pela queima da vegetação original, os estudos mostram que parte destes, é transferida para a atmosfera na forma gasosa

(volatilização) ou de partículas, e a outra parte é depositada sobre o solo na forma de cinzas e carvão. Já o estoque de nutrientes contido na biomassa de raízes da vegetação florestal, que geralmente representa um quarto da biomassa total, é liberado ao solo a partir da decomposição dessa biomassa (JUO & MANU, 1996; KAUFFMAN et al., 1995; 1998; FEARNside et al., 1999).

As perdas resultantes das transformações dos nutrientes contidos na biomassa aérea efetivamente queimada são significativas, principalmente para os nutrientes com menor temperatura de volatilização, como nitrogênio e enxofre. Em estudo realizado em florestas primárias do Pará e de Rondônia, as perdas de nutrientes para a atmosfera, resultantes da queima, representaram, em média, 50% do C, 60% do N, 43% do S, 17% do P e 7% do Ca e do K contidos na biomassa aérea (KAUFFMAN et al., 1995). Perdas ainda maiores foram registradas por Sampaio et al. (2003), em uma floresta aberta em Rondônia (**Tabela 1**). As perdas de P, K, Ca e Mg estão associadas, principalmente, ao movimento de partículas durante a queimada e a lixiviação e escoamento superficial após as primeiras chuvas, com o solo desprotegido. Depois da queimada, uma pequena parte dos nutrientes lançados à atmosfera acaba retornando ao solo pela ação da gravidade ou das chuvas. No estudo de Sampaio et al. (2003), as primeiras dez chuvas devolveram ao sistema quase 6% do Ca, 8% do Mg e 11% do K transferidos com o fogo para a atmosfera.

Apesar das perdas significativas de nutrientes durante a conversão de florestas primárias em pastagens, grande quantidade de nutrientes (principalmente cátions) permanece na área e é incorporada ao solo, geralmente produzindo grandes alterações nas suas propriedades químicas. Um dos estudos pioneiros demonstrando as transformações químicas que ocorrem no solo após a conversão de florestas primárias em pastagens na região amazônica foi realizado por Falesi (1976). Nesse estudo (**Tabela 2**) e em diversos outros realizados posteriormente (e.g. MORAES et al., 1996; MCGRATH et al., 2001; FERNANDES et al., 2002; MÜLLER et al., 2004), ficou demonstrado que a incorporação dos nutrientes contidos nas cinzas resultantes da queima da biomassa florestal proporciona aumento considerável do pH, das bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e dos teores de P disponível (fósforo inorgânico facilmente extraível) no solo. Além disso, o alumínio trocável do solo é praticamente neutralizado, a saturação por alumínio fortemente reduzida e a saturação por bases bastante elevada.

A redução da acidez do solo decorre da

liberação de nutrientes minerais na forma de óxidos e carbonatos, os quais possuem reação alcalina (VIRO, 1974, citado por MÜLLER et al., 2004). O aumento dos teores de P disponível no solo imediatamente após a conversão de florestas em pastagens também tem sido atribuído ao efeito indireto do aumento do pH do solo, que estimularia a mineralização (mediada por microrganismos) de fontes orgânicas de P e diminuiria a capacidade de adsorção de P do solo via redução da solubilidade de Al^{3+} e Fe^{3+} (SANCHEZ, 1976).

Como resultado desta melhoria das propriedades químicas do solo, há um favorecimento do crescimento das gramíneas semeadas durante a formação das pastagens na região (Figura 1), sendo esta a razão pela qual a calagem nesta etapa torna-se dispensável (VEIGA & FALESI, 1986).

3. ESTUDOS DE RESPOSTA DE FORRAGEIRAS À CALAGEM

As pesquisas sobre o uso de calcário em pastagens no Brasil têm sido abundantes desde a década de 1970, sendo que a maioria dos estudos foi feita em vasos (VILELA et al., 2007). Uma característica marcante destes estudos, especialmente aqueles conduzidos a campo, tem sido a resposta pouco expressiva das forrageiras à aplicação de calcário.

No Estado de São Paulo, Luz et al. (2002) avaliaram o efeito da calagem na recuperação de uma pastagem de *Panicum maximum* cv. Tobiata em processo de degradação, implantada em Latossolo Vermelho distrófico argiloso.

