

**CINTHYA SOUZA SANTANA**

**PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DO CAPIM MARANDU  
ADUBADO COM FOSFATOS E ÓXIDOS DE CÁLCIO E  
MAGNÉSIO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Luiz Arnaldo Fernandes

Montes Claros  
2015

S231 SANTANA, Cinthya Souza.  
2015

Produtividade e nutrição do Capim Marandu adubado com fosfatos e óxidos de cálcio e magnésio / Cinthya Souza Santana. Montes Claros: Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. 31 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Luiz Arnaldo Fernandes

Banca examinadora: Luiz Arnaldo Fernandes, Irene Menegali, Gilzeane dos Santos Sant'Ana.

Inclui bibliografia: f. 26-31.

1. Plantas forrageiras. 2. Produtividade agrícola. 3. Adubação. I. FERNANDES, Luiz Arnaldo. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 633.2

CINTHYA SOUZA SANTANA

PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DO CAPIM MARANDU ADUBADO COM  
FOSFATOS E ÓXIDOS DE CÁLCIO E MAGNÉSIO

---

Prof. Dr. Luiz Arnaldo Fernandes  
(Orientador - ICA-UFMG)

Aprovada em 24 de julho de 2015

Montes Claros  
2015

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Luiz Arnaldo pela dedicação, compreensão e paciência.

À banca avaliadora pela colaboração.

Aos servidores da Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

E a todos os autores citados.

Sou grata.

## RESUMO

### PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DO CAPIM MARANDU ADUBADO COM FOSFATOS E ÓXIDOS DE CÁLCIO E MAGNÉSIO

Dentre as fontes de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) tem-se verificado um aumento da utilização do óxido de Ca e Mg, nas atividades agrícolas. No entanto, pouco se sabe a respeito dos efeitos sobre os parâmetros da acidez do solo, fornecimento de Ca e Mg para as plantas, bem como as possíveis influências sobre a disponibilidade de fósforo (P) no solo e aproveitamento pelas plantas. Sendo assim, objetivou-se, neste trabalho, avaliar as alterações nos atributos químicos do solo, na produção e nutrição da *Brachiariabrizantha* cv Marandu em função da aplicação do óxido de cálcio e magnésio como fonte cálcio e magnésio e duas fontes de fósforo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Instituto de Ciências Agrárias, da UFMG. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5x2), com três repetições, os quais constituíram de cinco doses de óxido de cálcio e magnésio (0, 200, 400, 800 e 1200 kg ha<sup>-1</sup>), 2 fontes de fósforo (fosfato natural Bayovar - FN e superfosfato simples - SS). Durante o cultivo, as forrageiras foram irrigadas com água destilada e as exigências nutricionais foram supridas com adubações de cobertura em aplicações de 50 mg dm<sup>-3</sup> de nitrogênio e 20 mg dm<sup>-3</sup> de potássio. Foram realizados quatro cortes. O primeiro após 70 dias do plantio e os três seguintes a cada 35 dias. Em cada corte foram avaliados: altura, número de perfilhos, matéria seca da parte aérea (MSPA), atributos químicos do solo e das folhas. No último corte, as raízes foram coletadas para determinação da matéria seca da raiz (MSR). A maior dose de óxido aplicada proporcionou os maiores teores de Ca e Mg disponível no solo. O efeito da aplicação de óxido de Ca e Mg na produção da MSPA, MSR, altura de planta e perfilhamento do capim Marandu foram superiores quando associado ao SS. As melhores respostas de produtividade e nutrição do capim Marandu, quando adubado com o FN, foram observadas na ausência da aplicação do óxido de Ca e Mg.

Palavras-Chave: *Brachiaria*, produção, forrageira

**ABSTRACT**

**PRODUCTIVITY AND NUTRITION OF MARANDU GRASS FERTILIZED  
WITH PHOSPHATES AND CALCIUM AND MAGNESIUM OXIDES**

Among the sources of calcium (Ca) and magnesium (Mg) there has been an increase in the use of calcium and magnesium oxides in agricultural activities. However, little is known about the effects on the soil acidity parameters, supply of Ca and Mg to plants as well as possible influences on the availability of phosphorus (P) in the soil and its availability for plants. Thus, the aim of this study was to evaluate changes in the soil chemical properties, in the production and nutrition of *Brachiariabrizantha* cv. *Marandu* by applying calcium and magnesium oxide as calcium and magnesium sources and two sources of phosphorus. The experiment was conducted in a greenhouse at *Instituto de Ciências Agrárias*, from UFMG (Institute of Agricultural Sciences, UFMG). The design was completely randomized in a factorial arrangement (5x2) with three replications which consisted of five doses of calcium and magnesium oxide (0, 200, 400, 800 and 1200 kg ha<sup>-1</sup>), two sources of phosphorus (Bayovar phosphate rock - FN and superphosphate - SS). During cultivation, the forages were irrigated with distilled water and the nutritional requirements were supplied with coverage fertilizers of 50 mg dm<sup>-3</sup> of nitrogen and 20 mg dm<sup>-3</sup> of potassium applications. Four sections were performed, the first 70 days after planting and the following three every 35 days. In each section the following features were evaluated: height, number of tillers, dry matter of the aerial part (DMAP), soil and leaves' chemical characteristics. In the last section, roots were collected to determine the root dry matter (RDM). The highest oxide dose applied provided the highest Ca and Mg available in the soil. The effect of applying Ca and Mg oxide in the production of DMAP, RDM, plant height and tillering of Marandu grass were higher when associated with the SS. The best productivity responses and nutrition of Marandu grass when fertilized with the FN were observed in the absence of Ca and Mg oxide application.

Keywords: *Brachiaria*, production, forage.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

Al - Alumínio

Ca - Cálcio

FN - Fosfato Natural de Bayovar

MSPA - Matéria seca da parte aérea

MSR - Matéria seca da raiz

Mg - Magnésio

Mn - Manganês

P - Fósforo

PRNT - Poder de neutralização total

SS - Superfosfato simples

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

V% - Saturação por bases

## LISTA DE TABELAS

- 1 - Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), pH máximo e doses para obtenção do pH máximo do solo em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo ..... 16
- 2 - Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), V% máximo e doses para obtenção do V%máximo do solo em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo..... 17
- 3 - Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), teor de Ca máximo edoses para obtenção do teor de Ca máximo do solo em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo ..... 18
- 4 - Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), teor de Mg máximo e doses para obtenção do teor de Mg máximo do solo em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo..... 18
- 5 - Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), teor de P máximo e a doses para obtenção do teor de P máximo do solo em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo..... 19
- 6 - Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), MSPA máxima e doses para obtenção da MSPA máxima do Capim Marandu em função da aplicação de doses de óxido fontes de fósforo ..... 20
- 7 - Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), MSR máxima e doses para obtenção da produção da MSR máxima em função da aplicação de doses de óxido e fontes de fósforo ..... 21
- 8 - Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), altura máxima e doses para obtenção da máxima altura do capim Marandu em função da aplicação de doses de óxido de Ca e Mg e duas fontes de fósforo ... 22
- 9 - Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), perfilhamento máximo e doses para obtenção do perfilhamento máximo do capim Marandu em função da aplicação de doses de óxido e fontes de fósforo ..... 23
- 10 - Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), acúmulo máximos de fósforo, cálcio e magnésio e doses para obtenção do acúmulo máximo no capim Marandu em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo..... 24

