



**Universidade Federal de Minas Gerais
Campus Montes Claros**

Mestrado em Produção Vegetal

**CORRETIVOS E CORREÇÃO DO SOLO PARA PASTAGENS NO
NORTE DE MINAS GERAIS**

ISMAEL DE JESUS FERREIRA AMORIM

MONTES CLAROS - MG

2017

ISMAEL DE JESUS FERREIRA AMORIM

**CORRETIVOS E CORREÇÃO DO SOLO PARA PASTAGENS NO
NORTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação 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

2017

A524c Amorim, Ismael de Jesus Ferreira.
2017

Corretivos e correção do solo para pastagens no norte de Minas Gerais / Ismael de Jesus Ferreira Amorim. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias/UFMG, 2017.

58 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

Orientador: Prof. Luiz Arnaldo Fernandes.

Banca examinadora: Leidivan Almeida Frazão, Virgílio Mesquita Gomes, Luiz Arnaldo Fernandes.

Referências: f: 50-58.

1. Solos – Pastagem. 2. Correção da Acidez. I. Fernandes, Luiz Arnaldo. II. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. III. Título.

CDU: 631.4

ISMAEL DE JESUS FERREIRA AMORIM

**CORRETIVOS E CORREÇÃO DO SOLO PARA PASTAGENS NO
NORTE DE MINAS GERAIS**

Prof. Dr. Luiz Arnaldo Fernandes
(Orientador – ICA/UFMG)

Aprovada em 22 de fevereiro de 2017.

Dedico aos meus pais, Euclides e Ivonete, pelo carinho e apoio em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado sabedoria e força e para concluir mais esta etapa da minha carreira profissional.

Aos meus pais e a minha família por todo carinho e incentivo.

Ao meu orientador, Luiz Arnaldo Fernandes, pela paciência, confiança e pelos ensinamentos transmitidos ao longo da realização deste trabalho.

E agradeço especialmente aos meus amigos Manoel Martins, Luis Henrique e Rodrigo Martins, Kátia Graciele, Sandro e aos servidores da biblioteca do ICA/UFMG pela assintência prestada durante o desenvolvimento da pesquisa e conclusão do trabalho.

Obrigado!

RESUMO

Avaliaram-se práticas de correção da acidez sobre os atributos químicos do solo das camadas de 0-10 e 0-20 cm de profundidade e sobre a nutrição e produção de *Urochloa brizantha* cv. Marandu cultivada em sistemas de manejo irrigado e de sequeiro. O estudo foi realizado em áreas de Latossolo Vermelho distrófico no Norte de Minas Gerais implantadas sob três diferentes sistemas de manejo da correção da acidez do solo. O sistema 1 consistiu na adição de 350 e 700 kg ha⁻¹ de óxido de cálcio e magnésio estimados pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio magnésio e pelo método da saturação por bases, respectivamente. O sistema 2 consistiu na adição de 1200 kg ha⁻¹ de calcário e 750 kg ha⁻¹ de óxido de cálcio e magnésio estimados pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio. O sistema 3 foi implantado em área não irrigada e irrigada por pivô central com aplicação de 400 kg ha⁻¹ de óxido de cálcio e magnésio estimados pelos métodos da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio e da saturação por bases. Coletaram-se aleatoriamente amostras de solo, forragem e folha diagnóstica para análise dos atributos químicos, produção de massa seca da parte aérea (MSPA) e teor de nutrientes na planta, respectivamente. O sistema 1 foi avaliado após 1 ano da correção da acidez do solo. Para os sistemas 2 e 3 as avaliações ocorreram no segundo ano após a correção. Para cada variável calculou-se a média e o intervalo de confiança estimado pelo teste t de *Student* a 5% de probabilidade. A produção de MSPA dos diferentes sistemas foi correlacionada com os teores de nutrientes na folha de referência, e na parte aérea das plantas, assim como a MSPA e teores de nutrientes na folha de referência, e na parte aérea das plantas foi correlacionada com os atributos químicos do solo, na camada de 0 a 10 e 0 a 20 cm de profundidade, por meio da correlação de Pearson a 5%. Os teores de cálcio e magnésio do solo foram maiores nas áreas em que a dose do corretivo, óxido de cálcio e magnésio, foi estimada pelo método da saturação por bases quando comparados com os teores das áreas onde a dose do corretivo foi estimada pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de Ca e Mg. Ao longo de dois anos de cultivo, o calcário manteve o pH do solo mais próximo da neutralidade, porém os teores de Mg foram menores que aqueles onde foi aplicado óxido de Ca e Mg. Na pastagem irrigada ocorreu maior produção de massa seca de forragem e os valores de pH, Ca e Mg foram maiores que na área de sequeiro. As melhores correlações foram obtidas entre a produção de massa seca de forragem com os teores de nutrientes na camada de solo de 0 a 20 cm de profundidade e com os teores de nutrientes na folha diagnóstica.

