

EVOLUÇÃO NA RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZAÇÃO DE SOLOS SOB PASTAGENS: EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO PECUÁRIA

Patrícia Perondi Anchão Oliveira¹; Alberto Carlos Campos Bernardi¹; Teresa Cristina Alves¹; André de Faria Pedroso¹

¹ Pesquisadores da EMBRAPA Pecuária Sudeste – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, São Carlos, SP.

INTRODUÇÃO

O agronegócio nacional responde por importante parte da economia brasileira, representando 25,4% do PIB brasileiro, sendo que somente a pecuária respondeu por 7,5% do PIB no ano de 2008 (CEPEA, 2010). A produção pecuária brasileira, além de atender ao mercado interno, ainda vem contribuindo muito para a estabilização econômica e social do país, revestindo o setor de grande importância. O Brasil se consolidou nas últimas décadas como o detentor do maior rebanho comercial do mundo e se destaca no cenário mundial com as exportações de carne, sendo esperado para os próximos anos aumento significativo na produção de carne, tanto de ruminantes quanto de monogástricos (BRASIL - AGE/MAPA).

O rebanho pecuário brasileiro usufrui de grande conforto animal, sendo basicamente alimentado em seu ambiente natural, pois tem como sua principal fonte de alimento as pastagens, que ocupam grande extensão de área, aproximadamente um quarto do território nacional (IBGE, Censo Agropecuário 1970/2006).

Boa parte da evolução do setor pecuário brasileiro se deve às melhorias ocorridas nas pastagens, sendo que nas últimas quatro décadas houve um avanço muito grande da forma como as pastagens são tratadas dentro dos sistemas de produção, sendo em alguns casos tratada como uma cultura agrícola. Alguns exemplos dos avanços ocorridos foram a adoção de pastagens cultivadas, o aumento da lotação animal, e o ganho incremental na produção de produtos pecuários por área devido à melhoria da qualidade das pastagens.



Em 1970 a área ocupada por pastagens naturais era de 124,4 milhões de hectares e a de pastagens cultivadas era de 29,7 milhões de hectares, em 2006 a situação já era invertida e as pastagens cultivadas ocupavam 101,4 milhões de hectares, enquanto as nativas ocupavam apenas 57,3 milhões de hectares. Com relação à lotação animal das áreas de pastagens, em 1970, esse índice era de 0,51 cab/ha, enquanto em 2006 o valor dobrou atingindo 1,1 cab/ha. Em termos de produção de leite vemos que a melhoria na alimentação do rebanho, em especial nas pastagens, ajudou a aumentar a produção nacional, uma vez que na comparação entre os anos de 1980 e 2010, enquanto a produção de leite para cada vaca por ano dobrou de 676 litros para 1.340 litros; consequência de ganhos incrementais em fatores associados como o melhor manejo, sanidade e melhoramento genético; a produção nacional de leite triplicou de 11,162 para 30.715 milhões de litros de leite por ano, com aumento de apenas 38% de vacas ordenhadas e queda de 6 milhões de hectares na área de pastagens, refletindo todo o trabalho na melhoria das áreas de pastagens brasileiras. Fonte: IBGE, Censo Agropecuário (1970/2006).

Apesar todos os avanços realizados já citados anteriormente, o potencial de aumento de produção e produtividade das pastagens ainda é muito alto em relação à situação atual brasileira, podendo contribuir em muito com o crescimento do agronegócio brasileiro de forma sustentável. Sabendo desse potencial, associado à necessidade crescente de recuperação das áreas de pastagens degradadas para melhoria das condições ambientais e disponibilização de área para a produção de alimentos e energia, e à impossibilidade de desmatamento e abertura de novas áreas de fronteiras pelo Novo Código Florestal, o uso intensivo e o melhor manejo das pastagens tornam-se imprescindíveis, sendo tema de destaque os aspectos relacionados com a fertilização.

Quer seja pela pujança de área ocupada, quer seja pela importância econômica da pecuária para o país ou pelo problema ambiental da degradação das mesmas, as pastagens são hoje consideradas tema de políticas públicas, contempladas inclusive no Programa ABC (Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às



Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – Plano ABC, 2013). E mais uma vez, para que as pastagens possam atender aos desafios ambientais, sociais e econômicos, respeitando o tripé da sustentabilidade, novamente a fertilização de pastagens torna-se tema relevante e propulsor de todos esses quesitos. Nunca os critérios para recomendação da correção e fertilização do solo sob pastagens foram tão importantes como na atualidade, sendo necessários avanços na fronteira do conhecimento para usá-los de forma a contribuir ambientalmente e economicamente em favor da sociedade de maneira geral.

Potencial de produção e extração de nutrientes pelas pastagens, reciclagem e perdas de nutrientes dos sistemas pastoris.

Os sistemas intensivos de produção de leite que têm como base da alimentação o uso de pastagens caracterizam-se pela alta produção por unidade de área e podem alcançar mais de 20.000 litros de leite/ha.ano e mais de 750 Kg de ganho de peso vivo/ha.ano. Na época em que a precipitação e a temperatura não são limitantes, lotações da ordem de 10 unidades animais (UA)/ha são facilmente obtidas, havendo relatos de mais de 20 UA/ha.

As espécies forrageiras usadas nesses sistemas possuem alto potencial de produção de forragem e são as responsáveis pela alta lotação animal e pela alta produção de leite e carne por unidade de área. Como consequência da elevada produção de forragem, essas pastagens possuem alta capacidade de extração de nutrientes do solo (Tabela 1). Além disso, como regra, a extração de nutrientes do solo pela forrageira é proporcional ao rendimento obtido (Rodrigues & Reis, 1994). Isso faz com que o sucesso da exploração seja condicionado à mudança na atitude do produtor, que deve desenvolver nova visão a respeito da pastagem, a qual passa a ter conotação de cultura agrícola. Nos sistemas intensivos de pastagem, com alta lotação, entre 8 e 10 UA/ha, a aplicação de fertilizantes chega a ser maior do que nas culturas mais produtivas de soja ou de milho.

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

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

¹Gramíneas, exceto coastcross, cortadas a cada 60 dias e adubadas com 448 kg.ha⁻¹ de N; 72 kg.ha⁻¹ de P e 448 kg.ha⁻¹ de K, aplicados em seis doses iguais. Calagem efetuada para obter pH = 6,0. Para o coastcross, cortes a cada 24 dias, adubadas com 500 kg.ha⁻¹ de N; 43,7 kg.ha⁻¹ de P e 580 kg.ha⁻¹ de K

² MS = matéria seca.

Fonte: ³Adaptado de Vicente-Chandler et al. (1974) por Rodrigues & Reis (1994). ⁴ Primavesi, et al. (2004).

Apesar de muitos trabalhos considerarem a pastagem um sistema conservacionista, com alta reciclagem e pequena exportação dos nutrientes pelos produtos animais, numa análise mais profunda é possível verificar que existem vários eventos na pastagem, que limitam a reciclagem efetiva dos nutrientes, como o hábito de pastejo dos animais e quantidade estocada de nutrientes no ecossistema (Monteiro & Werner, 1989; Braz et. al, 2002).

A despeito de a maior parte dos nutrientes consumidos das pastagens não serem retidos em produtos animais e serem eliminados na forma de excrementos, podendo haver reciclagem da ordem de até 90% (Braz et.al, 2002), nas pastagens há a



interferência dos animais na manutenção da fertilidade do solo provocando perdas significativas dos nutrientes ingeridos, em consequência da deposição errática das dejeções e da elevada concentração de elementos minerais nestas (Corsi e Martha Júnior, 1997), depositados em um único ponto da área da pastagens e muitas vezes com sobreposição de deposição de dejetos (Haynes & Williams, 1993). Quando ocorre a concentração de elementos minerais nos pontos de dejeção, as perdas de nutrientes passam a ser favorecidas, como por exemplo, as perdas nitrogenadas por volatilização e desnitrificação, ou a imobilização de nutrientes no solo.

Por causa da distribuição errática dos dejetos animais e consequentes perdas de nutrientes, além do potencial de produção e a extração de nutrientes pela pastagem, para se alcançar sucesso na correção e fertilização do solo sob pastagem, deve-se considerar também a ciclagem de nutrientes nos sistemas sob pastagens, conhecendo as perdas e ganhos de nutrientes que ocorrem nos sistemas de produção. A análise desses processos exige um olhar integrado para os quatro compartimentos dos sistemas de produção: solo-planta-animal e atmosfera e não mais para os dois ou três primeiros compartimentos, como ocorria no passado. Na Figura 1, alguns exemplos dos processos que podem ocorrer na ciclagem de nutrientes em pastagens, que mostram a complexidade do tema.

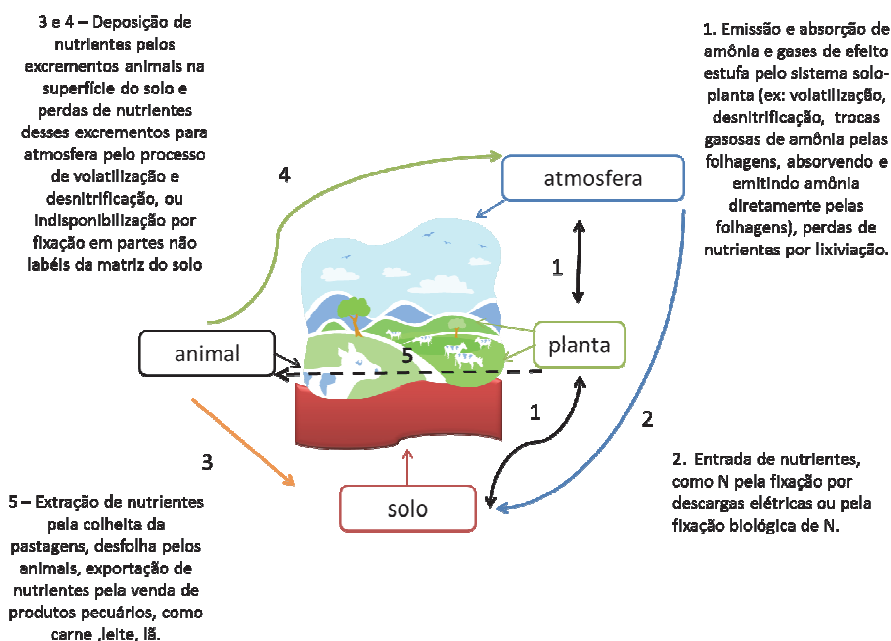


Figura 1 - Os quatro compartimentos de ecossistemas de pastagens (solo, planta, animal e atmosfera) e exemplos de processos que ocorrem na ciclagem de nutrientes.

A associação de todos esses fatores como critérios para a recomendação da calagem e fertilização torna o trabalho bastante complexo, necessitando de evolução de ferramentas que possam ajudar a interpretar, prever e quantificar todos os processos de ganhos, perdas e trocas de nutrientes que ocorrem entre os compartimentos solo-planta-animal-atmosfera, além de necessitar de critérios para checagem da adequação do que está sendo recomendado frente à necessidade dos sistemas de produção. A recomendação de calagem e fertilização deve ser sustentável, garantindo que as pastagens produzam em quantidade e qualidade para garantir bom desempenho animal, minimizando os impactos



ambientais, evitando perdas de nutrientes, pois essas perdas nada mais são do que fonte de poluição.

Neste contexto, as análises de solo anuais, tradicionalmente recomendadas, associadas à análise foliar e às ferramentas de recomendação e checagem de correção e fertilização do solo, tornam-se fundamentais para um programa de correção e fertilização do solo.