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
5. CONCLUSÕES .....	25
REFERÊNCIAS.....	26

## 1. INTRODUÇÃO

Grande extensão das áreas agricultáveis brasileiras é destinada à pecuária. Os pastos brasileiros são formados, na sua maioria, pela espécie *Brachiaria brizantha*. Das cultivares adotadas, a Marandu, é o que apresenta maior destaque em virtude das suas características agronômicas de rusticidade, resistência a pragas, tolerância à acidez e ao estresse hídrico. Contudo, é uma forrageira, altamente responsiva à adubação e calagem (BODDEY *et al.*, 2004; MACEDO, 2006).

No Brasil e no mundo, expressiva fração das pastagens encontra-se degradadas ou em processo de degradação. Essas áreas possuem baixa capacidade de suporte e se caracterizam, principalmente, por solos ácidos e baixa fertilidade (BODDEY *et al.*, 2004; DIAS-FILHO, 2011). Nessas condições, o desenvolvimento fisiológico normal das plantas é comprometido e, como resposta, observam-se variações nas taxas de crescimento e redução da produção de biomassa (SOARES; MACHADO, 2007).

O manejo inadequado dos solos é a principal causa da degradação. Observa-se, nessas áreas, talvez, por questões culturais, o uso do sistema extensivo, com reduzida ou inexistente aplicação de corretivos e fertilizantes (MACEDO, 2009; DIAS-FILHO, 2011). A reposição dos nutrientes exportados da área é fundamental para a implantação, renovação e/ou recuperação das pastagens (LUZ *et al.*, 2000).

Uma das justificativas para a não correção dos solos em áreas de pastagem é o custo dos corretivos, altamente influenciado pelo transporte da fábrica até a propriedade. Como medida de reduzir os custos com o frete dos corretivos de acidez do solo, tem-se buscado fontes locais ou fontes com alta reatividade.

Dentre as fontes de alta reatividade, tem-se verificado um aumento do uso de óxido de cálcio (CaO) e magnésio (MgO) nas atividades agrícolas. Esse corretivo apresenta elevado teor de Ca e Mg, no entanto, pouco se verifica a respeito do seu efeito sobre os parâmetros da acidez do solo e fornecimento de cálcio e magnésio para as plantas, bem como as possíveis

influências sobre a disponibilidade de fósforo no solo e absorção pelas plantas.

A resposta das gramíneas, sob condição de calagem, ainda, não elucida um consenso no meio científico (OLIVEIRA *et al.*, 2003; PAULINO *et al.*, 2006). As possíveis explicações são baseadas nas diferentes características químicas e físicas dos solos e na tolerância variável à acidez do solo, das principais gramíneas forrageiras (QUAGGIO, 2000; MACEDO, 2005). Com isso, as respostas produtivas variam entre espécies ou até mesmo entre cultivares da mesma espécie (SOUSA *et al.*, 2007).

Outro desafio à agricultura são os baixos teores de P, nos solos. A alta capacidade de fixação do fósforo (P), na fase sólida, com a posterior perda desse elemento, também, é a causa da baixa produtividade. A necessidade da elevada aplicação desse elemento, na maioria das vezes, não é atendida, e, em condição de deficiência de P, as plantas respondem com inibição do perfilhamento e redução da produção da matéria seca da parte aérea e raiz (OLIVEIRA *et al.*, 2003; MESQUITA *et al.*, 2004).

A adubação fosfatada é uma alternativa de suprir a necessidade da cultura (SOUSA e LOBATO, 2003). Dentre as fontes disponíveis, os fosfatos naturais reativos possuem efeito residual o que possibilita a liberação lenta do P na solução do solo e reduz as perdas por fixação (CAIONE *et al.*, 2011) além de menor custo.

O aumento da produtividade agrícola, em países subdesenvolvidos, e o decorrente aumento da renda são consequência da intensificação da pesquisa e na sua difusão, por meio de técnicas e tecnologias (VIEIRA FILHO e SILVEIRA, 2012).

Diante da importância do fornecimento de Ca, Mg e P para qualidade das pastagens, buscou-se, neste trabalho, avaliar as alterações nos atributos químicos do solo, na produtividade e nutrição da *Brachiaria brizantha* cv Marandu em função de doses de óxido e de duas fontes de fósforo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A produção nacional de carne e leite possui dependência ao cultivo de gramíneas forrageiras. Na produção de carne, a maior parte do rebanho brasileiro é criada, exclusivamente, a pasto (FERRAZ e FELÍCIO, 2010). São cerca de 209 milhões de animais, criados em 20% do território brasileiro, o que representa 172,3 milhões de hectares destinados à pastagem (IBGE 2007; ABIEC, 2014).

Considerando esse sistema de criação, os brasileiros possuem o menor custo na produção de carne do mundo (CARVALHO *et al.*, 2009; DEBLITZ, 2012; FERRAZ e FELÍCIO, 2010). Isso porque as condições edafoclimáticas e de adaptabilidade das forrageiras bem como a extensão territorial do Brasil são favoráveis para a pecuária.

Das forrageiras empregadas nessa atividade, a *Brachiariabrizantha* cv. Marandu representa cerca de 50% das pastagens cultivadas no Brasil (BODDEY *et al.*, 2004; MACEDO, 2006) e está entre as mais estudadas (FONSECA *et al.*, 2006). Conhecida como capim Marandu, essa forrageira apresenta elevada produção de massa seca, boa distribuição de produção durante o ano e alta resposta à adubação.

Apesar das vantagens do clima e das gramíneas empregadas nessa atividade, os baixos índices zootécnicos brasileiros evidenciam entre vários fatores o manejo inadequado das pastagens. Estima-se que 60 a 80% das áreas de pasto estão em processo de degradação (MIRANDA, 2001).

Uma pastagem degradada possui baixa capacidade de suporte e se caracteriza por ser uma área de reduzida produção de biomassa, de baixa fertilidade, invadidas por plantas daninhas e por ninhos epígeos de cupins (RODRIGUES *et al.*, 2000; BODDEY *et al.*, 2004; DIAS-FILHO, 2011).