Palavras-Chave: *Brachiaria*. Produção de forragem. Acidez do solo. Nutrição de forrageira.

ABSTRACT

It was evaluated acidity correction practices on the soil chemical attributes of the 0-10 and 0-20 cm depth layers and about the nutrition and production of *Urochloa brizantha* cv. Marandu cultivated in irrigated and rainfed systems. The study was carried out in areas of Dystrophic Red Latosol in the North of Minas Gerais implanted under three different systems of management of soil acidity correction. System 1 consisted of the addition of 350 and 700 kg ha⁻¹ of calcium and magnesium oxide estimated by the method of aluminum neutralization and elevation of magnesium calcium contents and by the method of saturation by bases, respectively. System 2 consisted of the addition of 1200 kg ha⁻¹ of limestone and 750 kg ha⁻¹ of calcium and magnesium oxide estimated by the method of aluminum neutralization and elevation of calcium and magnesium contents. System 3 was implanted in a non-irrigated area and irrigated by central pivot with application of 400 kg ha⁻¹ of calcium and magnesium oxide estimated by the methods of aluminum neutralization and elevation of calcium and magnesium contents and of the saturation by bases. It was randomly collected soil, fodder and diagnostic leaf samples for analysis of chemical attributes, aerial dry mass production (MSPA) and nutrient content in the plant, respectively. The System 1 was evaluated after 1 year of correction of soil acidity. For systems 2 and 3 the evaluations occurred in the second year after the correction. For each variable, it was calculated the mean and the confidence interval estimated by Student's t test at 5% of probability. The MSPA production of the different systems were correlated with the nutrient contents in the reference leaf, and in the aerial part of the plants, as well as the MSPA and nutrient contents in the reference leaf, and in the aerial part of the plants were correlated with the soil chemical attributes, in the 0 to 10 layer and 0 to 20 cm in depth, by Pearson correlation at 5%. The contents of calcium and magnesium of the soil were higher in the areas where the dose of the corrective, calcium and magnesium oxide, was estimated by the method of saturation by bases when compared to the contents of the areas where the dose of the corrective was estimated by the aluminum neutralization method and elevation of Ca and Mg contents. During two years of cultivation, limestone kept the pH of the soil closer to neutrality, but the Mg contents were lower than those where Ca and Mg oxide were applied. In the irrigated pasture there was a higher production of forage dry mass and the values of pH, Ca and Mg were higher than in the rainfed area. The best correlations were obtained between the production of dry mass of forage with the nutrient contents in the soil layer of 0 to 20 cm depth and with the nutrient contents in the diagnostic leaf.