Com a evolução da recomendação da fertilização em pastagens, devem ser consideradas as melhores práticas de fertilização, evitando erros grosseiros, nos programas de correção e fertilização dos solos sob pastagens. Quando esses erros são cometidos há prejuízos técnicos, econômicos, e até ambientais, que comprometem a sustentabilidade dos sistemas de produção. No passado, esses erros mais comuns, levaram de certa forma ao descrédito do uso de corretivos e fertilizantes em pastagens. Alguns exemplos deles estão abaixo listados:

1. Não realizar amostragem e análise de solo.
2. Usar fertilizantes, sem verificar a necessidade da calagem.
3. Recomendar as doses de fertilizantes, principalmente N, sem considerar a lotação animal pretendida.
4. Corrigir e fertilizar pastagens e fornecer para animais de genética comprometida, que não ganham peso ou produzem leite.
5. Aduar pastagens, principalmente com nitrogênio, e não possuir número de animais suficiente para consumir a forragem produzida. A sobra de forragem irá senescer e perderá qualidade.
6. Não monitorar os fatores climáticos, especialmente precipitação e temperatura mínima, como critérios do momento correto de realizar a correção e fertilização dos solos.
7. Não consultar um bom profissional para realizar as recomendações de fertilização.



CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E RECOMENDAÇÃO DE CORRETIVOS

Em pastagens, durante muito tempo, a recomendação da calagem foi um assunto polêmico devido às dúvidas existentes acerca de sua necessidade para pastagens tropicais e também pelo fato de ser aplicada na superfície do solo. Entretanto, com os novos conhecimentos sobre o caminhamento dos nutrientes em profundidade e com a adoção de fertilização nas áreas intensivas, novos conceitos foram sendo criados e a calagem passa a ser técnica rotineira tanto na formação e na recuperação quanto na manutenção de áreas de pastagens, tendo papel relevante na eficiência e sustentabilidade das pastagens.

A acidez do solo afeta o crescimento das plantas de várias formas, inclusive do sistema radicular (Oliveira et al., 2003), e diminui a eficiência de uso da água e de nutrientes aplicados por meio de fertilizantes. Apesar de algumas espécies de pastagens serem tolerantes às condições de solo ácido, notadamente as do gênero *Brachiaria*, isso não significa que elas apresentem sua máxima produção nessas condições (Oliveira et al., 2008).

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



dependendo da dose de calcário aplicada, à considerável lixiviação de cálcio e de magnésio, o que diminui a toxidez de alumínio, de ferro e de manganês, abaixo da camada de incorporação. Cuidados devem ser tomados para que o pH não alcance valores superiores a 6,5 – 7,0 pois nesses níveis a disponibilidade de alguns micronutrientes (com exceção do molibdênio e do cloro) será bastante comprometida (PENATI e CORSI, 1999). Entretanto, em solos tropicais sob pastagens é raro encontrar valores excessivamente altos de pH, mesmo realizando-se calagem com frequência, desde que embasada em recomendações técnicas (Oliveira, et. al, 2008) .

Tais efeitos podem ser observados para pastagens de *Brachiaria decumbens*, nas Figuras 2 e 3, obtidas em Oliveira et. al, 2003.

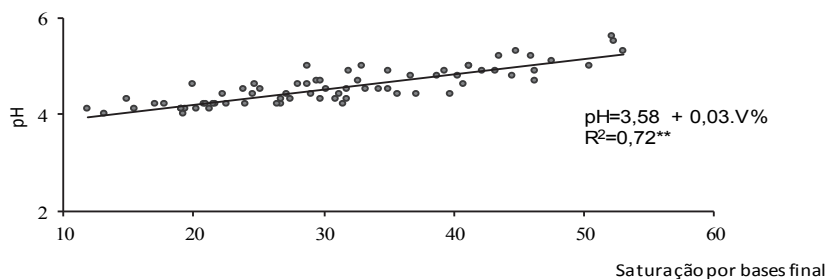


Figura 2 - Saturação por bases no fim do segundo ano e pH (CaCl₂) no solo, na profundidade de 0 a 30 cm.

Fonte: Oliveira et al. (2003).

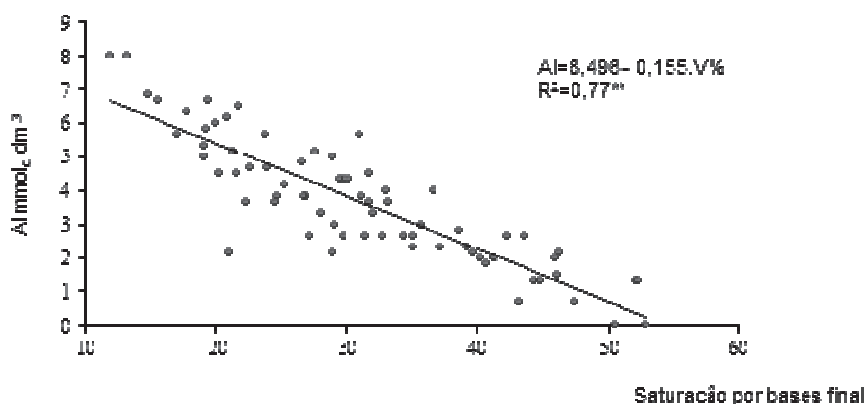


Figura 3 - Saturação por bases no fim do segundo ano e concentração de Al trocável no solo, na profundidade de 0 a 30 cm.

Fonte: Oliveira et al. (2003).

Em sistemas de manejo intensivo de pastagem, em que as doses de fertilizantes usadas são elevadas, o papel da calagem é bastante distinto dos sistemas extensivos, em que as doses de fertilizantes aplicados são mínimas (Oliveira, et. al., 2008). A calagem nos sistemas intensivos é importante para garantir a máxima eficiência de uso dos nutrientes dos fertilizantes aplicados (Tabela 2) e para reverter a acidificação dos solos ocasionada pelo uso dos fertilizantes químicos, especialmente os nitrogenados (Tabela 3) (Oliveira, et. al, 2008).

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

O fato de a calagem aumentar a eficiência de uso de fertilizantes, evitando perdas e promovendo o uso mais racional dos nutrientes a tem enquadrado como um mecanismo de



desenvolvimento limpo (MDL), conceito empregado em sistemas sustentáveis e produção.

Tabela 2 - Estimativa da variação percentual de assimilação dos principais nutrientes pelas plantas em função do pH do solo

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

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

Tabela 3 - Equivalentes de acidez ou de alcalinidade dos principais fertilizantes

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

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

Resultados positivos da calagem em pastagens manejadas intensivamente com uso de fertilizantes foram observados por



Oliveira et al. (2007), que avaliaram por dois anos o efeito residual de fontes de fósforo na presença ou na ausência de calcário para elevar a saturação por bases a 70% sobre a recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu estabelecida em Neossolo Quartzarênico, com $2 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ de Ca, $1 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ de Mg, saturação por bases de 7% e de alumínio de 76%. Quando se suprimiu a fertilização fosfatada, para verificar o efeito residual das fontes de fósforo, houve resposta significativa da calagem, com aumento da produção de forragem de $9,78 \text{ t}.\text{ha}^{-1}$ para $11,36 \text{ t}.\text{ha}^{-1}$. Além disso, a calagem promoveu aumento do teor de P na planta durante o período da seca. No solo, ao fim de dois anos, houve aumento do teor de Ca até a profundidade de 30 cm, queda no teor de alumínio até 10 cm e na saturação por alumínio até 30 cm nos dois experimentos e aumento no teor de Mg até 10 cm no experimento com supressão de P e até 30 cm no experimento com adição de P. Houve aumento da saturação por bases até 30 cm de profundidade, apesar de os valores serem aquém dos 70% pretendidos.

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

Um ponto interessante a se observar é o comportamento da resposta ao uso exclusivo de calcário em pastagens degradadas. Quando o sistema está muito degradado e o solo bastante exaurido, a resposta à calagem pode não existir (OLIVEIRA et al., 2003), mas quando existe alguma fertilidade (OLIVEIRA et al., 1999) apenas a calagem pode produzir aumentos de produção de forragem da ordem de $1,5 \text{ t}.\text{ha}^{-1}$ de matéria seca (MS) por ano (Figura 4). Tal efeito se deve à capacidade do calcário para colocar nutrientes em



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

Mesmo considerando as flutuações no preço da arroba do boi e no preço do calcário, as diferenças de produção de forragens observadas nesse experimento, se convertidas em produção de carne, tem proporcionado retorno entre R\$ 2,00 e 3,00 em produto pecuário para cada R\$ 1,00 investido em calcário, garantindo a sustentabilidade econômica dos sistemas de produção.

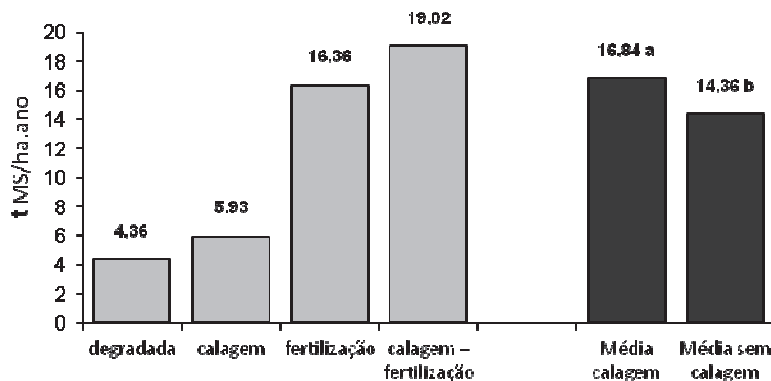


Figura 4 - Produção de forragem (20 cm acima da superfície do solo e média de dois anos), em diferentes tratamentos aplicados em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* degradada estabelecida em Nitossolo eutrófico.

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

Fonte: Oliveira et al. (1999).

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

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

Em pastagens manejadas intensivamente ou quando a situação das pastagens permitir a sua recuperação, o calcário deve ser aplicado na superfície do terreno sem incorporação (grades,



subsoladores, arados, etc.) para não prejudicar o sistema radicular da planta (Oliveira et al., 2003). Quando a situação exigir a reforma do pasto, o calcário deve ser incorporado a pelo menos 20 cm de profundidade. Caso a incorporação seja mais profunda, será necessário aumentar a quantidade de calcário em função da profundidade da incorporação (Penati e Corsi, 1999).

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

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

Em relação à qualidade do calcário dois pontos são bastante discutidos entre os extensionistas, o PRNT do calcário e a relação Ca:Mg, pois dependo da localização geográfica da propriedade agrícola, o uso de determinado tipo de calcário com PRNT mais alto acaba impactando economicamente a decisão quanto à qualidade do calcário. Mas essa é uma decisão que se deve tomar com critérios



técnicos, podendo inclusive ser usado calcário de qualidade inferior, desde que tomadas as medidas para uso adequado do mesmo.