Os atributos químicos do solo (pH em $CaCl_2$, 4,1; Ca^{2+} , 0,9 cmolc/dm³; Mg^{2+} , 0,3 cmolc/dm³; saturação por bases, 15%; e por alumínio, 39%) evidenciavam a necessidade de aplicação de corretivo, já que esta cultivar de *P. maximum* é considerada exigente em fertilidade do solo (WERNER et al., 1996; ALVAREZ V. & RIBEIRO, 1999; VILELA et al., 1999). Entretanto, os autores verificaram que a gramínea não respondeu à aplicação de calcário para elevar a saturação por bases para 40% ou 60% (Tabela 3). Resultado semelhante tinha sido obtido em trabalho pioneiro de Werner et al. (1979), onde o Capim-colonião, também considerado exigente em fertilidade do solo, não respondeu à aplicação de 1.200 e 3.375 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico em pastagem já estabelecida (solo com pH em água 4,6),

embora tenha ocorrido elevação do pH e dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e redução do teor de Al^{3+} do solo com a calagem.

Na região dos Cerrados, Sanzonowicz et al. (1987) realizaram estudo com duração de 10 anos para avaliar o efeito residual da calagem em uma pastagem de *B. decumbens* estabelecida em Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, de textura argilosa, com saturação de alumínio inicial igual a 70%. A aplicação de calcário (0, 3 e 4,5 t ha⁻¹) não teve efeito significativo sobre a produção de matéria seca da gramínea, tanto no primeiro corte, realizado três meses após a formação da pastagem, quanto nos demais anos agrícolas em que a pastagem foi avaliada. A exceção foi o terceiro ano agrícola, quando os autores verificaram deficiência de magnésio nas parcelas que não receberam calcário na ocasião do estabelecimento. A aplicação de 50 kg ha⁻¹ de Mg ($MgSO_4$) em todas as parcelas fez com que não mais se observasse resposta positiva ao calcário.

Em Itabela, sul da Bahia, Cantarutti (1990) avaliou o efeito de cinco doses de calcário (0 a 3.500 kg ha⁻¹) para o estabelecimento de *Brachiaria decumbens* e *Pueraria phaseoloides* em um Ultisol¹ arenoso, de baixa fertilidade (Ca^{2+} 0,9 cmolc/dm³; Mg^{2+} 0,3 cmolc/dm³; saturação por bases, 14,6%; e por alumínio, 23,1%). Não houve resposta de nenhuma das forrageiras às doses de calcário utilizadas, apesar da baixa saturação por bases do solo. O autor considerou que o cálcio contido no superfosfato triplo aplicado (87 kg ha⁻¹ de CaO) poderia ter suprido as exigências das forrageiras com relação a este nutriente.

Na região Amazônica, estudos sobre o uso de calagem em pastagem foram conduzidos, principalmente em Rondônia e no Pará, nas décadas 1980 e 1990. Em um destes estudos, Costa et al. (1989) avaliaram a resposta da *Brachiaria humidicola* a doses crescentes de calcário (0 a 1.200 kg ha⁻¹) e fósforo (0 a 100 kg ha⁻¹ de P_2O_5) durante o estabelecimento de pastagens em Latossolo Amarelo, textura argilosa, fase cascalhenta (pH, 4,6; Ca^{2+} + Mg^{2+} , 0,85 cmolc/dm³; Al^{3+} , 2,4 cmolc/dm³), em Ariquemes, RO, e em Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa (pH, 4,2; Ca^{2+} + Mg^{2+} , 1,3 cmolc/dm³; Al^{3+} , 0,5 cmolc/dm³), em Vilhena, RO. As produções máximas estimadas para a *B. humidicola* nestes experimentos (Figura 2) foram obtidas com as doses de calcário de 1.000 kg ha⁻¹ (Ariquemes) e 1.200 kg ha⁻¹ (Vilhena). Entretanto, com apenas 400 kg ha⁻¹ de calcário

¹Ao longo deste trabalho, as classes de solo citadas serão aquelas descritas pelos autores dos trabalhos revisados. Devido às modificações na classificação de solos do Brasil ocorridas nos últimos anos, essas classes podem não corresponder às atualmente aceitas.