Observa-se, ainda, nessas áreas, talvez por questões culturais, o uso do sistema extensivo, com reduzida ou inexistente aplicação de corretivos e fertilizantes para o suprimento da exigência da forrageira (LUZ *et al.*, 2000; MACEDO, 2009; DIAS-FILHO, 2011). Consequentemente, os índices de produtividade desses sistemas pecuários são baixos e os declínios de

produção ao longo do tempo são evidentes (MIRANDA, 2001; DIAS-FILHO, 2011).

Dentre os elementos exigidos pelas plantas, o Ca e o Mg são geralmente supridos pela aplicação de corretivos (MALAVOLTA, 2008; SANTANA *et al.*, 2010).

Na busca por fornecer esses elementos de maneira econômica, tem-se observado, nos últimos anos, a adoção dos óxidos mesmo sem critérios técnicos. Uma vez que não são encontradas, na literatura, as possíveis respostas em pastagem.

Os óxidos de Ca e Mg são comercializados em compostos nas concentrações de 60% e 30% dos respectivos sais. O calcário agrícola, mais comum dos corretivos, por exemplo, possui entre 32 a 55% de CaO e 0,9 a 19% de MgO (PRADO; FERNANDES, 2000; ANDRADE; ABREU, 2006). O que denotaria a necessidade de maior quantidade do calcário por área, para o suprimento de Ca e Mg, em relação ao óxido.

A absorção do magnésio está associada à relação de equilíbrio com cálcio na solução do solo (NOVAIS *et al.*, 2007) quando maior a relação menor a absorção de magnésio (FERNANDES, 2006). Em estudo com soja, foi observado menor teor de Mg para as altas relações de Ca:Mg no solo. Já os teores foliar do fósforo não foi influenciado por essa razão (SALVADOR *et al.*, 2011). No cultivo do milho, foram obtidas respostas positivas no teor foliar do fósforo, nas relações Ca:Mg de 3:1 (MUNOZ HERNANDEZ; SILVEIRA, 1998).

A *Brachiariabrizantha* cv. Xaraés, quando submetidas à aplicação de calcário dolomítico, PRNT 97%, apresentou maior acúmulo de Ca e Mg. No entanto, a maior produção de matéria seca foi verificada na ausência da calagem (TIRITAN *et al.*, 2008). O mesmo foi verificado para *Brachiaria decumbens* Stapf submetidas à aplicação de calcário ou silicato em diferentes doses (SANTANA *et al.*, 2010).

OLIVEIRA *et al.*, (2009), trabalhando com o capim Marandu, sob aplicação de Ca, apresentaram maior produção de matéria seca quando a fonte utilizada foi o gesso em relação ao calcário.

O efeito da calagem sobre a produtividade das gramíneas forrageiras ainda não elucida um consenso no meio científico (OLIVEIRA *et al.*, 2003; PAULINO *et al.*, 2006). As possíveis explicações são baseadas nas diferentes características químicas e físicas dos solos e na tolerância variável, à acidez do solo, das principais gramíneas forrageiras (QUAGGIO, 2000; MACEDO, 2005). Com isso, as respostas produtivas variam entre espécies ou até mesmo entre cultivares da mesma espécie (SOUSA *et al.*, 2007).

As influências que a calagem pode proporcionar na disponibilidade do P no solo são também motivo de estudo. Pesquisas realizadas nas décadas passadas por Hammond *et al.*, (1986) comprovam a maior solubilidade dos fosfatos naturais, em solos ácidos. A elevada concentração de  $H^+$  poderia ser atribuída ao enfraquecimento da estrutura cristalina da apatita, em decorrência da substituição isomórfica do fosfato ( $PO_4^{-3}$ ) pelo carbonato ( $CO_3^{-2}$ ). O  $CO_3^{-2}$  é produto da reação da maioria dos corretivos comercialmente utilizados. No entanto, na presença de água, ou solução do solo, o CaO e MgO, corretivo utilizado, liberam apenas  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{+2}$  e  $OH^-$ . Logo essa hipótese de menor solubilidade seria descartada caso o corretivo utilizado fosse o óxido.

Para Novais; Smyth (1999), com elevados teores de Ca na solução do solo e a conseqüente menor solubilização dos fosfatos naturais, reduz o efeito dreno-cálcio do solo. Junio *et al.*, (2013) observaram reduzida solubilização do fosfato natural sob condição de elevados teores de Ca no solo no cultivo do milho. Para Olibone (2005), excesso de cálcio na solução do solo promovea formação de fosfato bicálcico, forma do P indisponível para as plantas.

Nesses casos de excesso de Ca, condiciona em menor disponibilidade do P e um possível déficit no suprimento desse elemento para as plantas. Caso ocorra, será evidenciada reduzida produção da matéria seca da raiz e parte aérea e inibição do perfilhamento. Para as braquiárias, o nitrogênio e fósforo são os nutrientes que mais limitam o crescimento. A deficiência desses elementos é citada como principal causa da degradação da pastagem (OLIVEIRA *et al.*, 2003; MESQUITA *et al.*, 2004).

Outro motivo de redução dos teores de P é em virtude de sua alta capacidade de retenção desse elemento aos colóides de solos intemperizados. A adubação fosfatada é uma alternativa para reverter essa condição de déficit do elemento, em solução, e suprir a necessidade da cultura (SOUSA e LOBATO, 2003). No entanto, faz-se necessário conhecer as possíveis influências do P nas reações do solo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação não-climatizada, de cobertura em arco e de polietileno do Instituto de Ciências Agrárias, na Universidade Federal de Minas Gerais, município de Montes Claros – MG, localizado na latitude 16° 44' 06" S, na longitude 43° 51' 42" W e a 648m de altitude.

Utilizou-se a camada superficial (0 a 20 cm de profundidade) de um solo arenoso (Neossolo Quartzarênico), representativo de áreas de pastagens formadas após a retirada da vegetação nativa de Cerrado das chapadas do Norte de Minas Gerais. O solo coletado foi destorroado e utilizou-se apenas a fração 100% passante em peneira de 4 milímetros de abertura de malha. Parte foi submetida à passagem na malha de 2 milímetros, para obtenção de Terra fina seca ao ar (TFSA), para posterior determinação das características química e física, conforme metodologia descrita pela Embrapa (1997): pH em água = 6,6; MO = 1,17 dag kg<sup>-1</sup>, P remanescente = 46,53mg L<sup>-1</sup>, PMehlich = 1,7 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 30 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 0,6 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,3 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0 cmol dm<sup>-3</sup>; (H + Al) = 0,61cmolc dm<sup>-3</sup>; SB = 0,98 cmolc dm<sup>-3</sup>; t = 0,98 cmolc dm<sup>-3</sup>; T = 1,59 cmolc dm<sup>-3</sup>; argila = 2 dag kg<sup>-1</sup>, silte = 6 dag kg<sup>-1</sup> areia grossa = 58,5 dag kg<sup>-1</sup> e areia grossa = 33,5 dag kg<sup>-1</sup>.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5x2) com três repetições, os quais constituíram de cinco doses de óxido de cálcio e magnésio que são: 0, 200, 400, 800 e 1200 kg ha<sup>-1</sup>, e 2 fontes de fósforo (fosfato natural Bayovare superfosfato simples).