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

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

Entretanto existem situações em que não há disponibilidade de calcário de alto PRNT de forma econômica, sendo necessário o uso de calcário de menor PRNT em maior quantidade. Oliveira et al. (2003) avaliaram durante dois anos, em um Neossolo Quartzarênico, a resposta da calagem na *Brachiaria decumbens* realizada com calcário dolomítico de diferentes PRNTs de 55, 70 ou 90; a diferença entre os PRNTs era devida apenas ao grau de moagem, não variando a qualidade da rocha de origem do calcário. Tanto no primeiro quanto no segundo ano não houve diferença ($P \leq 0,05$) na produção de forragem. A ausência de resposta explica-se pelo fato de que no cálculo da dose de calcário (RAIJ, 1991) considerou-se o PRNT como coeficiente de correção, fazendo com que as diferenças dos calcários fossem minimizadas para o mesmo nível de saturação por bases pretendida. Além disso, o tempo decorrido entre a aplicação do calcário e a primeira adubação de cobertura foi superior a três meses. Entretanto, a maior dose de calcário, em consequência do menor PRNT testado, possibilitou a produção de maior massa de raízes e a correção da deficiência de Mg.



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

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

MACRONUTRIENTES

Potássio

Nos solos da região tropical, na maioria das vezes, os teores de K são baixos (normalmente inferiores a $1,5 \text{ mmolc}\cdot\text{dm}^{-3}$), tornando necessária a complementação desse nutriente com fertilizantes para possibilitar produtividades sustentáveis. E o principal fertilizante com K utilizado no Brasil é o KCl, que contém aproximadamente 60 % de K_2O (ANDA, 2008).



O K do solo é formado pelo K em solução (prontamente disponível), K trocável, K não trocável (fixado) e o K estrutural (constituente de minerais primários e secundários do solo). O suprimento de K para as plantas advém da solução e dos sítios de troca dos colóides do solo, que estão em equilíbrio com o K não trocável e com o K estrutural dos minerais. O teor trocável é a principal fonte de reposição do K para a solução (Nachtigall & Raij, 2005, Benites et al., 2010).

O K desempenha diversas funções metabólicas e estruturais na planta, sendo essencial no processo fotossintético. Quando deficiente, a fotossíntese diminui e a respiração aumenta, condições que reduzem o suprimento de carboidratos para as plantas impedindo inclusive a incorporação eficiente do N (Marschner, 2002). É o segundo elemento mais absorvido pelas plantas e as quantidades absorvidas interferem no potencial de produção de matéria seca.

Em sistemas pecuários intensivos, a adubação potássica é de grande importância, em função da grande extração pela maioria dessas espécies, associada às baixas reservas do nutriente em solos tropicais muito intemperizados (Bernardi et al., 2013). O suprimento de potássio varia em função da forma que se encontra no solo, da sua quantidade e do seu grau de disponibilidade nas diferentes formas, bem como das características físicas que afetam sua condução, através da solução do solo até a superfície da raiz. Como a reserva mineral deste macronutriente nos solos tropicais, em geral é baixa, e insuficiente para suprir as quantidades extraídas pelas plantas forrageiras, sua reposição ao solo deve ser feita por meio da adubação (Bernardi et al., 2012; Bernardi, 2013).

O manejo da adubação potássica, com relação às doses e modos de aplicação deve ser considerado, devido ao alto potencial de perdas por lixiviação que alguns solos podem apresentar, em especialmente os de textura arenosa e baixa CTC (Benites et al., 2010). Devido à possibilidade de lixiviação com as altas doses de K empregadas nos sistemas intensivos de manejo de pastagem, recomenda-se parcelar a adubação potássica juntamente com as coberturas nitrogenadas. Tal prática, além de evitar as perdas por



lixiviação, promove ainda aumento na produção de forragem e melhora a eficiência do uso de N, quando a fonte de fertilizante nitrogenado empregada é a uréia. Considera-se que, em condições adequadas de umidade e temperatura, a eficiência da adubação potássica esteja entre 70 a 80%.

O principal critério para recomendação de adubação deve ser a disponibilidade de K trocável no solo. Apesar de alguns trabalhos indicarem que as forrageiras podem utilizar as formas não-trocáveis de K no solo, estas formas não são detectadas pelos métodos de análise de rotina (Bernardi, 2013). Para efeitos práticos de cálculo, considera-se que 100 kg/ha de K_2O elevam o teor de K no solo em $1 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$. As doses de K devem ser calculadas com base na análise de solo e na textura, para elevar os teores do nutriente a 4% da CTC.

Fósforo

O uso de adubação fosfatada é recomendado em várias ocasiões e atende a vários objetivos no manejo de fertilização das pastagens. A eficiência dos fertilizantes fosfatados depende, principalmente, da minimização das perdas por erosão e por fixação, embora este último processo não seja totalmente irreversível (Lopes e Guilherme, 2000). A fixação do fósforo é mais intensa nos solos com as seguintes características: alto teor de argila, predomínio de argilas que contenham óxido de ferro ou óxido de alumínio ou do tipo goetita e gibsita, baixo teor de matéria orgânica, baixo pH e baixo teor de fósforo (PENATI e CORSI, 1999).

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

A adubação corretiva, chamada de fosfatagem, tem por objetivo a correção do teor de fósforo no solo e a ocupação dos sítios de fixação; ela é realizada normalmente antes da última gradagem niveladora, na área total e de forma incorporada. A adubação de plantio tem por objetivo acelerar o estabelecimento da planta após a germinação da semente; ela é realizada por ocasião



do plantio com a aplicação do fertilizante próximo das sementes ou das mudas. A adubação de manutenção tem por objetivo repor o fósforo extraído pela cultura, para manter nível adequado de P no solo; ela é aplicada na superfície do solo, na área total. Essas adubações podem ser realizadas isoladamente ou não.

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

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

Quando os teores de fósforo disponível no solo forem muito baixos, no início de trabalhos de pastejo intensivo de capim-elefante, recomenda-se elevar esse teor para cerca de 10 mg.dm⁻³ (Corsi e Nussio, 1994). A recomendação de valor menor se deve a questões



econômicas, não havendo nenhum impedimento técnico em utilizar os valores de 20 mg.dm^{-3} .

Segundo Corsi e Nussio (1994), para incrementar 1 mg.dm^{-3} de fósforo em 20 cm de profundidade, é necessário aplicar $9,3 \text{ kg.ha}^{-1}$ de P_2O_5 (50 kg.ha^{-1} de superfosfato simples), considerando a eficiência do processo em 50%. O valor da eficiência pode ser alterado em função do modo de aplicação e dos aspectos químicos e físicos do solo que interferem no processo da fixação.

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

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

Monteiro e Werner (1977), citados por Penati e Corsi (1999), em experimento estabelecido em Argissolo Amarelo distrófico (Podzólico vermelho-amarelo) com teor muito baixo de fósforo,



verificaram que esse elemento foi indispensável ao adequado estabelecimento do capim-colonião, enquanto no pasto já formado a aplicação do superfosfato simples ($500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) resultou em aumento de 20% na produção anual de matéria seca. Em ambos os casos, o teor de fósforo na planta foi significativamente incrementado pela adubação fosfatada.

Outro exemplo que demonstra a importância da adubação fosfatada durante o plantio são os resultados de Gagliardi Neto (1980), citado por Zimmer et al. (1994). Esse pesquisador testou o efeito da adubação fosfatada ($100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5) no plantio de *Brachiaria decumbens* em dois tipos de solo (54% e 76% de areia) e em três profundidades (0, 2 e 4 cm). Independentemente da profundidade e do tipo de solo, a produção do sistema radicular e da parte aérea nos tratamentos que receberam adubação foram superiores àquela dos tratamentos sem adubação.

Considerando a escassez de fósforo no planeta e a necessidade de adotarmos práticas sustentáveis, deve-se evitar o uso de rochas fosfatadas de baixa solubilidade sem prévio tratamento visando aumentar sua eficiência de uso, pois isso concorre para o desperdício de recursos naturais.

Com relação às fontes de fertilizantes fosfatados no sistema intensivo de manejo de pastagens são indicadas os superfosfatos, o termofosfato e os fosfatos de rocha solúveis. Recomenda-se para pastagens estabelecidas em solos com teores muito baixos de fósforo o uso de fontes prontamente solúveis, como o superfosfato simples e o superfosfato triplo; o primeiro possui a vantagem de também fornecer enxofre para as plantas. Nos solos com teores melhores de fósforo, a associação de fontes solúveis com diferente velocidade de disponibilização de fósforo também pode ser interessante por fornecer fósforo em diferentes épocas. Oliveira et al. (2007), em dois experimentos, durante dois anos, para avaliar a resposta de um sistema solo-pastagem pobre em fósforo a fertilizantes fosfatados com diferente velocidade de solubilização (superfosfato simples, superfosfato triplo e termofosfato magnésiano), associados ou não à calagem, verificaram que a associação de fertilizantes pode ser vantajosa porque as adubações



com superfosfato resultaram em maior produção no primeiro ano, enquanto o termofosfato promoveu maior produção de forragem quando se suprimiu a adubação fosfatada no segundo ano.

Enxofre

O Enxofre (S) é um macronutriente importante para o metabolismo da planta e crescimento, pois é componente de aminoácidos e outros compostos orgânicos (Marschner, 2002). A extração de enxofre em plantas forrageiras pode ser em torno de 50 kg.ha⁻¹ por ano de S, considerando-se o rendimento de 20 t.ha⁻¹ por ano de matéria seca e concentração de S na parte aérea de 2,5 g.kg⁻¹ (Werner et al. 1996). Como o enxofre tem uma demanda menor que o nitrogênio, muitas vezes não tem sido dado a devida atenção na adubação de pastagens (Monteiro et al., 2004). No Brasil, como resultado do uso constante de fertilizantes NPK concentrados, além de alguns fatores edáficos e climáticos, o enxofre tornou-se um nutriente limitante para o desenvolvimento da planta. Em muitos casos, no sistema de manejo intensivo de pastagens, a baixa resposta à adubação nitrogenada pode estar associada a baixos níveis de S no solo (Cunha et al., 2001; Mattos & Monteiro, 2003, Oliveira et al., 2005; Bonfim & Monteiro, 2006).

Monteiro et al. (2004) sugeriu que a adubação de enxofre para gramíneas deve ser recomendada quando estas receberem altas doses de N. Stevens (1985) enfatizou que o N e o fornecimento de enxofre estão diretamente relacionados e devem estar em tecidos vegetais em proporções e quantidades adequadas para a síntese de proteína ideal. A relação N: S representa um importante índice de avaliação do estado nutricional, uma vez que se mantém constante em diferentes fases de desenvolvimento gramíneas (Vitti & Novaes, 1986). De acordo com Scott (1983) para garantir o adequado desenvolvimento de plantas forrageiras os relacionamentos devem ser em torno de 16,5:1.



MICRONUTRIENTES

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

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

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

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



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

O estudo dos micronutrientes em pastagens é importante não só para a nutrição mineral da planta como para a nutrição dos animais que irão se alimentar da forragem (GUPTA et al., 2001). A correta fertilização com micronutrientes proporciona animais saudáveis, com condições excelentes de produção e reprodução, podendo inclusive concorrer para diminuir o consumo de suplemento mineral.

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

NITROGÊNIO

O nitrogênio é um nutriente muito importante nos sistemas de produção de pastagens manejados intensivamente, tanto pelo seu custo quanto pela quantidade utilizada, sendo a aplicação de nitrogênio ferramenta fundamental para incrementar a produção da pastagem.

O aumento da disponibilidade de N atua sobre a atividade fotossintética da planta, na mobilização de reservas fisiológicas (C e N) logo após a desfolha; no ritmo de expansão da área foliar; no peso e número de perfilhos (Martha Júnior et al., 2004) induzindo o seu crescimento. Produções de pastagens variando entre 5 a 89,2 kg MS.kg de N⁻¹ aplicado foram registradas por Balsalobre et al. (2002), indicando que a resposta das plantas à fertilização nitrogenada é



variável e dependente da ação de fatores edafoclimáticos e relativos à planta. Sendo assim, esse nutriente é grande responsável pelos incrementos em produção de massa, que permitem ofertar aos animais quantidade de forragem em qualidade suficiente para manter alta lotação animal por unidade de área com produções elevadas, uma das principais características dos sistemas de manejo intensivo de pastagem.