em Ariquemes e 700 kg ha⁻¹ em Vilhena, obtiveram-se 90% desse rendimento estimado. Resultados semelhantes haviam sido obtidos por Gonçalves et al. (1984), também em Rondônia, ao testarem doses crescentes de calcário dolomítico (0 a 18 t ha⁻¹) no crescimento da *Brachiaria humidicola*. Em Porto Velho (Latossolo Amarelo), a produção de forragem não foi incrementada além da dose de 600 kg ha⁻¹ de calcário, enquanto em Presidente Médici (Podzólico Vermelho-Amarelo) a produção máxima foi alcançada com a dose de 400 kg ha⁻¹ de calcário. Em Vilhena (Latossolo Amarelo), não foi obtida resposta à calagem.

Em estudo realizado em casa de vegetação, Guimarães (2000) analisou a resposta à calagem das gramíneas *Brachiaria humidicola*, capim-angola (*B. mutica*), Canarana-ereta-lisa (*Echinochloa pyramidalis*) e Canarana-verdadeira (*E. polystachya*), em dois solos da Ilha de Marajó, no Pará. Foi demonstrado que o benefício da calagem esteve estreitamente relacionado ao fornecimento de cálcio e em menor grau ao de magnésio, já que em todas as ocasiões em que a calagem interferiu significativamente na produção, 90% desta foram alcançados na primeira dose de calcário utilizada, situação em que os solos ainda apresentavam elevada acidez e altos teores de Altrocável.

A análise destes estudos de resposta de plantas forrageiras à calagem apresentados acima, e de tantos outros disponíveis na literatura, somente confirmam os resultados obtidos na Colômbia, em trabalho clássico apresentado por Spain (1982), onde se avaliou a resposta de 38 espécies de gramíneas e leguminosas forrageiras a quatro doses de calcário (0, 500, 2.000 e 6.000 kg ha⁻¹), resultando em níveis de saturação de alumínio de 90%, 85%, 60% e 15%, respectivamente.

Neste estudo, genótipos de diversas espécies forrageiras utilizadas em pastagens na Região Amazônica, tais como *Brachiaria decumbens*, *B. humidicola*, *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum*, *Pueraria phaseoloides*, *Desmodium ovalifolium* e outras, apresentaram excelente tolerância ao alumínio, todas se aproximando do rendimento máximo com as doses de 0 ou 500 kg ha⁻¹ de calcário.

Os resultados destes estudos demonstram claramente o elevado grau de adaptação à acidez do solo, apresentado pela maioria das espécies forrageiras utilizadas em pastagens cultivadas nas regiões tropicais do Brasil, especialmente na Região Amazônica. Níveis de alumínio trocável no solo que são considerados tóxicos para outras culturas, tais como milho e sorgo, bem como para espécies forrageiras pouco adaptadas a solos

ácidos, como a Leucena, são perfeitamente tolerados pelas espécies de *Brachiaria*, *Panicum*, *Paspalum*, *Andropogon*, *Pueraria phaseoloides*, *Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes*, *Arachis pintoi*, entre outras. Maiores detalhes sobre a adaptação de plantas forrageiras a solos ácidos podem ser obtidos na revisão de Rao (2001).

4. RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM PARA PASTAGEM

A Região Amazônica é carente de recomendações específicas para calagem de pastagens cultivadas e os principais manuais de recomendação de calagem para pastagens em outras regiões do Brasil adotam critérios que parecem não estar em consonância com os resultados das pesquisas (Cantarutti et al., 2004). Para o Estado de São Paulo, Werner et al. (1996) recomendam valores de saturação por bases a serem atingidas com a calagem variando de 40% a 80%, dependendo do agrupamento de plantas forrageiras quanto às exigências nutricionais. De modo geral, os valores recomendados para a manutenção são inferiores em 10% aos sugeridos para a fase de estabelecimento da pastagem. Em Minas Gerais (Alvarez V. & Ribeiro, 1999), as recomendações de calagem para a formação de pastagens sugerem valores de saturação por bases variando de 40% a 50% para as gramíneas e de 40% a 60% para as leguminosas, dependendo do nível de exigência. Para o método da neutralização do Al³⁺ e correção de Ca²⁺ e Mg²⁺, sugerem que os valores máximos de saturação por Al³⁺ tolerados pelas gramíneas variam de 20% a 30% e, para as leguminosas, de 15% a 25%. Os valores de X (função do requerimento de Ca e de Mg da espécie) variam de 1 a 2 cmolc/dm³ para as gramíneas, e de 1 a 2,5 cmolc/dm³ para as leguminosas. Com relação à calagem para manutenção, as recomendações são as mesmas, devendo apenas considerar a profundidade de incorporação natural na camada de 0 a 5 cm.