Keywords: Brachiaria. Forage production. Acidity of the soil. Nutrition of forage.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média dos atributos químicos e físicos dos solos das áreas de estudo, na camada de 0-20 cm de profundidade	21
Tabela 2 – Atributos químicos do solo nas camadas de 0-10 e 0-20 cm de profundidade após 1 ano da aplicação de doses de óxido de cálcio e magnésio estimadas por dois diferentes métodos em sistema de sequeiro	24
Tabela 3 – Atributos químicos do solo na camada de 0-10 e 0-20 cm após 2 anos da aplicação de calcário e óxido de cálcio e magnésio com doses estimadas pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio em sistema de sequeiro.....	29
Tabela 4 - Produção de massa seca e teor de nutrientes na folha de referência e na parte aérea do capim-Marandu em função da aplicação de 1200 kg ha ⁻¹ de calcário e 750 kg ha ⁻¹ de óxido de cálcio e magnésio com doses dos corretivos estimadas pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio .	34
Tabela 5 – Atributos químicos do solo na camada de 0-10 e 0-20 cm após 2 anos da aplicação de óxido de cálcio e magnésio em área irrigada e sem irrigação.....	35
Tabela 6 - Produção de massa seca e teor de nutrientes na folha de referência e na parte aérea do capim-Marandu, em função da aplicação de 400 kg ha ⁻¹ de óxido de cálcio e magnésio em áreas de pastagem, cultivada sob sistema sequeiro e irrigado com dose do corretivo estimada pelos método da saturação por bases e neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio	40
Tabela 7 – Coeficientes de correlação de Pearson entre os teores de nutrientes na folha, na parte aérea da planta e no solo nas camadas de 0 a 10 e 0 a 20 cm de profundidade.....	41
Tabela 8 – Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção de massa seca e os teores de nutrientes no solo na camada de 0 a 10 e 0 a 20 cm de profundidade	43

Tabela 9 – Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção de massa seca e os teores de nutrientes na folha e na parte aérea da planta..... 45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ICA	–	Instituto de Ciências Agrárias
MAP	–	Fosfato monoamônio
MSPA	–	Massa seca da parte aérea
PRNT	–	Poder Relativo de Neutralização Total
TFSA	–	Terra fina seca ao ar
UFMG	–	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	Calagem para plantas forrageiras	14
2.2	Métodos de estimação da necessidade de calagem.....	16
2.3	Corretivos da acidez do solo	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Sistema 1	24
4.2	Sistema 2	28
4.3	Sistema 3	35
4.4	Estudo das correlações entre os nutrientes no solo, folha diagnóstica e parte aérea do capim-Marandu.....	41
5	CONCLUSÕES	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A criação de gado bovino no Brasil é a atividade econômica que ocupa a maior extensão de terras no país, das quais cerca de 57 milhões são constituídas por pastagens nativas e 101 milhões por pastagens cultivadas (IBGE, 2006).

Entre as gramíneas forrageiras utilizadas na alimentação animal as do gênero *Urochloa* (sinonímia *Brachiaria*) são as mais plantadas no país conforme constatação reportada por Valles e Miles (1994) em que relataram a ocupação das braquiárias em mais de 40 milhões de hectares no Brasil das quais 85 % desse total acreditavam ser representadas pela *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e *U. brizantha* cv. Marandu. Essa mesma tendência foi constatada por Macedo (2005) afirmando que estas forrageiras continuam ocupando a maior área plantada no país.

As forrageiras desse gênero têm apresentado uma ampla utilização devido à elevada produção de forragem, por resistir às cigarrinhas, tolerar à seca e solos ácidos com baixo pH e altos níveis de alumínio tóxico, além de apresentarem boa capacidade de rebrota e persistência (MEIRELLES; MOCHIUTTI, 1999).

Apesar da grande adaptabilidade e tolerância aos solos brasileiros acredita-se que 90 % dos mais de 100 milhões de hectares constituídos por pastagens estejam sendo cultivados em solos ácidos e pobres em nutrientes (MARTHA JÚNIOR *et al.*, 2007).

Nesse contexto, nota-se que o uso do calcário obtido pela moagem da rocha calcária constituído por carbonato de cálcio (CaCO_3) e carbonato de magnésio (MgCO_3), por apresentar, entre outros fatores, maiores estudos e critérios bem definidos para sua aplicação, tem se destacado no que diz respeito à correção da acidez do solo e melhoria da produtividade das pastagens.

No entanto, além do calcário observa-se também nas áreas cultivadas a utilização de outros corretivos como os hidróxidos, silicatos e os óxidos cujas características assemelham-se a este corretivo quanto à neutralização da acidez do solo e fornecimento de nutrientes, podendo neste caso, serem tão eficientes ou talvez apresentarem um melhor desempenho na correção da acidez do solo, por possuírem uma maior solubilidade e menor tempo de reação quando comparados ao

calcário, que possui certa demanda água para sua dissolução e precisa ser bem incorporado ao solo para uma maior eficácia.