A resposta de pastagens tropicais ao uso de fertilizantes nitrogenados pode ser linear, quadrática ou simplesmente não haver resposta, dependendo de alguma limitação dos fatores edafoclimáticos e de natureza fisiológica da espécie forrageira usada ou mesmo por excesso no solo.

Respostas lineares foram encontradas para doses tão elevadas quanto 1800 kg.ha⁻¹ por ano (Vicente-Chandler et al., 1964, citado por Corsi e Nussio, 1994). Resultados obtidos no Brasil também mostram a eficiência da adubação nitrogenada (Primavesi et al., 2001) com respostas lineares ao uso de N (Andrade et al., 1991; Corrêa et al., 1998; Oliveira et al., 2005), como pode ser visto na Figura 5.

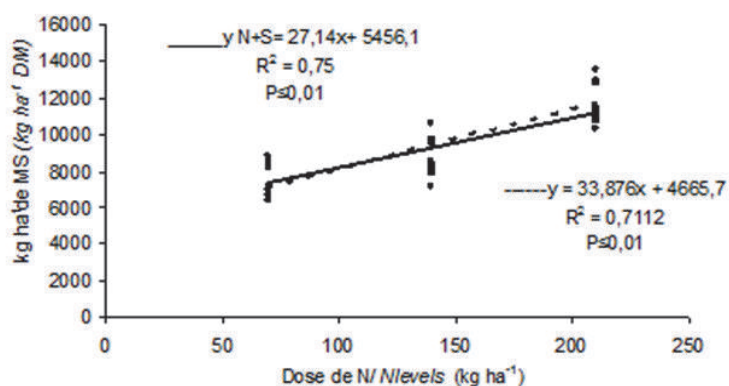


Figura 5 - Relação entre a produção de forragem e níveis de fertilização nitrogenada em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Fonte: Oliveira et al. (2005).



Ainda no Brasil, em outras ocasiões, em que as doses testadas contemplaram maior amplitude, temos exemplo de resposta à adubação nitrogenada pela *Bracharia brizantha* cv. Marandu em que o comportamento da equação foi uma regressão polinomial quadrática com coeficiente de determinação de 72% ($P \leq 0,01$). Até a dose de 567 kg.ha^{-1} de N houve aumento na produção de forragem; a partir dessa dose a produção de forragem começou a declinar, não justificando incrementos na fertilização nitrogenada, em decorrência da baixa fertilidade do solo e das condições climáticas da região. Como se trata de uma pastagem com poucos anos de fertilização, acredita-se que o ponto de inflexão da curva seja alterado conforme a fertilidade do solo aumente.

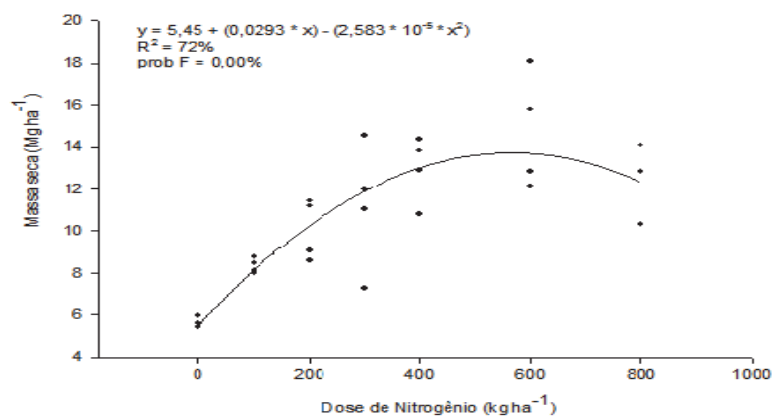


Figura 6 - Produção de forragem de *Bracharia brizantha* cv. Marandu em função de doses de fertilização nitrogenada.

Fonte: Oliveira et al. (2004).

O potencial de resposta de pastagens tropicais a diferentes doses de nutrientes, quando submetidas a manejo adequado de sua fisiologia e a uso racional de corretivos e de fertilizantes, condizentes com a exploração intensiva de pastagens também devem ser conhecidos. Tal necessidade se torna ainda mais importante quando se trata da resposta dessas forrageiras em sistemas irrigados. Na



Figura 7 é possível observar que a irrigação ampliou o potencial de resposta ao N de 567 kg.ha⁻¹, apresentado na Figura 6, para 803 kg.ha⁻¹.

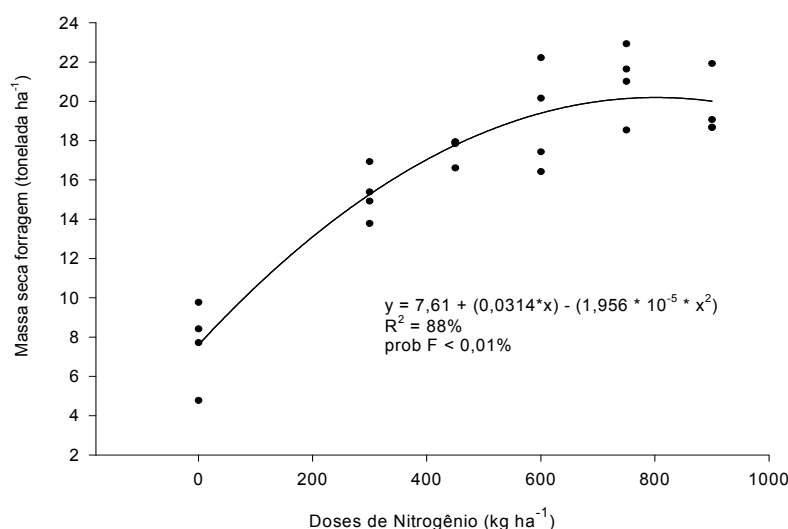


Figura 7 - Produção de forragem de uma pastagem irrigada de *Brachiaria brizantha* em função de doses de nitrogênio.

Fonte: Oliveira et al. (2004).

Existem condições em que as pastagens não são responsivas à adubação nitrogenada (Campana, 2008), apesar da alta produção, qualidade proteica e consequente extração de N, apresentando inclusive resultados negativos para a eficiência de uso de nitrogênio e recuperação aparente de N, demonstrando que a planta testemunha, que não recebeu adubação nitrogenada, extraiu mais nitrogênio que as plantas fertilizadas. Dessa forma, evidencia-se que pastagens altamente adubadas e manejadas intensivamente durante muitos anos têm apresentado efeito residual de nitrogênio no solo e nas estruturas de reserva das plantas. Tal condição pode estar relacionada ao efeito residual de fertilização dos anos anteriores, ao alto teor de matéria orgânica mineralizável no solo (29,6 g.dm⁻³) e ao



acúmulo de N nas estruturas de reserva da planta (Oliveira et al., 2007), visto que a média do teor de N na parte aérea do capim-Tanzânia foi de 33 g.kg⁻¹ de MS, muito alta em relação à faixa de teor adequado proposta por Werner et al.,(1996) (Tabela 4).

Esse fato tem sido comum em sistemas intensivos de manejo de pastagens, com vida superior a 10 anos, em que foram praticadas fertilizações nitrogenadas subsequentes usando as relações fixas entre Kg de N e número de animais, aplicando doses excessivas de N, propiciando o acúmulo de altos teores de matéria-orgânica e alta disponibilidade de nitrogênio. Entretanto, tal prática pode propiciar danos ambientais e prejuízos econômicos, sendo preferencial a adoção de fertilização equilibrada que garanta a eficiência e sustentabilidade dos sistemas de produção.

O armazenamento e acúmulo de nitrogênio não proteico na forragem também pode ser relacionado com a redução na taxa de crescimento da planta durante períodos de restrição de crescimento (Corsi et al., 2007) e podem causar efeitos negativos na nutrição dos ruminantes, pois altos níveis do mesmo na pastagem não são aproveitados pelas bactérias ruminais. É possível ainda, que exista maior dispêndio energético por parte do animal para eliminar o excesso de nitrogênio não proteico ingerido, implicando em redução da produtividade de carne, leite ou lã.

Devido a alguns trabalhos encontrados na literatura acredita-se que outro ponto desfavorável ao acúmulo de nitrogênio não proteico em pastagens seja o aumento na ocorrência de surtos de insetos fitófagos, que se alimentam de tecidos vegetais (White,1984 citado por Corsi et al., 2007), como por exemplo, cigarrinhas, que são umas das principais pragas das pastagens.



Tabela 4 - Amplitude da produção de forragem (acima do resíduo de pastejo), variação do teor de N, teor de N-não proteico e nitrato em capim-tanzânia irrigado nas quatro estações do ano

Atributos da Pastagem	Valores
Produção acima da altura de resíduo	21 t MS/ha
Teor de N (%)	2,8 a 3,7 %
Teor de N-não proteico	31,3 a 44,3%
Teor de Proteína Bruta	19,6 a 27,7%

Fonte: Campana et al. 2008, dados modificados.

Oliveira et al., (2009) relata que estudos foram realizados em pastagens com diferentes níveis de degradação e diferentes condições de solo, com o objetivo de encontrar o equilíbrio econômico e o equilíbrio biológico da fertilização nitrogenada nessas condições. Os trabalhos concluídos até o presente momento mostram que existe resposta ao uso de N em pastagens degradadas em todas as localidades avaliadas, entretanto, em determinados casos essa resposta pode não ser econômica no primeiro ano. No segundo ano de manejo, as respostas foram diferentes e bastante favoráveis ao da fertilização nitrogenada. Oliveira et al. (2005) ressaltaram que em locais onde a fertilidade do solo era comprometida (solos distróficos, com teor de fósforo inferior a 5 mg.dm⁻³, presença de alumínio, teor de matéria orgânica inferior a 20 g.dm⁻³ e por vezes deficientes em K, Ca e Mg), a resposta em produção de forragem foi sempre maior no segundo ano, com as mesmas doses de fertilizantes. Quando apenas a pastagem estava degradada e o solo era Nitossolo eutrófico, a produção de forragem foi semelhante e alta nos dois primeiros anos experimentais, o que leva à inferência de que, em condições onde a fertilidade do solo é melhor, a recuperação da planta forrageira é rápida e ocorre já no primeiro ano, e a produção alcança mais de 20 t.ha⁻¹ por ano (20 cm acima da superfície do solo), considerada alta para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Em face de todas as colocações anteriores, a recomendação de fertilização nitrogenada em pastagens tem sido um dos aspectos



mais controversos e discutidos desde a década de 60. Naquela década, aproveitando-se da fertilidade natural dos solos, com altos teores de matéria-orgânica, que propiciava o fornecimento de nitrogênio para a nutrição mineral das pastagens via mineralização, a fertilização nitrogenada não era indicada. Com o envelhecimento das áreas de pastagens, nas décadas de 70 e 80, com os solos exauridos e com o início da adoção da intensificação dos sistemas de produção, o uso de relações fixas (kg N/UA) na recomendação da dose de fertilizantes nitrogenados para pastagens foram adotados, e doses anuais variando entre 30 a 50 kg.ha⁻¹ de N por UA eram recomendadas.