Para a formação de pastagens na região dos Cerrados, Vilela et al. (1999) recomendam elevar a saturação por bases do solo para 30% a 60%, também dependendo do grau de exigência nutricional da espécie. Com relação à calagem para manutenção, recomendam reaplicar calcário para corrigir a acidez resultante da aplicação contínua de fertilizantes nitrogenados e para devolver Ca e Mg ao solo. Essa deve ser feita quando a saturação por bases reduzir para 20% a 25% em áreas plantadas com espécies pouco exigentes e 30% a 35%

para as exigentes e muito exigentes.

Considerando que as principais forrageiras utilizadas nas regiões tropicais do Brasil apresentam considerável tolerância à acidez, e que mesmo as espécies consideradas exigentes em fertilidade do solo, muitas vezes não respondem à calagem realizada com base nestes critérios, fica evidente que as recomendações de calagem para pastagens no Brasil estão sendo superestimadas e pouco coerentes com os resultados de pesquisa. Parece que os critérios saturação por bases e saturação por alumínio máxima não são os mais adequados para fins de recomendação de calagem para plantas forrageiras adaptadas à acidez do solo. No caso da calagem para manutenção da produtividade das pastagens, visto que a resposta só ocorre em solos deficientes em Ca ou Mg, tudo indica que o critério mais adequado seria o monitoramento dos níveis destes nutrientes no solo, e não a saturação por bases ou a saturação por alumínio. Neste caso, a quantidade de calcário a aplicar, deveria ser suficiente apenas para corrigir as deficiências de Ca e Mg.

Fundamentando-se nestas evidências, a recomendação de calagem para pastagens no Acre considera que a aplicação de calcário só é necessária, em pequenas doses, para renovação ou manutenção de pastagens em solos deficientes em cálcio ou magnésio (ANDRADE et al., 2002). Ou seja, quando a análise de solo indicar que a soma dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis for inferior a $1,0 \text{ cmolc/dm}^3$ ou quando o teor de Mg^{2+} trocável for menor que $0,4 \text{ cmolc/dm}^3$, recomenda-se aplicar 200 kg ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT = 100%) visando suprir as deficiências destes nutrientes. Dois ensaios de adubação realizados em pastagens de *Brachiaria* spp. estabelecidos em Latossolos no Estado do Acre demonstraram o sucesso na aplicação prática desta recomendação.



Figura 1. Pastagem em formação pelo processo tradicional no Acre, 90 dias após o semeio das forrageiras (Foto: Carlos Mauricio Soares de Andrade).

O primeiro estudo foi realizado em uma pastagem formada há mais de 25 anos com um consórcio de *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha*, em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, visando identificar os nutrientes limitantes de sua capacidade produtiva (ANDRADE et al., 2004). Os principais resultados da análise de solo e as recomendações de necessidade de calcário (NC) por três diferentes métodos são apresentados na Tabela 4. O solo apresentava saturação por bases superior à recomendada para as duas Braquiárias no Estado de Minas Gerais (40% para a *B. decumbens* e 45% para a *B. brizantha*; Alvarez V. & Ribeiro, 1999), ou mesmo no Estado de São Paulo (40% para a *B. decumbens* e 50% para a *B. brizantha*; Werner et al., 1996), de modo que, baseado no método da elevação da saturação por bases, não haveria necessidade de aplicação de calcário. O mesmo ocorreu quando se utilizou o método da neutralização do Al^{3+} e correção de Ca^{2+} e Mg^{2+} , recomendado para o Estado de Minas Gerais, que adota como critérios, para as condições da pastagem estudada, valor máximo tolerado de saturação por Al^{3+} (mt) igual a 25% e teor mínimo de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ trocáveis (X) igual a $1,5 \text{ cmolc/dm}^3$. Como o solo estudado apresentava baixa saturação por alumínio (3,1%) e teor de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ trocáveis igual a $3,66 \text{ cmolc/dm}^3$, não haveria necessidade de aplicação de calcário na pastagem. Já pelo método recomendado pela Embrapa Acre (ANDRADE et al., 2002), haveria necessidade de aplicação de 200 kg ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT = 100%) visando à correção da deficiência de Mg no solo. A aplicação desta dose de calcário em cobertura, em adição a uma mistura NPK, elevou em 22% a taxa de acúmulo de matéria seca do pasto quando comparada à aplicação apenas de NPK (Figura 3), demonstrando que realmente havia necessidade de correção da deficiência de magnésio no