Diante da oportunidade da substituição do calcário por outro corretivo agrícola tem sido verificada no Norte de Minas Gerais a aplicação do óxido de cálcio e magnésio como alternativa para correção da acidez do solo especialmente, sobre as áreas de pastagem ao qual tem sido recomendada tanto para formação quanto para recuperação de áreas degradadas cultivadas com os diversos tipos de forrageiras.

Entre as peculiaridades desse corretivo destacam-se a granulometria fina e solubilidade relativamente alta e a grande reatividade superior aos carbonatos e silicatos. E por apresentarem elevado poder de neutralização são aplicados em menor quantidade (ALCARDE, 1984).

Entretanto, pode-se observar que a dose desse corretivo a ser aplicada tem sido estimada de forma empírica ou em muitos casos utilizando-se dose equivalente a 30 % da necessidade da calagem calculadas pelos métodos tradicionalmente utilizados no estado de Minas Gerais.

Diante desse cenário, observam-se também, poucos registros na literatura reportando sobre os benefícios causados pela aplicação do óxido de cálcio e magnésio nas áreas de pastagem, bem como há uma carência de estudos quanto à metodologia para definição das doses deste corretivo a serem aplicadas para essa cultura.

Dessa forma, objetivou-se com esse estudo avaliar práticas de correção da acidez sobre os atributos químicos do solo das camadas de 0-10 e 0-20 cm de profundidade e sobre a nutrição e produção da *U. brizantha* cv. Marandu cultivada em sistemas de manejo irrigado e de sequeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Calagem para plantas forrageiras

A calagem é reportada como aplicação do calcário numa quantidade preestabelecida considerando-se o tipo de solo, a exigência da cultura e a produtividade a ser alcançada (ANDRADE, 1991).

Essa prática também pode ser entendida como o processo de adição de corretivos cálcicos ou calcomagnesianos aos solos ácidos, com o objetivo de se elevar o pH e fornecer elementos como cálcio e magnésio (CORRÊA; MORAES FILHO, 2011).

Logo, nota-se a necessidade de se estender essa técnica aos diversos tipos de solo, sobretudo para aqueles do cerrado caracterizados como ácidos, de baixa fertilidade natural, com alta saturação por alumínio e alta capacidade de fixação de fósforo (LOPES; GUILHERME, 1994) com vista em promover o desenvolvimento adequado e a manutenção da produção das culturas, uma vez que a calagem pode contribuir para o aumento da eficiência dos adubos e, por conseguinte, aumento da produtividade e rentabilidade agropecuária (LOPES, 1991).

A caracterização destes solos corrobora com boa parte dos atributos químicos observados nos solos ocupados com pastagens naturais no Brasil aos quais são caracterizados de modo geral com elevada acidez, assim como quantidades de alumínio e manganês trocáveis prejudiciais as plantas e deficientes em fósforo (RHEINHEIMER *et al.*, 2000).

Observa-se na literatura que a prática da calagem em áreas cultivadas com forrageiras tem proporcionado resultados significativos quanto à redução da acidez dos solos e aumento da disponibilidade de alguns nutrientes. No entanto, tem-se reportado a existência de respostas contraditórias quanto à prática da calagem em forrageiras, e que os resultados obtidos têm variado dentro da mesma espécie e entre espécies em detrimento de circunstâncias não muito claras de solo, forma de ensaio e época de aplicação (CRUZ *et al.* 1994).

Nesse sentido, tem-se observado respostas significativas para o aumento de produção de massa em função da aplicação de diversos tipos de corretivos da

acidez, como nos estudos realizados por Sanches (2003) no qual constatou que a produção de massa seca do capim-Marandu foi beneficiada pela adição do silicato de cálcio e nas constatações reportadas por Paulino *et al.* (1994) em experimento conduzido em vasos com essa forrageira, onde se obteve um aumento de produção correspondente a 119% para o tratamento com 2 t/ha de calcário em comparação com solo sem a adição do corretivo.