Entretanto, as relações fixas de quilogramas de N por unidade animal ou de quilograma de N por quilogramas de matéria seca produzida devem ser evitadas, pois possuem baixa correlação com a produção de forragem, principalmente porque não contemplam a fertilidade do solo e o grau de degradação da pastagem e ainda podem levar ao acúmulo de N nas plantas, muitas vezes na forma não-proteica, quando adotadas por período longo de tempo.

Com o passar dos anos, observou-se a necessidade do uso de mais critérios para recomendação da fertilização nitrogenada, uma vez que a definição da dose de nitrogênio a ser empregada em cada condição de pastagem depende de vários fatores: eficiência de uso de N pela espécie de pastagem, época do ano, clima, fertilidade do solo, uso de irrigação, estágio de degradação, possibilidade do uso de diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados, a interface nitrogênio–enxofre, as formas de aplicação dos diversos fertilizantes, bem como tecnologias que possam resultar em melhor eficiência do uso do nitrogênio pelas plantas forrageiras.

Considerando-se as possibilidades de resposta da pastagem ao uso de fertilização nitrogenada (resposta linear até altas doses, resposta quadrática, ausência de resposta e resposta com resultado econômico comprometido), vemos a necessidade de usar outras ferramentas para melhorar a recomendação da dose de N, como considerar o teor de matéria-orgânica nos solos e adotar a diagnose foliar para realizar o ajuste da recomendação da dose de N.



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

A diagnose foliar em pastagens permite avaliar o estado nutricional da forragem e ajuda a diagnosticar excesso e deficiência de nutrientes na planta, ambas as situações podem levar a desequilíbrio e perda de produção. Apesar da grande importância, somente a análise de solo é insuficiente para garantir a correta recomendação de corretivos e fertilizantes e a adequada nutrição das plantas.

Na Tabela 4 (Campana, 2008), foi verificado o excessivo acúmulo de N, muito acima do limite superior da faixa adequada de nutrientes em pastagens de capim colômbio, que é de 1,5 a 2,5% de N na parte-aérea (Werner et.al, 1996). Esse excesso indica que as fertilizações foram excessivas e que a dose pode ser diminuída ou mesmo excluída por alguns pastejos, até que o teor de N na planta volte ao normal. Além disso, nos tratamentos em que a fertilização foi realizada com ureia ocorreu a volatilização da amônia, uma perda econômica que prejudica o ambiente. Segundo Primavesi et al. (2001), valores superiores a 23 g de N/kg de MS na parte aérea inibem o desenvolvimento do pasto e com isso o potencial de acúmulo de forragem é reduzido.



Em condições em que o teor de N for inferior a faixa adequada proposta por Werner et al, 1996, a dose de N poder ser aumentada pois haverá resposta em produção pela planta, como o observado por Oliveira et al. (2004), onde as pastagens apresentavam-se deficientes, com teores menores que 13 g.kg^{-1} até a dose de 300 kg.ha^{-1} de N em condições de sequeiro e até a dose de 450 kg.ha^{-1} de N em condições irrigadas. As pastagens foram responsivas em produção até a dose de 567 kg.ha^{-1} de N em condições de sequeiro e até 803 kg.ha^{-1} de N em condições irrigadas (Figuras 6 e 7).

Deveríamos usar a diagnose foliar não só para a recomendação da dose de N, mas também de todos os outros nutrientes, com o objetivo de melhor suplementar a pastagem e os animais que se alimentam delas se alimentam, realizando programas de correção e fertilização do solo para pastagens e formulando dietas, concentrados e suplementos minerais mais adequadamente.

Os exemplos relatados anteriormente mostram a importância da evolução dos conceitos e a necessidade de buscarmos as melhores práticas nos programas de correção do solo e fertilização das pastagens, equalizando custos e evitando prejuízos monetários e ambientais, garantindo a eficiência e a sustentabilidade da adoção de fertilizantes nitrogenados em pastagens.

PERDAS DA FERTILIZAÇÃO NITROGENADA COM FOCO NA SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA DE USO DOS FERTILIZANTES

O uso correto de doses e fontes de fertilizantes, especialmente os nitrogenados, podem minimizar perdas gasosas de nitrogênio (pela volatilização de amônia ou pela desnitrificação com emissão de N_2 , óxido nitroso, e NO_x) e perdas por lixiviação, além de melhorar o sequestro de carbono.

Oliveira, 2001, encontrou pequena lixiviação de nitrogênio no perfil do solo de pastagens de *Brachiaria decumbens* adubadas em processo de recuperação de pastagens, fato que está em concordância com outros trabalhos realizados em outras culturas



(Libardi e Reichardt, 1987; Oliveira et al., 1999 e Basso e Ceretta, 2000). Trabalhos desenvolvidos por Primavesi et al., (2001) mostram que houve tendência da movimentação do nitrato no solo para camadas próximas a 1 metro de profundidade apenas quando a dose de N aplicada foi maior que 100 kg ha^{-1} , aplicados de uma única vez. Neste trabalho ainda verificou-se que o surgimento dos picos de nitrato no solo ocorreu após alguns dias da aplicação do fertilizante e das precipitações, sugerindo o envolvimento da atividade biológica intensa no processo de disponibilidade de nitrato. A ausência de lixiviação pode estar associada à avidéz dos sistemas tropicais por nitrogênio, devido a alta relação C/N nestes sistemas, acompanhada pelo grande volume de sistema radicular das forrageiras, principalmente, na camada de 0 a 0,05 m de profundidade (Oliveira, 2001).

Em pastagens as perdas por volatilização mensuradas em condições de campo variaram bastante em função da época do ano, da forma de aplicação e da fonte de fertilizante empregada. Martha Jr. (1999) encontrou perdas de volatilização de 19 a 30% para o uso de sulfato de amônio em pastagem, enquanto que para uréia as perdas foram de 44 a 48%. Arévalo (1986) avaliando a aplicação de uréia ou adubos orgânicos em capim colonião, na presença ou ausência da correção do pH do solo e com aplicação de corretivos incorporados, encontrou valores da ordem de 56 a 69% de perdas gasosas de nitrogênio. No trabalho de Silva et al. (2001) as perdas por volatilização da uréia em pastagens foram entre 31 e 57%. Primavesi et al. (2001) encontraram perdas de N por volatilização da uréia variando de 1,1% a 52,9%. Oliveira (2001) encontrou perdas gasosas variando de 14,4 a 37,9% para *Brachiaria brizantha*, sendo as menores perdas quando a uréia foi incorporada, fato que minimiza o processo de volatilização. Então, pode-se inferir que os 14,4% de perdas podem ter ocorrido por desnitrificação ou por outro mecanismo de perdas gasosas como a emissão de amônia pelas folhas senescentes.

Campana (2008) avaliou várias fontes e combinações de fontes na tentativa de minimizar as perdas por volatilização de amônia. Das fontes avaliadas, uréia; Super N® = uréia tratada com



NBPT [N-(n-butil) triamida tiofosfórica]; uréia + 12,5% de zeólita do peso total; ureia + 25% de zeólita do peso total; ureia + 50% de zeólita do peso total; ureia em pulverização foliar; 75% de ureia + 25% de sulfato de amônio; nitrato de amônio e sem N (testemunha). O fertilizante nitrato de amônio aplicado a lanço e a ureia via pulverização foliar apresentaram as menores perdas (Figura 8), o que poderia aumentar a eficiência de utilização do N pela pastagem. A adubação líquida de ureia via foliar possibilitaria redução de custos, visto que a dose recomendada para esse tipo de fertilização é menor que a aplicação via solo, mas carece de mais estudos de longo prazo.

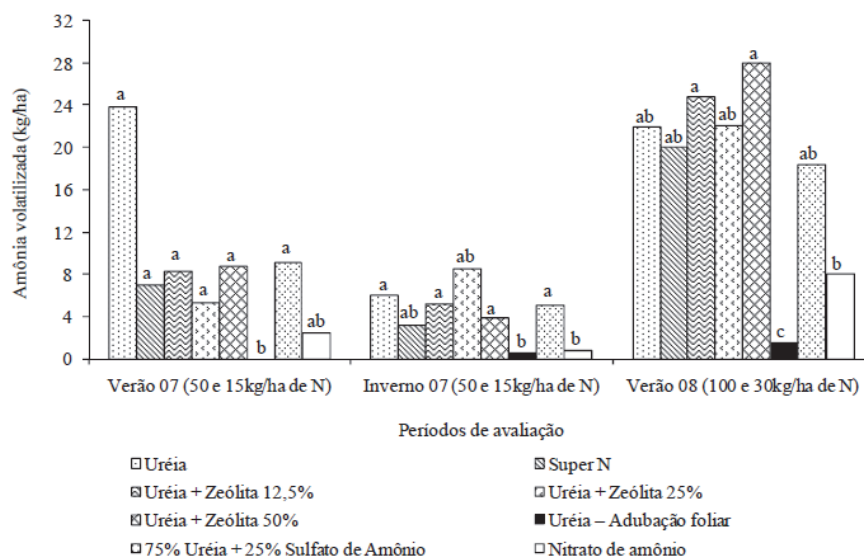


Figura 8 - Perdas de amônia volatilizada acumulada em 22 dias em pastagem de capim-Tanzânia adubada com fontes e formas de aplicação de N em diferentes épocas. (Obs: Letras iguais na estação não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%).



A emissão de óxido nitroso não tem se mostrado muito significativa nas condições brasileiras de pastagens, podendo em algumas ocasiões, onde baixas doses de N são aplicadas em solos pobres e, fertilidade, sequer emitir N pelo processo de desnitrificação. Avaliando dois sistemas de produção, um baseado em pastagem extensiva e outro em pastagens intensivamente adubadas com aproximadamente 600 kg.ha^{-1} de N por ano, Oliveira et. al, (2013) observaram que o sistema extensivo apresentou durante a primavera menor emissão de óxido nitroso que o sistema intensivo, entretanto a magnitude das emissões foram muito baixas, representando somente 0,01% dos 33 kg.ha^{-1} de N aplicados naquele ciclo de pastejo do tratamento intensivo, conforme pode ser observado na Figura 9. Tal fenômeno pode se atribuído às condições desfavoráveis à desnitrificação encontradas nos solos tropicais brasileiros, como baixa disponibilidade de N, solos estruturados e bem drenados, com boa porosidade e aeração.

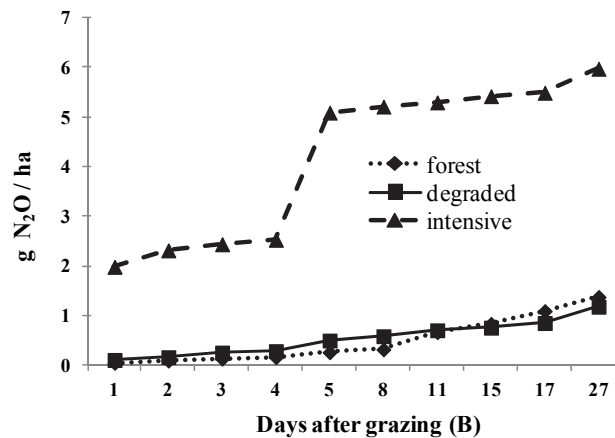


Figura 9 - Emissão acumulada de óxido nitroso em diferentes tipos de pastagem e na Floresta estacional semidescidual da Mata Atlântica.



RECUPERAÇÃO E INTENSIFICAÇÃO DE PASTAGENS, COM USO DE CORREÇÃO E FERTILIZAÇÃO DO SOLO, E A INTERFACE COM O ACÚMULO E O BALANÇO DE CARBONO.