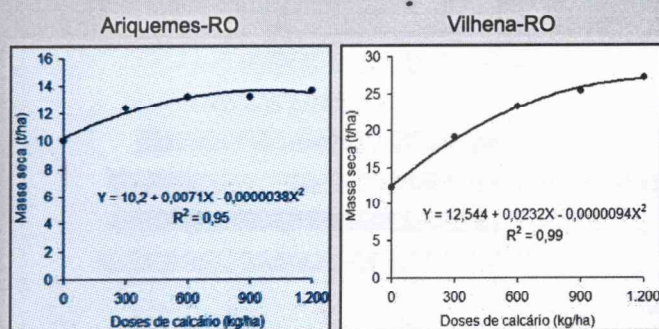


Figura 2. Resposta de *Brachiaria humidicola* a doses crescentes de calcário aplicadas durante a formação de pastagem em Ariquemes e em Vilhena, RO. Massa seca acumulada em seis cortes (Ariquemes) e sete cortes (Vilhena). Média de cinco doses combinadas de fósforo. Fonte: Adaptado de Costa et al. (1989)

solo para a recuperação da capacidade produtiva da pastagem.

O segundo estudo foi realizado em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* consorciada com *Arachis pintoi* cv. Belmonte, estabelecida há 14 anos em um Latossolo Vermelho-Amarelo, no Município de Senador Guiomard, AC (Andrade et al., 2005). Os principais resultados da análise de solo e as recomendações de necessidade de calcário por três diferentes métodos são apresentados na Tabela 5. Com base no método da saturação por bases, haveria necessidade de aplicação

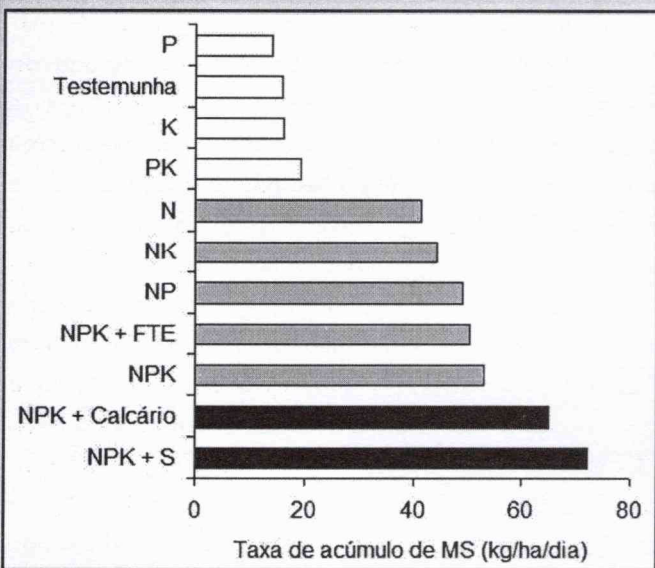


Figura 3. Resposta de pasto de *Brachiaria* spp. a diferentes combinações de fertilizantes no Acre. Tratamentos com barras de coloração semelhante representam agrupamentos pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Andrade et al. (2004).