Por outro lado, nota-se em alguns estudos a ausência de respostas positivas em detrimento da adição dos corretivos conforme constatado nos estudos realizados por Luz *et al.* (2000) com capim Tobiata cultivado com adição de calcário calcinado (45% de CaO, 25% de MgO) e calcário tradicional (43% de CaO, 9% de MgO) e por Korndörfer *et al.* (2010) no qual ao avaliarem a aplicação de doses de silicato de cálcio em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça no cultivo em vasos observaram que as doses desse corretivo não afetaram a produção de massa seca nas forrageiras para os cortes realizados 45 e 95 dias após a semeadura.

A ausência de respostas à calagem também foram reportadas por Santana *et al.* (2010) com *Brachiaria decumbens*. Para as Braquiárias como o capim Marandu esse fato tem sido justificado devido essa forrageira apresentar boa tolerância a altos teores de alumínio e manganês conforme a descrição apresentada pela Embrapa (1984)

Esse autor recomenda a adição do calcário apenas como fonte de cálcio e magnésio. No entanto, acredita-se que os benefícios tanto desse corretivo quanto de outras fontes de correção da acidez do solo possam ir mais além do que foi reportado anteriormente. Haja vista que quando associadas à aplicação de outras fontes de nutrientes como N, P e/ou K podem proporcionar resultados mais expressivos no incremento da produção das forrageiras conforme mencionado nos estudos realizados por Mantins *et al.* (2006), Paulino *et al.* (1994) e Melo (2005).

2.2 Métodos de estimação da necessidade de calagem

Para que as plantas forrageiras possam apresentar incrementos de produção quanto ao uso da prática da calagem deve-se ter atenção em obedecer três fatores fundamentais como a dose recomendada, as características do produto a ser aplicado e a aplicação de forma adequada (ALCARDE, 2005).

No que diz respeito à dose adequada, nota-se que estas têm sido obtidas por meio de diferentes métodos de estimativa da necessidade de calagem como o método da neutralização do alumínio, saturação por bases e solução tampão SMP aos quais são considerados como os mais utilizados para a recomendação de calagem no Brasil (LOPES, 1991).

Quanto ao estado de Minas Gérias nota-se que são empregados tanto o método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio quanto o método da saturação por bases (ALVARES V.; RIBEIRO, 1999).

O método de neutralização do alumínio descrito anteriormente era obtido por meio da fórmula $NC (t/ha) = Al \times 1,5$ resultando em pequenas quantidades de calcário a ser aplicadas o que acarretou no surgimento de um critério auxiliar representado pela elevação dos teores de cálcio e magnésio (QUAGGIO, 1985).

Esse autor abordava que o método da neutralização do alumínio tornava-se limitado devido à impossibilidade do cálculo da calagem se estender a valores de pH acima de 5,5 valores esses que são necessários ao desenvolvimento de várias culturas e ainda associa esta situação ao fato de só se poder conhecer o poder tampão do solo mais ou menos até essa faixa de pH quando se leva em consideração os teores de alumínio trocável no solo.

Logo, para Minas Gerais observou-se um aperfeiçoamento da fórmula de cálculo para esse método introduzindo-se a ele a textura do solo e a exigência das culturas nesses nutrientes de acordo com as observações feitas por Alvares V. e Ribeiro (1999).

No entanto, acredita-se também que o método possa não ser adequado para estimar a necessidade de calagem para algumas forrageiras como as Brachiarias, pelo fato de poder superestimar a dose a ser aplicada em detrimento da tolerância a

toxidez por alumínio apresentadas para espécies deste gênero (FERTILIDAD, 1980 *apud* BARCELOS *et al.*, 2011).

Quanto ao método da saturação por bases observa-se que pode ser caracterizado por elevar a porcentagem de saturação por bases da capacidade de troca de cátions a pH 7,0 do solo a um valor exigido pela planta forrageira, por meio da correspondência entre o pH e a saturação por bases do solo (ALVARES V.; RIBEIRO, 1999).

Esse método possui um maior embasamento teórico e apresenta certa facilidade quanto à realização dos cálculos e flexibilidade de adaptação para as diversas culturas (QUAGGIO, 1984; LOPES *et al.*, 1991).