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

Um exemplo da interferência positiva do melhor manejo e da correção e fertilização do solo em pastagens foi observado por Segnini, et al., (2013), que avaliaram o sequestro de carbono em quatro sistemas de produção de bovinos de corte mantidos a pasto: pastagem sob manejo intensivo irrigado com alta lotação (600 kg.ha^{-1} de N), pastagem sob manejo intensivo de sequeiro com alta lotação (400 kg.ha^{-1} de N), pastagem sob manejo intensivo de sequeiro com lotação animal moderada (200 kg.ha^{-1} de N) e pastagem degradada no Bioma Mata Atlântica. O manejo adotado nos sistemas de produção afetou o estoque de carbono no solo nas camadas de 0 a 30 cm e de 0 a 100 cm de profundidade. Os maiores estoques de C foram observados para os sistemas sob manejo intensivo de sequeiro com alta e moderada lotação animal, e o mais baixo estoque para a pastagem degradada em ambas as profundidades. O valor encontrado para o estoque de carbono (0 a 100 cm) variou de 99.2 ton ha^{-1} na pastagem degradada a $142.4 \text{ ton ha}^{-1}$ na pastagem de sequeiro com média lotação animal, enquanto que na Floresta Estacional Semidecidual o valor foi de $115.5 \text{ ton ha}^{-1}$. Nos sistemas de sequeiro de alta e moderada lotação animal foram observadas taxas



de acúmulo de C na camada de 0 a 100 cm de 1.93 e 1.80 ton ha⁻¹ por ano, respectivamente, mostrando um favorável acúmulo de carbono nos sistemas mais intensificados.

A simulação de um balanço entre as emissões e as remoções antrópicas de gases de efeito estufa num processo de recuperação direta de pastagem está apresentado na Tabela 5, é possível observar que a diferença líquida do balanço é positiva, com um saldo de 7,68 t/ha de CO₂ eq. sequestrado anualmente, garantindo o abatimento das emissões dos animais e um balanço positivo de carbono, pontos importantes para a sustentabilidade da pecuária. Além das emissões provenientes dos animais e do uso de fertilizantes, outras emissões também deveriam ser consideradas, como o trânsito de máquinas e equipamentos agrícolas, e o grau de inserção delas nos balanços deve ser foco de futuros estudos.

Tabela 5 - Balanço entre as emissões e remoções antrópicas de GEEs, considerando-se apenas os principais processos produtivos

Tipo de vegetação	Tempo	Acúmulo de C†	Acúmulo de C	Carbono sequestrado [‡]	C emitido bovino [£]	lotação animal	N ₂ O emitido [§]	Diferença líquida
	anos	t/ha	t/ha.ano	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq	n./ha	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq
Cerradão	0	129						
Pastagem Extensiva	27	174	1,7	6,1	0,975	1	0,88	4,3
Pastagem Recuperada	30	223	3,13	11,49	0,975	3	0,88	7,68

† segundo Segnini, et.al, 2007

£ usado o fator de conversão 3,67

€39 kg metano animal ano, segundo Primavesi et al., 2011

€39*25=975 kg dióxido de carbono/animal, considerando-se um fator de correção de 25, oriundo do potencial de aquecimento 25 vezes maior do metano em relação ao gás carbônico (IPCC, 2007)

§3 kg óxido nitroso/ha, 296*3=0,88 t dióxido de carbono/ha, considerando-se um fator de correção de 296 (IPCC, 2007).

ASPECTOS ECONÔMICOS E SUA EFICIÊNCIA NA ADOÇÃO DA CORREÇÃO DO SOLO E FERTILIZAÇÃO DE PASTAGENS

A viabilidade econômica dos sistemas de produção é condição imprescindível para a eficiência dos sistemas de produção, e é um dos pilares da sustentabilidade pecuária.



De acordo com Nehmi Filho (2002), a adubação de pastagens pode ser eficiente, desde que haja racionalidade econômica em sua utilização. A viabilidade econômica da aplicação destes insumos dependerá, em maior ou menor escala da resposta, das espécies utilizadas quanto à produção de forragem, a qual irá refletir em determinado potencial de produção animal.

Outros fatores, como a irrigação, preço de arrendamento de terras em áreas de pastagens, preços dos insumos, preços dos produtos pecuários, potencial genético dos animais, e mais atualmente as mudanças climáticas, também são importantes nas relações entre os aspectos econômicos e a fertilização, uma vez que podem mudar a escala de reposta da planta forrageira ao uso de fertilizantes, mudando assim a eficiência econômica dos sistemas de produção baseados em pastagens. Essas relações podem levar, inclusive, à situação de inviabilidade de uso dos fertilizantes, como ocorre em situações onde a distância aos centros consumidores gera a combinação de preço de arrendamentos de terra baratos e fertilizantes e corretivos encarecidos pelo frete, ou em situações onde ocorrem os extremos climáticos como secas e enchentes.

Em situações de normalidade, alguns aspectos sobre essas relações foram discutidos por Oliveira et al., 2004, que concluiu que os programas de nutrição mineral de plantas forrageiras devem considerar aspectos de ordem técnica e econômica para gerar suas recomendações, uma vez que as fertilizações desequilibradas, sem N ou com excesso de N, ocasionam resultados negativos na análise econômica. Os resultados dos experimentos que embasaram tais conclusões estão apresentados nas Tabelas 6, 7.

Os melhores ganhos de carcaça, receitas brutas e incremento advindo da fertilização e correção do solo foram obtidos com as doses de 400 a 600 kg ha⁻¹ de N, concordando com os resultados obtidos para produção de massa de forragem. Entretanto, as flutuações no preço da arroba do boi e nos preços dos corretivos e fertilizantes tornam esses incrementos variáveis dependendo do ano avaliado, proporcionando melhores ou piores resultados. Os tratamentos mais desequilibrados tecnicamente, ou seja, quando se utilizaram todos os nutrientes exceto o N e quando se utilizou, na



dose de 800 kg ha⁻¹ de N proporcionaram os piores resultados tanto no ano de 2003 quanto no ano de 2004, pois foi aplicado fertilizante acima da dose máxima de resposta, que foi 567 kg.ha⁻¹ por ano (Figura 6, Tabela 6). No ano de 2004, com a elevação do preço dos fertilizantes, somente a dose de 400 kg ha⁻¹ano resultou em incremento (Tabela 6). Dado o exposto, a decisão em relação à adoção de fertilização de pastagens para gado de corte deve levar em consideração não só as recomendações técnicas, mas também as variações dos valores do preço dos insumos e do produto vendido, qualquer que seja ele, bezerro, tourinho, abate de macho ou fêmea (Oliveira et al., 2004).

Tabela 6 - Simulação da lotação animal, ganho de carcaça e receita bruta para em função de doses de N aplicadas em pastagens para bovinos de corte

Tratamentos Doses N kg ha ⁻¹	Produção MS			Estac [*] %	Lotação águas		Lotação seca		Ganho kg ha ⁻¹	Receita Bruta	
	Águas	Seca	Total		UA ha ⁻¹	boi ha ⁻¹	UA ha ⁻¹	boi ha ⁻¹		R\$ ha ⁻¹ 2003	R\$ ha ⁻¹ 2004
0	4,71	0,90	5,61	16,0	2,3	3,4	0,44	0,67	469,6	892,24	986,16
100	7,66	0,68	8,34	8,2	3,7	5,5	0,34	0,50	737,6	1401,44	1548,96
200	9,22	0,85	10,07	8,4	4,4	6,6	0,42	0,63	888,9	1688,85	1866,62
300	10,33	0,88	11,21	7,9	5,0	7,4	0,43	0,65	993,5	1887,59	2086,28
400	12,09	0,87	12,96	6,7	5,8	8,7	0,43	0,64	1157,4	2199,06	2430,54
600	13,67	1,04	14,71	7,1	6,6	9,9	0,51	0,77	1310,5	2490,01	2752,12
800	10,86	1,01	11,87	8,5	5,2	7,8	0,50	0,75	1047,3	1989,81	2199,26
Degradada	3,83	0,67	4,5	14,9	1,8	2,8	0,33	0,50	379,8	721,62	797,58

Observações:

*Estacionalidade de produção de forragem, ou seja, a forragem produzida na época seca do ano

UA = uma unidade animal que é representada por 450 kg de peso vivo

produção de massa de forragem acima de 20 cm de altura

185 dias de estação das águas

180 dias de estação seca

700 gramas de ganho de peso médio diário na estação das águas

250 gramas de ganho de peso médio diário na estação seca

perda de forragem acima de 20 cm de altura de 20%

peso médio do boi = 300 kg

preço da arroba do boi em 2003 = R\$ 57,00

preço da arroba do boi em 2004 = R\$ 63,00

consumo de massa de forragem = 2% do peso vivo animal

rendimento de carcaça = 50%



Tabela 7 - Incremento econômico advindo da fertilização e adubação da pastagem para os diferentes tratamentos

Tratamentos Doses N (kg ha ⁻¹)	Custo correção e fertilização (R\$) -----Ano de 2003-----	Incremento (R\$)
Tudo menos N	452,07	-281,45
100	647,21	32,61
200	807,50	159,73
300	967,78	198,18
400	1128,79	348,65
600	1449,36	319,04
800	1769,92	-501,74
testemunha	0	0,00
	-----Ano de 2004-----	
Tudo menos N	727,12	-538,54
100	871,86	-120,48
200	1091,64	-22,60
300	1311,42	-22,72
400	1532,19	100,77
600	1971,75	-17,21
800	2411,31	-1009,63
testemunha	0	0,00

Observações:

Incremento = Receita bruta do tratamento – (Receita bruta da pastagem testemunha + Custo de correção e fertilização do tratamento)

custo dos fertilizantes e corretivos 2003 – cloreto de potássio, R\$ 530,00/tonelada; superfosfato simples, R\$ 372,00/tonelada; superfosfato triplo, R\$ 740,00/tonelada; uréia, R\$ 722,00/tonelada; sulfato de amônio, R\$ 490,00/tonelada; calcário, R\$ 40,00/tonelada e FTE R\$ 1000,00/tonelada.

custo dos fertilizantes e corretivos 2004 – cloreto de potássio, R\$ 920,00/tonelada; superfosfato simples, R\$ 650,00/tonelada; superfosfato triplo, R\$ 800,00/tonelada; uréia, R\$ 990,00/tonelada; sulfato de amônio, R\$ 670,00/tonelada; calcário, R\$ 40,00/tonelada e FTE R\$ 1400,00/tonelada.

A interface entre a fertilização e o uso da irrigação também deve ser bastante observada, sendo extremamente importante a realização de simulações de retorno econômico antes da adoção dessas tecnologias.

Os resultados obtidos por Oliveira et al., 2014 (dados não publicados), no município de São Carlos, SP, mostram resposta positiva em produção anual de forragem (Figura 10), lotação animal (Figura 11), ganho de peso vivo por animal e por área (Figura 12),



atingindo até 51,2 @/ha, em função de diferentes níveis de intensificação da pastagem, representados por quatro sistemas de produção: irrigado com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + 600 kg.ha⁻¹ de N+ sobressemeadura de aveia e azevém no inverno), sequeiro com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + 400 kg.ha⁻¹ de N), sequeiro com média lotação animal (calagem + fertilização corretiva + 200 kg.ha⁻¹ de N) e degradado (sem correção e fertilização). Com relação ao incremento econômico advindo da correção e fertilização do solo, observamos respostas positivas independente do preço da arroba do boi (variando entre R\$ 100,00 e 120,00/@), como mostram as Figuras 13 e 14.