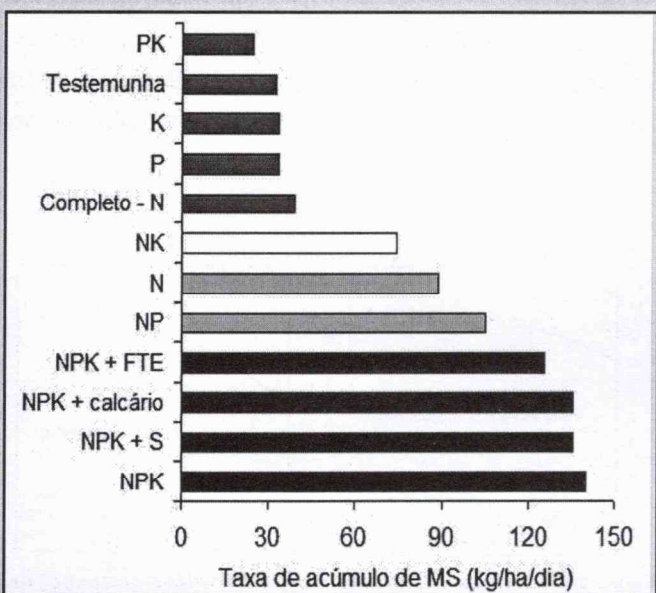


Figura 4. Resposta de pasto consorciado de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* cv. Belmonte a diferentes combinações de fertilizantes no Acre. Tratamentos com barras de coloração semelhante representam agrupamentos pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Andrade et al., 2005.

de quase 2 t ha⁻¹ de calcário para elevar a saturação por bases para o valor preconizado em Minas Gerais (45%). O uso dos demais métodos indicou que a calagem seria desnecessária neste solo, situação confirmada pelos resultados do ensaio de adubação realizado nesta pastagem (Figura 4). A aplicação de 300 kg ha⁻¹ de calcário em adição à adubação NPK não alterou a resposta do pasto em comparação à adubação NPK exclusiva, indicando que os teores de Ca e Mg no solo estavam em níveis adequados ao crescimento das forrageiras.

Tabela 1. Alterações na biomassa e perdas de nutrientes para a atmosfera após a queima de floresta tropical aberta em Rondônia.

	Biomassa -- t ha ⁻¹ --	N	P	K	Ca	Mg	S
		----- kg ha ⁻¹ -----					
Antes da queima	339,1	2.647,1	52,0	659,2	1.343,9	331,8	342,8
Depois da queima	216,0	691,1	43,2	448,3	1.062,3	175,3	158,6
Perdas	123,1	1.955,9	8,9	210,9	281,6	156,5	184,2
% de perdas	36,3	73,9	17,1	32,0	21,0	47,2	53,7

Fonte: Adaptado de Sampaio et al. (2003).

Tabela 2. Características físico-químicas de solos (0-20 cm) sob floresta natural e após a formação de pastagens em diversas localidades da Região Amazônica.

Ecosistema	Argila	MO	N	pH	Ca	Mg	V	m	P	K
	----- % -----	----- % -----	----- mg/dm ³ -----	---	cmol/dm ³	---	---	---	mg/dm ³	mg/dm ³
Latossolo Vermelho-Escuro (Barra do Garça-MT)										
Floresta	23	1,95	0,09	4,3	0,31	0,14	8	62	2,3	31
Pastagem em formação	11	1,37	0,07	5,8	1,70	0,63	50	4	8,6	74
Pastagem 1 ano	11	0,99	0,07	6,8	2,81	0,53	81	4	4,8	78
Podzólico Vermelho-Amarelo (Paragominas-PA)										
Floresta	10	1,17	0,05	4,2	0,19	0,11	9	70	3,0	20
Pastagem em formação	9	1,04	0,06	7,1	2,65	0,40	83	0	18,2	27
Pastagem 1 ano	7	1,04	0,05	6,7	1,95	0,36	74	0	9,3	70
Latossolo Amarelo (Paragominas-PA)										
Floresta	65	2,79	0,16	4,4	1,09	0,38	16	53	1,0	24
Pastagem em formação	48	2,04	0,09	6,5	6,70	0,83	76	0	10,0	31
Pastagem 3 anos	60	3,09	0,18	6,9	6,76	1,04	85	0	10,7	117

Fonte: Adaptado de Falesi (1976).

Tabela 3. Resposta de *Panicum maximum* cv. Tobiatã a doses de calcário aplicadas em pastagem estabelecida em Latossolo Vermelho, textura argilosa, em Pirassununga, SP.

Doses de calcário (t ha ⁻¹)	Saturação por bases (%)	Massa seca (kg hd) ⁽¹⁾	
		Calcário incorporado	Calcário superficial
0	15	9.277	7.693
2,36	40	9.130	7.883
4,25	60	8.896	8.756
Média		9.101	8.111

⁽¹⁾ Massa seca acumulada em cinco cortes (novembro a junho). Quantidade de nutrientes aplicados: 30 kg ha⁻¹ de N, 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 20 kg ha⁻¹ de K₂O.
Fonte: Adaptado de Luz et al. (2002).