O fosfato natural de Bayovar(FN) apresenta composição de 26 %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, 5,1 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel, 34% de Ca e 0,4 % deMg. E o Superfosfato simples (SS): 16 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em H<sub>2</sub>O;18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em CNA+H<sub>2</sub>O; 20% de Ca e 12% de S.As doses utilizadas foram de 0,4 g dm<sup>-3</sup>para FN e 0,5 g dm<sup>-3</sup> para SS, segundo Malavolta (1997). E cada parcela experimental é representada por um vaso contendo 5 kg de solo.

A forrageira cultivada foi a *Brachiariabrizantha* cv. Marandu. Com semeadura em dezembro do ano de 2014e desbaste para seis plantas por vaso como sugerido por Sbrissiae; Silva, (2008).

Durante o cultivo, as forrageiras foram irrigadas com água destilada e as exigências nutricionais foram supridas com adubações de cobertura, segundo recomendação proposta por Malavolta *et al.* (1997) com as aplicações de  $50 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  de K, utilizando como fonte o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, respectivamente, a cada 20 dias.

Após 70 dias do plantio, foram avaliados altura, número de perfilho. Em seguida, foi realizado o primeiro corte da parte aérea, a 8 cm do solo, cujo material coletado foi seco em estufa de circulação forçada de ar a  $70^{\circ}\text{C}$ , até atingir massa constante, para determinação da matéria seca parte aérea (MSPA). Posteriormente foram moídas, em moinho tipo Willey e submetida ao método proposto por Malavolta *et al.* (1997) para determinadas os teores de N, P K, Ca Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu. Na sequência, foram realizados mais três cortes, com intervalos de 35 dias, em que foram repetidas as avaliações do primeiro corte.

Nos mesmos períodos dos cortes foram realizadas amostragens do solo, para caracterização química em laboratório, conforme metodologia descrita por Embrapa (1997).

Após o último corte, as raízes foram lavadas e secas em estufa de circulação forçada de ar a  $70^{\circ}\text{C}$  para determinação da matéria seca da raiz (MSR).

Os resultados foram submetidos a análise de variância e, quando significativo, foi realizado o teste de regressão e as médias foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH do solo, que representa a acidez ativa, aumentou linearmente com o aumento das doses de óxido de cálcio e magnésio no primeiro e no segundo corte, tanto com a utilização de SS quanto de FN (Tabela 1). No terceiro e no segundo cortes, embora não significativo estatisticamente, observou-se uma redução nos valores de pH e os ajustes das equações foram quadráticas, independentemente da forma de fósforo (Tabela 1).

TABELA 1

Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), pH máximo e doses para obtenção do pH máximo do solo em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo

Corte	Fonte de fósforo	Equação	$R^2$	Máxima pH	Dose de óxido (Kg ha <sup>-1</sup> )
1°	SS	$y=4,9971+0,0025^{**}x$	0,99	7,99a	1200
	FN	$y=6,2862+0,0014^{**}x$	0,96	7,96a	1200
2°	SS	$y=5,373+0,0019^{**}x$	0,99	7,65a	1200
	FN	$y=6,342+0,0012^{**}x$	0,91	7,78a	1200
3°	SS	$y=5,6779+0,0026^{**}x-0,000001^{**}x^2$	0,94	7,36a	1200
	FN	$y=5,8181+0,0012^{**}x-0,0000007^{**}x^2$	0,99	6,33a	800
4°	SS	$y=4,9121+0,0024^{**}x-0,000001^{**}x^2$	0,98	6,35a	1160
	FN	$y=5,515+0,0014^{**}x-0,0000006^{**}x^2$	0,92	6,33a	1100

Em cada corte, os valores máximos ou médios de pH, seguidos da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

Não houve diferença significativa entre as fontes de fósforo, quanto ao pH do solo, possivelmente, pela elevada saturação por bases (V%) atingida pela aplicação do óxido de cálcio e magnésio. Dessa forma, pode-se inferir que os cátions de caráter básico, adicionados pela aplicação do óxido, possivelmente, foi suficiente para neutralizar a acidez natural do solo, bem como o H<sup>+</sup> proveniente da reação do SS. Na literatura é reconhecida a possível alteração do pH do solo com a aplicação do SS, uma vez que o ácido fosfórico, um dos produtos da hidrólise do SS, dissocia-se em PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> e H<sup>+</sup> (BRAGA; AMARAL, 1971; CEKINSKI *et al.*, 1990). Já os fosfatos naturais, na presença de água, liberam íons de Ca<sup>+2</sup> + PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> e F<sup>-</sup>, que podem contribuir para a neutralização da acidez natural do solo (MALAVOLTA *et al.*, 2006).

No cultivo de alfafa, em condição de vaso, Moreira *et al.* (2002) verificaram que não houve alteração do pH do solo, em função da aplicação de FN, corroborando com os resultados do presente trabalho.

Em relação à saturação por bases (V), independentemente da fonte de fósforo, verificou-se um aumento linear com as doses de óxido de Ca e Mg nos quatro cortes, exceto para o SS no quarto corte (Tabela 2).

TABELA 2  
Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), V% máximo e doses para obtenção do V% máximo do solo em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo.

Corte	Fonte de fósforo	Equação	$R^2$	Máxima V%	Dose de óxido (Kg ha <sup>-1</sup> )
1º	SS	$y = 56,069 + 0,0145^{**}x$	0,98	73,46a	1200
	FN	$y = 62,118 + 0,0135^{**}x$	0,93	78,31a	1200
2º	SS	$y = 43,408 + 0,0132^{**}x$	0,97	59,24a	1200
	FN	$y = 46,112 + 0,0231^{**}x$	0,94	73,83a	1200
3º	SS	$y = 51,911 + 0,0084^{**}x$	0,99	61,99a	1200
	FN	$y = 54,42 + 0,0056^{**}x$	0,99	61,14a	1200
4º	SS	$y = 47,915 + 0,032^{**}x - 0,00001^{**}x^2$	0,98	73,51a	1570
	FN	$y = 49,244 + 0,0117^{**}x$	0,99	63,28a	1200

Em cada corte, os valores máximos de V% seguidos da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

O solo utilizado neste estudo, apesar de ser um solo sob vegetação de Cerrado, com baixos teores de Ca e Mg, observa-se, pelos interceptos das equações ajustadas, que os valores de V no tratamento sem aplicação de óxido de Ca e Mg foram superiores a 43% (Tabela 2). Esses valores são considerados adequados para o Capim Marandu. Segundo a Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999), um valor de V igual a 45% já atende as exigências dessa forrageira.