Entretanto, quando a irrigação é adotada, o preço da arroba do boi começa a interferir nos resultados, tornando-se um fator de risco. Em condições de preço mais baixo, como por exemplo, R\$ 100,00/@, a adoção da irrigação não é economicamente viável, diminuindo o incremento econômico de R\$ 1.916,38, obtido para pastagem sequeiro com alta lotação, para R\$ 1.740,84 pelo uso da irrigação. Já em condições de preço mais elevado, R\$120,00/@, a adoção da irrigação torna-se economicamente viável, aumentando um pouco o incremento econômico de R\$ 2.564,38 para R\$ 2.764,38; mas considerando-se o pequeno aumento, uma condição de risco, que poucos produtores adotariam. Esses resultados certamente seriam melhorados se o experimento estivesse localizado em região onde houvesse melhor potencial de resposta à irrigação, como nas regiões Centro-Norte do país, em que a temperatura e luminosidade são mais abundantes proporcionando ganhos superiores a 70 @/ha, quando se adota as tecnologias de irrigação e fertilização concomitantemente (Mendonça, F. C., comunicação pessoal).

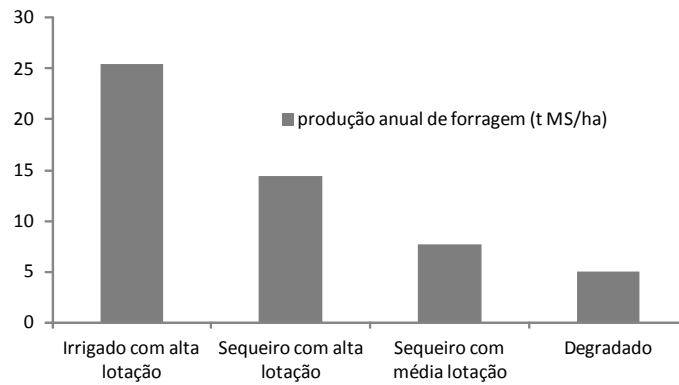


Figura 10 - Produção anual de forragem ($t MS \cdot ha^{-1}$) em função de quatro sistemas de produção com diferentes formas de manejo da pastagem: irrigado com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $600 kg \cdot ha^{-1}$ de N), sequeiro com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $400 kg \cdot ha^{-1}$ de N), sequeiro com média lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $200 kg \cdot ha^{-1}$ de N) e degradado (sem correção e fertilização). Fonte: Oliveira et.al (2014), dados não publicados.

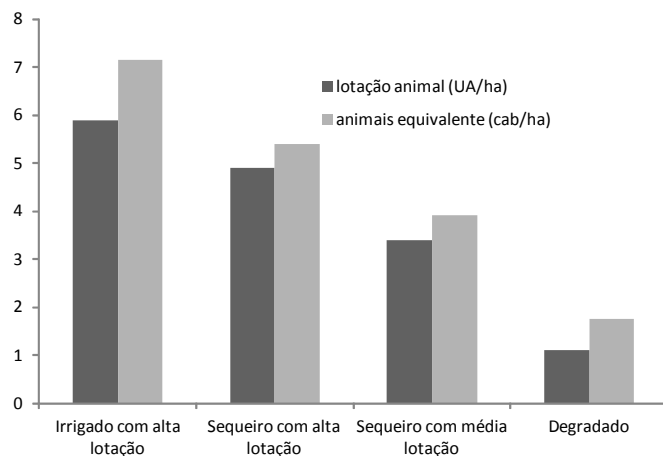


Figura 11 - Lotação animal ($UA \cdot ha^{-1}$) e animais equivalentes (n° de cabeças $\cdot ha^{-1}$) em função de quatro sistemas de produção com diferentes formas de manejo da pastagem: irrigado com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $600 \text{ kg} \cdot ha^{-1}$ de N), sequeiro com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $400 \text{ kg} \cdot ha^{-1}$ de N), sequeiro com média lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $200 \text{ kg} \cdot ha^{-1}$ de N) e degradado (sem correção e fertilização). Fonte: Oliveira et.al (2014), dados não publicados.

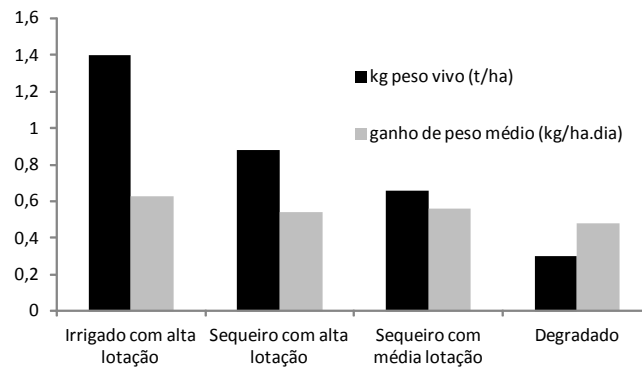


Figura 12 - Produção peso vivo animal ($t \cdot ha^{-1}$) e ganho de peso médio diário dos animais ($kg \cdot ha^{-1}$ por dia) em função de quatro sistemas de produção com diferentes formas de manejo da pastagem: irrigado com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $600 \text{ kg} \cdot ha^{-1}$ de N), sequeiro com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $400 \text{ kg} \cdot ha^{-1}$ de N), sequeiro com média lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $200 \text{ kg} \cdot ha^{-1}$ de N) e degradado (sem correção e fertilização). Fonte: Oliveira et.al (2014), dados não publicados.

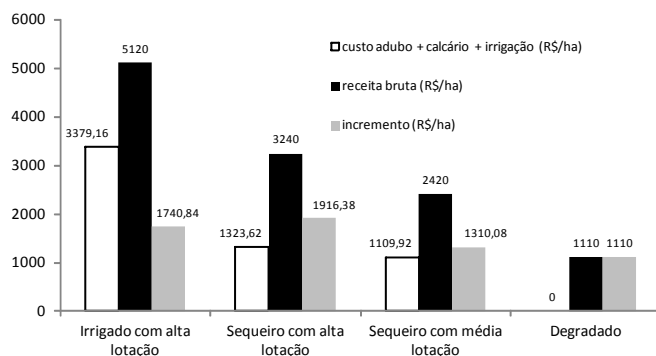


Figura 13 - Receita bruta ($\text{R}\$.ha^{-1}$), custo dos principais insumos ($\text{R}\$.ha^{-1}$ por ano) e o incremento econômico advindo da correção do solo e fertilização e da irrigação da pastagem ($\text{R}\$$) em função de quatro sistemas de produção com diferentes formas de manejo da pastagem: irrigado com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $600 \text{ kg}.ha^{-1}$ de N), sequeiro com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $400 \text{ kg}.ha^{-1}$ de N), sequeiro com média lotação animal (calagem + fertilização corretiva + $200 \text{ kg}.ha^{-1}$ de N) e degradado (sem correção e fertilização) e preço da arroba do boi $\text{R}\$ 100,00$. Considerados os seguintes custos: ureia de $\text{R}\$ 1.330,00$ /tonelada aplicada, calcário de $\text{R}\$ 88,00$ /tonelada aplicada, superfosfato simples de $\text{R}\$ 880,00$ /tonelada aplicada, irrigação (depreciação do equipamento + manutenção + operação) de $\text{R}\$ 1.300,00/ha$. Fonte: Oliveira et.al (2014), dados não publicados.

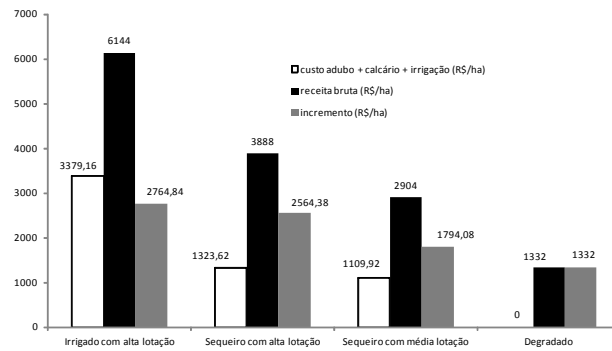


Figura 14 - Receita bruta (R\$.ha⁻¹), custo dos principais insumos (R\$.ha⁻¹ por ano) e o incremento econômico advindo da correção do solo, da fertilização e da irrigação da pastagem (R\$) em função de quatro sistemas de produção com diferentes formas de manejo da pastagem: irrigado com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + 600 kg.ha⁻¹ de N), sequeiro com alta lotação animal (calagem + fertilização corretiva + 400 kg.ha⁻¹ de N), sequeiro com média lotação animal (calagem + fertilização corretiva + 200 kg.ha⁻¹ de N) e degradado (sem correção e fertilização) e preço da arroba do boi R\$ 120,00. Considerados os seguintes custos: ureia de R\$ 1.330,00/tonelada aplicada, calcário de R\$ 88,00/tonelada aplicada, superfosfato simples de R\$ 880,00/tonelada aplicada, irrigação (depreciação do equipamento + manutenção + operação) de R\$ 1.300,00/ha. Fonte: Oliveira et.al (2014), dados não publicados.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correção e fertilização das pastagens realizadas adequadamente quanto ao tipo, dose, fonte, época e forma de aplicação contribuem com a sustentabilidade, pois:

1. Proporcionam sistemas de produção com viabilidade econômica, advinda do mínimo impacto sobre o meio, que proporcionam melhores condições ambientais para a sociedade de maneira geral.
2. Garantem a máxima eficiência de uso dos nutrientes, evitando perdas advindas de uso inadequado dos corretivos e fertilizantes, e conseqüentemente poluição e prejuízo econômico.
3. Diminuem a pressão sobre a floresta, evitando o desmatamento, pois produzem maior quantidade de massa de forragem, podendo suportar mais animais por unidade de área.
4. Aumentam a capacidade de desenvolvimento e crescimento das pastagens, tanto da parte-aérea quanto do sistema radicular, removendo mais dióxido de carbono da atmosfera e aumentando o estoque de carbono no solo.
5. Concorrem para o fornecimento de forragem, em quantidade e qualidade, levando a menor emissão de metano entérico, evitando gastos com suplementação alimentar (mineral, proteica e energética), diminuindo inclusive a competição por grãos com a alimentação humana.
6. A correção e fertilização adequada permitem a criação de animais saudáveis, em termos sanitários, produtivos e reprodutivos, evitando o uso e gastos com medicamentos, especialmente antibióticos e hormônios, melhorando a sustentabilidade dos sistemas de produção. Evita que animais debilitados emagreçam, emitam metano entérico oriundo da perda de massa corpórea, o que é indesejado.
7. Proporcionam pastagens mais tolerantes ao déficit hídrico, uma vez que, plantas bem nutridas possuem sistema radicular mais agressivo, capazes de explorar maior volume de solo.