Diante do exposto acima, deduz-se que a recomendação para o capim-Marandu seja em elevar os teores de Ca e Mg para $1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ considerando-se como 25% o valor máximos de saturação por Al^{3+} tolerado pelas cultura, quando da utilização da necessidade de calagem estimada pelo método da elevação dos teores de cálcio e magnésio e neutralização do alumínio. Porém, quando utilizado o método da saturação por bases recomenda-se elevar a saturação por bases do solo a valores compreendidos entre 40 e 45% conforme recomendação proposta por Alvares V. e Ribeiro (1999).

Nesse sentido, nota-se que essa forrageira tem sido classificada como exigente quanto às adaptações às condições de fertilidade considerando-se principalmente a acidez e a disponibilidade de fósforo conforme a descrição reportada por Souza *et al.* (2001).

Apesar de todo embasamento teórico observado para utilização da aplicação da necessidade de calagem, acredita-se que os métodos utilizados ainda fundamentam-se em alguns mitos considerando-se o fato dos valores de saturação por bases e teores de alumínio ser conservadores em detrimento da elevada tolerância ao alumínio apresentada pelas forrageiras (CANTARUTTI *et al.*, 2004).

2.3 Corretivos da acidez do solo

Os corretivos da acidez do solo podem ser compreendidos como aqueles produtos aos quais possuem a capacidade de neutralização (diminuição ou eliminação) da acidez do solo e carregamento de nutrientes como Ca e Mg principalmente (ALCARDE, 1992).

Esses corretivos devem ter em sua constituição componentes responsáveis pela geração de OH^- aos quais neutralizarão os H^+ presentes no solo (ALCARDE, 2005). Dessa forma, os produtos que podem ser utilizados são caracterizados por conterem como constituintes neutralizantes os carbonatos, óxidos, hidróxidos e silicato de cálcio e ou de magnésio (ALCARDE, 1984).

No que diz respeito aos produtos, tem-se verificado a existência de vários tipos e com efeitos distintos, no entanto, verifica-se a necessidade de conhecê-los para que possa ser realizada a escolha daquele mais conveniente a cada situação (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2004).

Diante deste cenário, tem-se o calcário como produto mais utilizado na agricultura para corrigir a acidez do solo, por ser de ocorrência natural, ter boa disponibilidade e boa distribuição geográfica (SILVA *et al.*, 2013).

Esse corretivo é obtido pela moagem da rocha calcária e possui como constituinte neutralizante o carbonato de cálcio (CaCO_3) e o carbonato de magnésio (MgCO_3) na qual ao dissociarem no solo, liberam o CO_3^{2-} e o HCO_3^- caracterizados como bases fracas e responsáveis pela formação do OH^- (ALCARDE, 1984).

Além do calcário outros produtos também podem ser utilizados para fins de correção da acidez do solo como óxido de cálcio e magnésio, obtido por meio da calcinação ou queima completa do calcário. Este material é conhecido como cal virgem e caracterizado como base forte por proporcionar liberação mais rápida do OH^- no solo (ALCARDE, 2005; PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2004).

As características intrínsecas dos óxidos como a solubilidade, granulometria fina e a formação da base hidroxila fazem com que se torne mais reativo do que os carbonatos e silicatos, e por apresentar elevado poder de neutralização resulta em menor quantidade ao ser aplicada. No entanto, tem-se como desvantagem o fato de

apresentar alta causticidade durante o manuseio, perdas acentuadas em dias de vento além do custo mais elevado. Logo, observa-se a possibilidade de uma maior utilização desse tipo de corretivo a partir do surgimento de novos métodos de aplicação em detrimento da elevação nos custos com transporte para os demais corretivos (ALCARDE, 1984).

As escórias de siderurgia referidas como subprodutos da indústria do ferro e do aço também são apontadas como fonte alternativa para correção da acidez. Estas por sua vez, possuem um comportamento semelhante ao calcário e apresentam como constituintes neutralizantes os silicatos de cálcio e magnésio (ALCARDE 2005; PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2004).