Quanto às fontes de fósforo, não houve diferenças significativas nos valores de V quando se aplicou SS ou FN (Tabela 2).

Para os teores de Ca e Mg, independentemente da fonte de fósforo, verificou-se um aumento linear com as doses de Ca e de Mg, nos quatro cortes (tabela 3 e 4). Esses resultados evidenciam que o corretivo utilizado é uma fonte de Ca e Mg, elevando os teores de baixo para alto. De acordo com Oliveira *et al.* (2009), o Capim Marandu é sensível à baixa disponibilidade de

Ca dos solos, associada ou não a elevados teores de alumínio. Esses autores verificaram incrementos significativos na produção de biomassa do Capim Marandu quando se elevaram os teores de Ca do solo.

Não houve diferenças significativas nos teores de Ca (tabela 3) e magnésio (tabela 4), em função das fontes de fósforo, exceto no segundo corte em que o teor de cálcio foi maior com a aplicação de FN (tabela 3).

TABELA 3

Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), teor de Ca máximo e doses para obtenção do teor de Ca máximo do solo em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo

Corte	Fonte de P	Equação	$R^2$	Máximo teor Ca (cmolc)	Dose de óxido (Kg ha <sup>-1</sup> )
1°	SS	$y = 0,6816 + 0,0006^{**}x$	0,99	1,40a	1200
	FN	$y = 0,8302 + 0,0004^{**}x$	0,87	1,31a	1200
2°	SS	$y = 0,3919 + 0,0004^{**}x$	0,95	0,87b	1200
	FN	$y = 0,4598 + 0,0007^{**}x$	0,95	1,29a	1200
3°	SS	$y = 0,6856 + 0,0002^{**}x$	0,95	0,92a	1200
	FN	$y = 0,6336 + 0,0002^{**}x$	0,99	0,87a	1200
4°	SS	$y = 0,5459 + 0,0003^{**}x$	0,97	0,90a	1200
	FN	$y = 0,4648 + 0,0004^{**}x$	0,99	0,94a	1200

Em cada corte, os valores máximos ou médios do teor de Ca, seguidos da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor

TABELA 4

Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), teor de Mg máximo e doses para obtenção do teor de Mg máximo do solo em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo

Corte	Fonte de P	Equação	$R^2$	Máximo teor Mg (cmolc)	Dose de óxido (Kg ha <sup>-1</sup> )
1°	SS	$y = 0,2996 + 0,0002^{**}x$	0,97	0,53 a	1200
	FN	$y = 0,2526 + 0,0003^{**}x$	0,94	0,61 a	1200
2°	SS	$y = 0,2403 + 0,0001^{**}x$	0,98	0,36 a	1200
	FN	$y = 0,2866 + 0,0002^{**}x$	0,93	0,52 a	1200
3°	SS	$y = 0,2253 + 0,0001^{**}x$	0,88	0,34 a	1200
	FN	$y = 0,2477 + 0,0002^{**}x$	0,91	0,49 a	1200
4°	SS	$y = 0,1063 + 0,0018^{**}x - 0,000001^{**}x^2$	0,91	0,91 a	900
	FN	$y = 0,1900 + 0,0004^{**}x$	0,94	0,67 a	1200

Em cada corte, os valores máximos ou médios do teor de Mg, seguidos da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

Para os teores de P, houve efeito significativo das doses de óxido de Ca e Mg, no primeiro corte, independentemente da fonte de P, bem como no terceiro e quarto, quando a fonte de P foi o SS. Nos demais cortes e tratamentos, a aplicação do óxido de Ca e Mg não influenciou os teores de P (Tabela 5).

TABELA 5  
Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), teor de P máximo e a doses para obtenção do teor de P máximo do solo em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo

Corte	Fonte de P	Equação	$R^2$	Máximo teor P (mg dm <sup>-3</sup> )	Dose de óxido (Kg ha <sup>-1</sup> )
1º	SS	$y = 7,6357 + 0,0043 \cdot x$	0,97	12,79b	1200
	FN	$y = 22,1445 - 0,00924 \cdot x + 0,0154 \cdot x^{0,5}$	0,98	22,14a	0
2º	SS	$y = 8,21$	0,96	8,21 b	0
	FN	$y = 14,23$	0,99	14,23 a	0
3º	SS	$y = 4,8078 - 0,0006 \cdot x$	0,92	4,81 b	0
	FN	$y = 12$	0,98	12,00a	0
4º	SS	$y = 4,4517 + 0,0027 \cdot x - 0,000001 \cdot x^2$	0,93	6,27b	1270
	FN	$y = 10,70$	0,99	10,70a	0

Em cada corte, os valores máximos ou médios do teor de P, seguidos da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

Quanto às fontes de P, em todos os cortes, os teores de P foram superiores, quando se aplicou o FN. No entanto, o extrator utilizado foi o Mehlich1, o que pode ter superestimado o P disponível. Duarte *et al.* (2015) verificaram que o extrator Mehlich 1, por ser um extrator ácido, superestimou o P disponível, para plantas de milho, quando a fonte de P era o fosfato natural reativo. As fontes de P mais solúveis, como o SS, disponibilizam maiores quantidade desses nutrientes para as plantas, quando comparadas às menos solúveis, como os FNs (BEDIN *et al.*, 2003; SOUSA *et al.*, 2007; RAMOS *et al.*, 2009). Nesse sentido, teores adequados não somente de fósforo, mas também de Ca e Mg são fundamentais, para o desenvolvimento da raiz, de modo a aumentar a absorção de nutrientes e a produção de biomassa (GUEDES, 2009; MARSCHNER, 2012).

Para a matéria seca da parte aérea (MSPA), verificou-se incremento de produção com as doses de óxido de Ca e Mg, quando a fonte de fósforo era

o SS, exceto no terceiro corte, onde houve diferença significativa para as doses de óxido de Ca e Mg (tabela 6).

Nos tratamentos com aplicação de SS, a máxima produção de MSPA ocorreu nas doses de 80, 150, 725 e 950 kg ha<sup>-1</sup> de óxido de Ca e Mg, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto cortes, respectivamente (tabela 6). O aumento das doses de óxido de Ca e Mg em um dos números de corte pode estar associado à extração de Ca e Mg pelas plantas de Capim Marandu.

Por outro lado, quando a fonte de P foi o FN, observou-se efeito negativo do aumento das doses de óxido de Ca e Mg no primeiro e no segundo cortes, enquanto não houve diferenças significativas no terceiro e quarto cortes (Tabela 6).