8. Garantem o rápido estabelecimento e recuperação da pastagem, evitando o aparecimento de planta daninhas, que demandariam o uso de defensivos agrícolas.
9. O uso de dose correta de fertilizantes, especialmente aqueles que são fontes de N, pode prevenir o ataque de pragas, como por exemplo, as lagartas que se alimentam de plantas tenras desequilibradas nutricionalmente, excessivamente fertilizadas com nitrogênio.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo: Anda, 2005. 24 p. (Anda. Boletim técnico, 6).
- ANDRADE, J. B.; PEDREIRA, J. V. S.; HENRIQUE, W. Comparação de três capins da espécie *Panicum maximum* Jacq. (colonião, tobiatã e K-187 B) sob dois níveis de adubação nitrogenada. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, v. 48, n. 2, p. 77-82, 1991.
- ARMELIN, M. J. A.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R. Adubação com uréia em pastagens de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: Eficiência e perdas. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular técnica, 30).
- ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Anuário estatístico do setor de fertilizantes. São Paulo, 2008.
- BALSALOBRE, M. A. A.; SANTOS, P. M.; BARROS, A. L. M. de. Inovações tecnológicas, investimentos financeiros e gestão de sistemas de produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 19., 2002, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2002.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do Nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. Revista Brasileira da Ciência do Solo, v. 25, p. 905-916, 2000.
- BATAGLIA, O. C. Micronutrientes: disponibilidade e interações. In: BORKET, C. M. (Ed.). Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina: EMBRAPA-CNPSO: IAPAR: SBCS, 1988. p. 121-132.



- BENITES, V. M.; POLIDORO, J. C.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; BERNARDI, A. C. C. ÁLVARES, F. A. O potássio, o cálcio e o magnésio na agricultura brasileira. In: PROCHNOW, L. I. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba: IPNI, 2010.
- BERNARDI, A. C. C. Adubação potássica em pastagens. In: TORRES JÚNIOR, A. M.; ROCHA, P. M.; OLIVEIRA, F. P. W. (Org.). Encontro de Adubação de Pastagens da Scot Consultoria Tec- Fértil. 1. ed. Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 71-94.
- BERNARDI, A. C. C.; OLIVEIRA, P. P. A.; PRIMAVESI, O. Soil fertility of tropical intensively managed forage system for grazing cattle in Brazil. In: WHALEN, J. K. Soil fertility improvement and integrated nutrient management - a global perspective. Rijeka, Croatia: Intechopen, 2012. p. 37-56. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/soil-fertility-improvement-and-integrated-nutrient-management-a-global-perspective/soil-fertility-of-tropical-intensively-managed-forage-system-for-grazing-cattle-in-brazil>. Acesso em : 12 de dezembro de 2013.
- BOMFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, p. 1289-1297, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio – Brasil – 2008/09 a 2018/19. Brasília: 2008. Disponível em: http://www.codeagro.sp.gov.br/camaras_setoriais/as_camaras/milho/anexo/Anexo1.pdf. Acesso em 7 de abril de 2013.
- BRAZ, S .P.; do NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CANTARUTTI, R. B.; REGAZZI, A. J.; MARTINS, C. E.; da FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagens de *B. decumbens* na Zona da Mata de MG. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.2, p.858-865, 2002.
- CANTARELLA, H.; CORREA, L. A.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. Fertilidade do solo em sistemas intensivos de manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 19., 2002, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ. 2002. p. 99-131.



- CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; FONSECA, D. M.; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5a Aproximação). Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 332-341.
- CECATO, U.; CANO, C. C. P.; BORTOLO, M.; HERLING, V. R. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em coastcross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 30, n. 2, p. 644-50, 2001.
- CEPEA. PIB do Agronegócio Dados de 1994-2008 Disponível em [http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/Cepea PIB BR%201994%202008.xls](http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/Cepea%20PIB%20BR%201994%202008.xls). Acesso em 16 de julho de 2010.
- EMBRAPA GADO DE LEITE. Informações estatísticas. Produção, Industrialização e Comercialização (Produção). Disponível. <http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/producao.php>. Acesso em: 22 de outubro de 2013.
- CORRÊA, L. de A.; FREITAS, A. R.; BATISTA, L. A. R. Níveis de nitrogênio e freqüências de corte em 12 gramíneas forrageiras tropicais II. Qualidade da forragem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 518-20.
- CORSI, M.; NUSSIO L. G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1993, Piracicaba. Anais ... Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 87-116.
- CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado In: PEIXOTO, A. M. P.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 161-193.
- CUNHA, M. K.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JR., P.; SIEWERDT, F. Doses de nitrogênio e enxofre na produção e qualidade a forragem de campo natural de planossolo no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 30, p. 651-658, 2001.
- CRUZ, M. C. P. da; FERREIRA, M. E.; LUCHETTA, S. Efeito da calagem sobre a produção de matéria seca de três gramíneas forrageiras. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 29, n. 8, p. 1303-1312, ago. 1994.



- FRANÇA, A. F. de S. Micronutrientes em gramíneas. In: HAAG, P. H. Nutrição mineral de forrageiras no Brasil. 1. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 152 p.
- GUPTA, U.; MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. Micronutrients in grassland production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, 2001. Proceedings... Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 149-156.
- HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, San Diego. v. 49, p. 119-199, 1993.
- IBGE. Censo Agropecuário 2006. Resultados preliminares. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.shtm> . acesso em 3 de maio de 2013.
- LIBARDI, D. L.; REICHARDT, K. Destino da uréia aplicada a um solo tropical. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 2, p. 40-44, 1987.
- LOPES, A. S. Solos sob “Cerrado” – Características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162 p.
- LOPES, A. S.; CARVALHO, J. G. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: BORKET, C. M. (Ed.). Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina: EMBRAPA-CNPSO: IAPAR: SBCS, 1988. p. 133-174.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Solos sob “Cerrado”: Manejo da fertilidade para a produção agropecuária. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1992a. 60 p.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1992b. 64 p.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos. 3. ed. São Paulo: ANDA, 2000. 72 p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 2002.
- MARTHA JUNIOR, G. B. et al. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 21., 2004, Piracicaba. Anais...Piracicaba: FEALQ, 2004. p.155-215.



- MATTOS, W. T.; MONTEIRO, F. A. Produção e nutrição do capim braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. *Boletim de Indústria Animal*, v. 60, p. 1-10, 2003.
- MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 1989, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP, 1989. p. 149-192.
- MONTEIRO, F. Forrageiras. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. *Micronutrientes na agricultura*. 1. ed. Piracicaba: Potafos; Brasília: CNPq, 1991. 743 p.
- MONTEIRO, F. A. Concentração e distribuição de nutrientes em gramíneas e leguminosas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DAS PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa, MG. Anais... Viçosa: DZO: UFV, 2004. p.71-107.
- MONTEIRO, F. A.; COLOZZA, M. T.; WERNER, J. C. Enxofre e micronutrientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., Piracicaba, 2004. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 279-301.
- MORAES, A. Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens* Stent) e trevo branco (*Trifolium repens*, L.) submetida a diferentes pressões de pastejo. 1991. 200 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. van. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Potafos, 2005. p. 93-118.
- NEHMI FILHO, V. A. A economia regula a adubação de pastagens. In: *Anualpec 2002*. São Paulo: Argos Comunicação, 2002. p.16-21.
- PENATI, M. A.; CORSI, M. Estabelecimento de pastagens. Piracicaba: ESALQ : Centro de Treinamento de Recursos Humanos, 1999. 39 p. (Esalq. Centro de Treinamento de Recursos Humanos. Apostila).
- PLANO ABC - Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Disponível <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>, Acesso em : 22 de Maio 2013.



- OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; VITTI, A. C. Lixiviação de nitrogênio em solos cultivados com cana-de-açúcar: Experimento em lisímetro. STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos., v. 18, p. 28-31, 1999.
- OLIVEIRA, P. P. A.; PENATI, M. A.; CORSI, M. Correção do solo e fertilização de pastagens em sistemas intensivos de produção de leite. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 57 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 86). Disponível <http://www.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacaogratis/documentos/documentos86.pdf/view>. Acesso 1 de outubro de 2013.
- OLIVEIRA, P. P. A. Manejo da calagem e da fertilização nitrogenada na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria* sp. em solos arenosos. 2001. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.
- OLIVEIRA, P. P. A.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Liming and fertilization for restoring degraded *Brachiaria decumbens* pasture on sandy soil. Scientia agricola, v. 60, n. 1, p. 125-131, 2003.
- OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Efeito residual de fertilizantes fosfatados solúveis na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, n. 6, p. 1715-1728, 2007.
- OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S. O.; CORSI, M. Estudo sobre a recuperação de pastagens por meio de fertilização e mecanização. Piracicaba: FEALQ, 2002. (FEALQ. Relatório técnico [s. n.]. Não paginado.
- OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; CORSI, M. Resposta de pastagens de capim-marandu em solo de cerrado à adubação com nitrogênio, em condições de sequeiro ou sob irrigação. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 14 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado técnico, 54).
- OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 4, p. 1121-1129, 2005.
- OLIVEIRA, P. P. A.; BERNARDI, A. C. C.; SANTIAGO, R. R.; SILVA, R. F. Software adubapasto 1.0 para recomendação de calagem e adubação para sistemas de pastejo intensivo. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 98).



- OLIVEIRA, P. P. A.; ALVES, T. C.; PEDROSO, A. de F.; MARQUES, R.; PASSERI, L. F.; PEZZOPANE, J. R. M.; BERNDT, A. Nitrous oxide emissions from different dairy cattle production systems with tropical pastures during the Brazilian spring. *Advances in Animal Biosciences*, v. 4, n. 2, p. 501, 2013.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A. CANTARELLA, H.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.
- PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A. Avaliação do impacto ambiental de sistemas intensivos de produção de carne bovina conduzidos em pastagens. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 52p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 14). Disponível em: <http://www.cppse.embrapa.br/sites/default/files/principal/publicacao/Boletim14.pdf> . Acesso em : 25 de novembro 2013.
- PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; PRIMAVESI, A. C. P.; CANTARELLA, H.; ARMELIN, M. J. A.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R. Adubação com uréia em pastagens de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: Eficiência e perdas. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular técnica, 30).
- 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*, v. 74, p. 249-266, 1999.
- RAIJ, B. Van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Potafos; Viçosa, MG: Ceres, 1991. 343 p.
- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundação IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RODRIGUES, L. R. de A.; REIS, R. A. Estabelecimento da cultura de capim elefante. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed. Rev.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10, 2004, Piracicaba. Anais ... Piracicaba. FEALQ, 2004. p. 63-86.



- SCOTT, N. M.; WATSON, M. E.; CALDWELL, K. S. Response of grassland to the application of sulphur at two sites in Northeast Scotland. *Journal of the Food and Agriculture*, v. 34, p. 357-361, 1983.
- SEGNINI, A.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; SILVA, W. T. L.; PRIMAVESI, O.; MARTIN-NETO, L. Potencial de seqüestro de carbono em área de pastagem de *Brachiaria Decumbens*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado, RS. Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira. Anais... Porto Alegre: SBSC, 2007. não paginado. 1 CD-ROM.
- SEGNINI, A.; OLIVEIRA, P. P. A.; OTAVIANI JUNIOR, P. L.; XAVIER, A. A. P.; FERREIRA, E. J.; SPERANÇA, M. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; MILORI, M. B. P.; MARTIN NETO, L. Assessing soil carbon stocks and accumulation rates in Brazilian livestock production systems. *Advances in Animal Biosciences*, v. 4, n.2, p. 339, 2013.
- VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 367-382.
- VITTI, G. C.; NOVAES, N. J. Adubação com enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1986, Nova Odessa. Anais... Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.191-231.
- WERNER, J. C. Adubação de pastagens de *Brachiaria* spp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fealq, 1994a. p. 325.
- WERNER, J. C. Uso de micronutrientes em pastagens. IN: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. de. Pastagens: Fundamentos da Exploração Racional. 2. ed.. Piracicaba: FEALQ, 1994b. 908 p.
- WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. Recomendação de adubação e calagem para forrageiras. In: RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI, JR., R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 263-271.
- ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; BARCELLOS, A. O.; KICHEL, A. N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Braquiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 153-208.