Tabela 4. Características físico-químicas de Latossolo Vermelho-Amarelo na profundidade de 0-10 cm (Andrade et al., 2004) e necessidade de calagem (NC) determinada por diferentes métodos.

pH (H ₂ O)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	
4,8	cmol/dm ³			
	3,45	0,21	0,12	
CTC (t)	CTC (T)	Sat. bases (V)	Sat. Al (m)	Argila
(cmol/dm ³)			(%)	
3,83	7,47	49,6	3,1	11,5
Método de recomendação				NC (kg ha ⁻¹)
Elevação da saturação por bases (Ve = 45%)				0,0
Neutralização do Al e correção de Ca e Mg (mt = 25%; X = 1,5 cmol/dm ³)				0,0
Correção da deficiência de Ca ou Mg (Ca+Mg 1,0 cmol/dm ³ ; Mg 0,4 cmol/dm ³)				200,0

Tabela 5. Características físico-químicas de Latossolo Vermelho-Amarelo na profundidade de 0-10 cm (Andrade et al., 2005) e necessidade de calagem (NC) determinada por diferentes métodos.

pH (H ₂ O)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	
5,6	cmol/dm ³			
	1,18	0,49	0,0	
CTC (t)	CTC (T)	Sat. bases (V)	Sat. Al (m)	Argila
(cmol/dm ³)			(%)	
1,75	8,31	21,1	0,0	15,6
Método de recomendação				NC (kg ha ⁻¹)
Elevação da saturação por bases (Ve = 45%)				1.980,0
Neutralização do Al e correção de Ca e Mg (mt = 25%; X = 1,5 cmol/dm ³)				0,0
Correção da deficiência de Ca ou Mg (Ca+Mg 1,0 cmol/dm ³ ; Mg 0,4 cmol/dm ³)				0,0

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos convencionais de determinação da necessidade de calagem em pastagens cultivadas freqüentemente produzem resultados inadequados, seja subestimando a necessidade de aplicação de calcário em solos apresentando altos teores de Ca²⁺ e baixos teores de Mg²⁺, ou gerando recomendações exageradas (2 a 3 t ha⁻¹ de calcário) em situações em que doses moderadas de calcário (até 500 kg ha⁻¹) seriam suficientes para

assegurar boa produtividade da pastagem, mesmo em solos com elevada saturação por alumínio ou com saturação por bases considerada baixa. Essa é uma das razões pelas quais a prática da calagem é a mais controversa nas recomendações sobre o melhoramento da fertilidade do solo em pastagens, conforme análise recente de Macedo (2004).

De acordo com Cantarutti et al. (2004), os critérios para definição da necessidade de calagem para pastagens ainda fundamentam-se, seguramente, em alguns mitos. Tanto os valores de saturação por bases quanto os de saturação por Al ainda são conservadores diante da elevada tolerância a Al pelas plantas forrageiras, de modo geral. A saturação por bases do solo, calculada em relação a CTC a pH 7, tomada como referência para as estimativas da NC, é possivelmente outro mito, se for considerado que a planta responde à disponibilidade de Ca e Mg, independentemente do pH em que o solo se encontra.

Devido ao custo elevado do transporte, o preço da tonelada de calcário em algumas localidades da região Amazônica atinge valores três a quatro vezes superiores aos praticados no Brasil Central. Portanto, as estimativas da necessidade de uso de calcário para pastagens na Amazônia precisam ser ainda mais exatas do que no restante do Brasil. Além disso, sabe-se que o uso excessivo de calcário pode causar desequilíbrios nutricionais nas plantas e aumentar a oxidação da matéria orgânica do solo, conseqüentemente, aumentando a emissão de CO₂ para a atmosfera e diminuindo a sustentabilidade dos solos tropicais, sabidamente dependente da matéria orgânica do solo (CANTARUTTI et al., 2004). Outra conseqüência negativa do uso de doses excessivas de calcário é a dispersão da argila do solo, contribuindo para o adensamento e formação de camadas de impedimento, conforme comentado por Prado (2003).