**TABELA 6**  
Equações de regressão, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), MSPA máxima e doses para obtenção da MSPA máxima do Capim Marandu em função da aplicação de doses de óxido fontes de fósforo

Corte	Fonte de P	Equação	R <sup>2</sup>	Máxima MSPA (g vaso <sup>-1</sup> )	Dose de óxido (Kg ha <sup>-1</sup> )
1º	SS	$y = 20,1329 - 0,0092^{**}x + 0,1681^{**}x^{0,5}$	0,98	20,90 a	80
	FN	$y = 3,8219 - 0,0063^{**}x + 0,000003^{**}x^2$	0,94	3,82 b	0
2º	SS	$y = 9,9553 - 0,0065^{**}x + 0,1586^{**}x^{0,5}$	0,97	10,92 a	150
	FN	$y = 7,2773 - 0,0044^{**}x$	0,99	7,27 b	0
3º	SS	$y = 9,1923 + 0,0087^{**}x - 0,000006^{**}x^2$	0,94	11,31 a	725
	FN	$y = 8,37$	0,95	8,37 b	0
4º	SS	$y = 8,2519 + 0,0096^{**}x - 0,000005^{**}x^2$	0,99	12,85 a	950
	FN	$y = 9,83$	0,98	9,83 b	0

Em cada corte, os valores máximos ou médios de MSPA não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

As respostas negativas à aplicação de óxido de Ca e Mg, no primeiro e no segundo cortes nos tratamentos com FN, provavelmente estão associadas à baixa disponibilidade de fósforo e aos elevados valores de pH. A aplicação de fontes de Ca e a elevação do pH diminuem, consideravelmente, a solubilidade de fontes de P pouco solúveis, como os FNs (NOVAIS; SMYTH, 1999; OLIBONE, 2005). No terceiro e no quarto cortes, em ligeira diminuição do pH do solo (tabela 1), não houve efeito das doses de óxido de Ca e Mg quando nos tratamentos com FN. Dessa forma, pode - se inferir que as

plantas de Capim Marandu foram muito mais sensíveis à disponibilidade de P do que de Ca e Mg e que, em curto prazo, o SS foi uma fonte melhor de P que o FN.

A baixa produção de MSPA, nos tratamentos com FN, em função da disponibilidade de P, contraria os resultados obtidos pelo extrator Mehlich1 (tabela 5), o que evidencia que esse método extraiu P de formas não disponíveis do FN.

Para a produção de matéria seca de raízes (MSR), avaliada ao final do estudo, após o quarto corte, verificou-se efeito significativo das doses de óxido de Ca e Mg quando a fonte de P foi o SS. Nesse tratamento, a dose de óxido de Ca e Mg, para a máxima produção de raízes, foi de 450 kg ha<sup>-1</sup>. (tabela 7). Quando a fonte de P foi o FN, houve uma redução da produção de MSR com o aumento das doses de óxido de Ca e Mg (tabela 7). Possivelmente, esses resultados foram em decorrência da não disponibilização de P do FN e da elevação dos valores de pH, como descrito para a produção de MSPA.

TABELA 7

Equações de regressão, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), MSR máxima e doses para obtenção da produção da MSR máxima em função da aplicação de doses de óxido e fontes de fósforo

Fonte de P	Equação	R <sup>2</sup>	Máxima/média MSR (g vaso <sup>-1</sup> )	Dose de óxido (Kg ha <sup>-1</sup> )
SS	$y=94,828+0,0348**x-0,00004**x^2$	0,88	102,39a	450
FN	$y=61,585-0,0376**x$	0,91	61,58b	0

Em cada corte, os valores máximos ou médios de MSR não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

Corroborando com os resultados do presente estudo, Chagas *et al.* (2013), testando diferentes fontes de fósforo para a *B.brizantha* cv. Piatã verificaram maiores produções de MSPA e MSR nas fontes solúveis de P associadas à calagem. Nos tratamentos com fontes de baixa solubilidade, fosfatos naturais, as maiores produções foram obtidas na ausência da calagem.

Para o crescimento em altura não houve diferenças significativas, independentemente da fonte de P, em função das doses de óxido de Ca e Mg (tabela 8). No primeiro corte as plantas tratadas com SS atingiram primeiro a altura de corte, enquanto aquelas cultivadas com FN apresentaram um crescimento em altura três vezes menor (Tabela 8).

No segundo, terceiro e quarto cortes, no tratamento com fosfato natural, as plantas apresentaram altura significativamente maior que no tratamento com SS (tabela 8), em detrimento da produção de MSPA (tabela 6). Esses resultados corroboram com os obtidos por Chagas (2013) e Bonfim (2012), que verificaram maior crescimento em alturas nos tratamentos que proporcionaram a menor produção de MSPA para os capins Piatã e Marandu, respectivamente.

**TABELA 8**  
Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), altura máxima e doses para obtenção da máxima altura do capim Marandu em função da aplicação de doses de óxido de Ca e Mg e duas fontes de fósforo

Corte	Fonte de P	Equação	Máxima altura (cm)	Dose de óxido (Kg ha <sup>-1</sup> )
1°	SS	y=39,59	39,59 a	0
	FN	y=11,91	11,91 b	0
2°	SS	y=32,29	32,29 b	0
	FN	y=40,67	40,67 a	0
3°	SS	y=44,40	44,40 b	0
	FN	y=50,79	50,79 a	0
4°	SS	y=46,93	46,93 a	0
	FN	y=45,47	45,47 a	0

Em cada corte, os valores máximos ou médios de altura não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

Para número de perfilho do capim Marandu, não houve diferença significativa para as doses de óxido de Ca e Mg (Tabela 9), demonstrando que o incremento de Ca e Mg, para o solo estudado, não interferiu nessa característica da planta. Por outro lado, as fontes de P influenciaram significativamente no número de perfilho (Tabela 9).

Nos tratamentos com SS, nas quatro épocas avaliadas, o número de perfilho foi, significativamente, superior em relação ao verificado com FN, que foram, aproximadamente, 50% inferior (tabela 9).

**TABELA 9**  
Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), perfilhamento máximo e doses para obtenção do perfilhamento máximo do capim Marandu em função da aplicação de doses de óxido e fontes de fósforo

Corte	Fonte de P	Equação	Máximo perfilhamento (un)	Dose de óxido (Kg ha <sup>-1</sup> )
1°	SS	y = 4,10	4,10 a	0
	FN	y = 2,51	2,51 b	0
2°	SS	y = 9,33	9,33 a	0
	FN	y = 4,06	4,06 b	0
3°	SS	y = 9,98	9,98 a	0
	FN	y = 4,22	4,22 b	0
4°	SS	y = 10,54	10,54 a	0
	FN	y = 4,56	4,56 b	0

Em cada corte, os valores máximos ou médios de matéria seca da parte aérea não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

No presente estudo, constatou-se visualmente que, na época do segundo, terceiro e quarto cortes, as plantas de Capim Marandu, no tratamento com FN, apresentavam elevado crescimento em altura, menor número de perfilhos e menor produção de biomassa. Essa constatação é confirmada pela menor produção de MSPA nos tratamentos com FN (tabela 6). Dessa forma, de acordo com os resultados do presente estudo, pode - se inferir que, em condições de baixa disponibilidade de P, as plantas de Capim Marandu crescem em altura em detrimento da produção de biomassa e que o número de perfilhos está relacionado à produção de MSPA.

Rodrigues *et al.* (2012), também, observaram incrementos na produção de MSPA do capim *B. brizantha* cv. Xaraés com o aumento da densidade de perfilhos. Esses autores constataram, ainda, que a maior produção de MSPA e densidade de perfilhos da forrageira foram obtidas, quando o solo foi corrigido, para elevar a saturação por bases a 70% e a fonte de P era o SS.

Para o acúmulo de fósforo, cálcio e magnésio na MSPA do Capim Marandu, verificou-se, de modo geral, que as doses de óxido de cálcio e

magnésio influenciaram somente no primeiro e no segundo cortes (tabela 10). Em relação às fontes de fósforo, em função da produção de MSPA, os maiores acúmulos de P, Ca e Mg foram verificados nos tratamentos com SS.

Esses resultados evidenciam que, mesmo num solo com teores de baixos de Ca ( $0,6 \text{ cmolcdm}^{-3}$ ) e de Mg ( $0,3 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ) e muito baixo de acidez trocável, o Capim Marandu não responde muito pouco à aplicação de cálcio. Evidencia-se, também, que quatro cortes e remoção da parte aérea não foi suficiente para esgotar o P, Ca e Mg do solo.

TABELA 10

Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), acúmulo máximos de fósforo, cálcio e magnésio e doses para obtenção do acúmulo máximo no capim Marandu em função da aplicação de óxido e fontes de fósforo.

Corte	Fonte de fósforo	Equação	$R^2$	Máximoteor de P (g kg <sup>-1</sup> )	Dose de óxido (Kg ha <sup>-1</sup> )
Fósforo					
1º	SS	$y=21,028+0,0067^{**}x-0,00001^{**}x^2$	0,89	22,15a	350
	FN	$y=4,9934-0,0045^{**}x$	0,83	4,99b	0
2º	SS	$y=13,065+0,0126^{**}x-0,00001^{**}x^2$	0,71	17,03a	650
	FN	$y=10,118-0,0127^{**}x+0,000006^{**}x^2$	0,96	3,39b	1050
3º	SS	$y=12,22$	0,98	12,22 a	0
	FN	$y=10,73$	0,96	10,73 a	0
4º	SS	$y=9,9945+0,0202^{**}x-0,00002^{**}x^2$	0,83	15,09a	500
	FN	$y=13,24$	0,94	13,24a	0
Cálcio					
1º	SS	$y = 91,939 - 0,0314^{**}x$	0,83	91,93 a	0
	FN	$y = 13,236 - 0,0112^{**}x$	0,77	13,23 b	0
2º	SS	$y = 51,711 + 0,0459^{**}x - 0,00005^{**}x^2$	0,96	62,24 a	450
	FN	$y = 32,60 - 0,0220^{**}x$	0,98	32,60 b	0
3º	SS	$y = 42,98$	0,97	42,98 a	0
	FN	$y = 31,91$	0,95	31,91 b	0
4º	SS	$y = 51,00$	0,98	51,00 a	0
	FN	$y = 40,69$	0,95	40,69 b	0
Magnésio					
1º	SS	$y=73,574+0,0225^{**}x-0,00004^{**}x^2$	0,97	76,73a	280
	FN	$y=10,205-0,0078^{**}x$	0,79	10,20b	0
2º	SS	$y=46,688-0,0217^{**}x$	0,94	46,68a	0
	FN	$y=25,007-0,0112^{**}x$	0,99	25,00b	0
3º	SS	$y=42,17$	0,98	42,17 a	0
	FN	$y=31,19$	0,95	31,19 b	0
4º	SS	$y=37,97$	0,97	37,97 a	0
	FN	$y=37,42$	0,96	37,42 a	0

Em cada corte, os valores máximos ou médios de teor de Mg não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

## 5. CONCLUSÕES

O óxido de cálcio e magnésio aumenta os teores de cálcio e magnésio e os valores de pH e saturação por bases do solo.

O super fosfato simples, associado ou não à aplicação de óxido de cálcio e magnésio, proporcionou as maiores produções de biomassa do Capim Marandu.

O fosfato natural, associado com óxido de cálcio e magnésio, proporcionou as menores produções de biomassa e de número de perfilhos.

As doses de óxido de cálcio e magnésio e as fontes de fósforo não influenciaram na altura das plantas a partir do primeiro corte.

Após quatro cortes, não houve esgotamento da disponibilidade de cálcio e magnésio do solo pelas plantas de Capim Marandu quando o fosfato natural foi a fonte de fósforo.

Quando a fonte de fósforo foi o super fosfato simples, em função da maior produção de biomassa, as doses de silicato de cálcio e magnésio, para a produção máxima, foram de 80, 150, 725 e 950 kg ha<sup>-1</sup> para o primeiro, segundo, terceiro e quarto cortes, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

ABIEC. Site da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes Industrializadas. **Balço da Pecuária Bovídea de Corte**, 2015. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/>>. Acesso em: 28 jul. 2015.

ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. de, **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: IAC, 2006. 178p.

BEDIN, I.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUIN, V.; TOKURA, A. M.; SANTOS, J. Z. L.. Fertilizantes fosfatados e produção de soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 27, p. 639-646, 2003.

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R. M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, New York, v.103, p.389-403, 2004.

BONFIM-SILVA, E. M.; SANTOS, C. C.; FARIAS, L. N.; VILARINHO, M. K. C.; GUIMARÃES, S. L.; SILVA, T. J. A. Características morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com fosfato natural reativo em solo de cerrado. **Revista Agroambiente**, Roraima, v. 6, n. 2, p. 166-171, 2012.

BRAGA, J. M.; AMARAL, F. A. Efeito de fontes de fósforo na variação de pH e disponibilidade de fósforo, cálcio e magnésio. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 17, p. 325-335, 1971.

CAIONE, G.; LANGE, A.; BENETT, C.G.S.; FERNANDES, F.M. Fontes de fósforo para adubação de cana-de-açúcar forrageira no cerrado. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 66-73, 2011.

CARVALHO, T. B.; ZEN, S.; TAVARES, E. C. N. Comparação de custo de produção na atividade de pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/356.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2013.

CEKINSKI, E. Fertilizantes fosfatados. In: CEKINSKI, E.; CALMONOVICI, C. E.; BICHARA, J. M.; FABIANI, M.; GIULIETTI, M.; CASTRO, M. L. M. M.; SILVEIRA, P. B. M.; PRESSINOTTI, Q. S. H. C.; GUARDANI, R. (Ed.). **Tecnologia de produção de fertilizantes**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990. p. 95-129.

CHAGAS, W. F. T. **Eficiência agrônômica do fosfato reativo de Bayóvar associado ou não à calagem no cultivo do capim-piatã**. 2013. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; RODRIGUES, A. N. A. Calagem e adubação de pastagens. In: COSTA, N. L. (Ed.) **Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. p.81-115.

DEBLITZ, C. Beef and Sheep Report: understanding agriculture worldwide. **Agri benchmark**, [s. l.], 2012. Disponível em: <<http://www.agribenchmark.org/beef-and-sheep/publications-and-projects/beef-and-sheep-report.html>>. Acesso em: 30 jul. 2013.

DIAS-FILHO, M. B. (Ed.). **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém, 2011.

DUARTE, R. F.; SANTANA, C. S.; FERNANDES, L. A.; SILVA, I. C. B.; SAMPAIO, R. A.; FRAZAO, L. A. Phosphorus availability from natural and soluble phosphate sources for irrigated corn production. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 10, p. 3101-3106, 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

FELEMA, J.; RAIHER, A. P.; FERREIRA, C. R. Agropecuária Brasileira: desempenho regional e determinantes de produtividade. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 51, n. 3, 2013.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. Production systems - An example from Brazil. **Meat Ciência**, New York, v. 84, n. 2, 2010.

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; FARIA, D. J. G. Adubação em gramíneas do gênero Brachiaria: mitos e realidades In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DAS PASTAGENS, 3., 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.153-182.

GUEDES, E. M. S.; FERNANDES, A. R.; LIMA, E. V.; GAMA, M. A. P.; SILVA, A. L. P. Fosfato natural de Arad e calagem e o crescimento de Brachiariabrizanta em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. **Revista Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 52, p. 117-129, 2009.

HAMMOND, L. L.; CHIEN, S.H.; MOKWUNYE, A.V. Agronomic value of unacidulated and partially acidulated phosphate rocks indigenous to the tropics. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.40, p.89-140, 1986.

IBGE. **Censo Agropecuário Brasileiro**: Anuário Estatístico. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

JUNIO, G. R. Z.; Sampaio, R. A.; Nascimento, A. L.; SANTOS, G. B; SANTOS, L. D. T.; FERNANDES, L. A. Produtividade de milho adubado com composto de lodo de esgoto e fosfato natural de Gafsa. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 17, n. 7, 2013.

LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; VITTI, G. C.; LIMA, C. G. de. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agronômicas e fisiológicas do capim-tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 964–970, jul./ago. 2000.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura-pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Campo Grande, v.38, p.133-146, 2009.

MACEDO, M.C.M. Aspectos edáficos relacionados com a produção de *Brachiariabrizantha* cultivar Marandu. In: BARBOSA, R. A. **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p.35-65.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p.56-84.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 121, p.1-10, 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G .C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: Princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.

MESQUITA, E. E.; FONSECA, D. M.; PINTO, J. C.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; PEREIRA, O. G.; VENEGAS, V. H. A.; MOREIRA, L. M. Estabelecimento de pastagem consorciada com aplicação de calcário, fósforo e gesso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 428-436, 2004.

MIRANDA, C.H.B. Ciclagem de nutrientes em pastagens com vistas à sustentabilidade do sistema. In: HERRERO, M.; RAMÍREZ, A. (Ed.). **Manejo y evaluación de pasturastropicales**. Santa Cruz: CIAT, 2001. p.95-108.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, L. A. C. Eficiência de fontes e doses de fósforo na alfafa e centrosema cultivadas em Latossolo Amarelo. **Pesq. agropec. bras.**, v.37, n.10, Brasília, 2002.

MUNOZ HERNANDEZ, R. J.; SILVEIRA, R. I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca: Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 1, p. 79-85, 1998.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-537.

OLIBONE, D. **Variabilidade vertical de formas de fósforo em função de fontes e doses de fosfatos em semeadura direta**. Botucatu, 2005, 115f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual "Julio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrônômicas, Rio Claro, 2005.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; PROCHNOW, L. I.; KLEPKER, D. Eficiência agronômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 43, p. 623-631, 2008.

OLIVEIRA, I. P.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; MACIEL, G. A.; NEVES, B. P.; MACHADO, E. L. Efeitos de fontes de cálcio no desenvolvimento de gramíneas solteiras e consorciadas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, n. 2, 2009.

OLIVEIRA, P. P. A.; BOARETTO, A. E.; TRIVELINI, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Liming and fertilization to restore degraded *Brachiaria decumbens* pastures grown on an entisol. **Sci. agri.**, Piracicaba, v. 60, n.1, p.125-131, 2003.

PAULINO, V. T.; COSTA, N. L.; RODRIGUES, A. N. A. Resposta de *Panicum maximum* cv Massai à níveis de calagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa.. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. (CD-ROM).

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana de açúcar em vaso. **Scientia Agrícola**, São Paulo, v. 57, n. 4, p. 739-744, 2000.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: IAC, 2000. 111p

RAIJ, B. V. Correção do solo. In: RAIJ, B. V. (Ed.). **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. p. 352-375.

RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C. R.; SILVA, C. A.; BOLDRIN, P. F. Biomass production and phosphorus use of forage grasses fertilized with two phosphorus sources. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v.33, p.335-343, 2009.

RODRIGUES, L. R. A.; QUADROS, D. G.; RAMOS, A. K. B. Recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO PECUÁRIA 2000 – PERSPECTIVAS PARA O III MILÊNIO, 1., 2000, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: USP, 2000. p.1-17.

RODRIGUES, R. C.; LIMA, D. O. S.; CABRAL, L. S.; PLESE, L. P. M.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; UTSONOMYA, T. C. A.; SIQUEIRA, J. C.; JESUS, A. P. R. Produção e morfofisiologia do capim Brachiariabrizantha cv. Xaraéssob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.2, n.1., p.124-131, 2012

ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 448-455, 1998.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Rev. Acad. Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-32, 2011.

SANTANA, G. S.; MORITA, I. M.; BIANCHI, P. P. M.; FERNANDES, F. M.; ISEPON, O. J. Atributos químicos, produção e qualidade do capim braquiária em solos corrigidos com calcário e escória silicatada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, p. 377-382, 2010.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.1, p.35-47, 2008.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica**, São Luís, v. 1, n. 1, p. 15, 2007.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Piracicaba, Potafos, 2003. 16p. (Informações Agrônômicas, 102).

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, A. S. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205-274.

TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S; SANTOS, D. H; SATO, A. M.; DOMINGUES, W. L. Resposta à calagem da *Brachiaria brizantha* submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 4, n.2, p. 18-26, 2008.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solo e fertilidade do solo**. 6 ed. São Paulo: Organização Andrei, 2001 718p.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Piracicaba, v. 50, n. 4, p. 721-742, out./dez. 2012.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (IZ. Boletim Técnico, 18).