Outros tipos de produtos com potencial de correção da acidez têm sido mencionados na literatura como lodo de esgoto como nos trabalhos realizados por Nascimento *et al.* (2004), Fia *et al.* (2005), Kitamura *et al.* (2008), porém, verificam-se poucos registros quanto à aplicação em áreas cultivadas com forrageiras.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em áreas de pastagem sob criação de bovinos de corte localizadas no município de Francisco Sá, inserida na mesorregião do norte do Estado de Minas Gerais. O clima da região, de acordo com a classificação de Köpen é do tipo Aw, caracterizado como tropical quente e com chuvas de verão com médias de temperatura entre 22 e 24°C e precipitação média anual entre 1000 e 1200 mm (KOPPEN, 1948). A vegetação da área de estudo é caracterizada pela transição entre Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual (SCOLFORO, 2008).

Em uma mesma área homogênea quanto às condições edafoclimáticas, foram estudados diferentes sistemas de manejo da correção do solo para a implantação de pastagens de *U. brizantha* cv. Marandu em área irrigada e não irrigada.

O solo da área em estudo foi classificado, de acordo com a Classificação Brasileira de Solos (EMBRAPA, 2013), como Latossolo Vermelho distrófico, textura média e relevo plano a suave ondulado.

Os resultados das análises química e física dos solos antes da aplicação dos corretivos (testemunha), determinados conforme Embrapa (1997) encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Média dos atributos químicos e físicos dos solos das áreas de estudo, na camada de 0 20 cm de profundidade

Atributos químicos e físicos	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
pH	4,6	4,7	4,7
P Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	2,7	2,2	1,9
P-rem (mg L ⁻¹)	25	26	22
K (mg dm ⁻³)	115	74	115
Ca (cmolc dm ⁻³)	0,98	0,61	0,90
Mg (cmolc dm ⁻³)	0,40	0,29	0,35
Al (cmolc dm ⁻³)	1,45	1,44	1,40
H+Al (cmolc dm ⁻³)	5,01	4,11	3,42
SB (cmolc dm ⁻³)	1,67	1,09	1,54
t (cmolc dm ⁻³)	3,12	2,53	2,94
m (%)	46	57	48
T (cmolc dm ⁻³)	6,70	5,19	4,96
V (%)	26	32	30
MOS (dag kg ⁻¹)	2,89	2,60	2,88
Areia (%)	52	48	49
Silte (%)	30	31	28
Argila (%)	18	21	23

Fonte: Do autor, 2017.

Nesse sentido, os sistemas de correção da acidez do solo foram divididos da seguinte forma: sistema 1 no qual se comparou duas áreas de pastagens sem irrigação, após um ano da correção da acidez do solo com óxido de cálcio e magnésio.

Para o sistema 2 avaliou-se dois diferentes corretivos (calcário e óxido de cálcio e magnésio) após dois anos da correção da acidez do solo, em área não irrigada.

Quanto ao sistema 3 a avaliação consistiu na comparação dos resultados observados na correção da acidez após dois anos da adição de óxido de cálcio e magnésio em área de pastagem não irrigada e irrigada por pivô central.

Na área do sistema 1, as doses de óxido de cálcio e magnésio foram estimadas pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio magnésio e pelo método da saturação por bases (para elevar a saturação por bases a 45%) conforme recomendação proposta por ALVARES V. *et al.* (1999) e corresponderam a 350 e 700 kg há⁻¹ respectivamente. Na área do segundo sistema, as doses de óxido de cálcio e magnésio e do calcário foram estimadas pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio e corresponderam a 750 e 1200 kg ha⁻¹, respectivamente. Já na área do sistema 3, a dose de óxido de cálcio e magnésio correspondeu a 400 kg ha⁻¹, estimada tanto pelo método da saturação por bases quanto pelo método neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio na qual foi aplicada tanto na área irrigada quanto na área cultivada sem irrigação.

A implantação dos sistemas ocorreu no mês de outubro dos anos de 2013 (sistemas 2 e 3) e 2014 (sistema 1) com adição de aproximadamente 65 kg ha⁻¹ de MAP como fonte de fósforo, na época da semeadura e 50 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia em cobertura após o crescimento das plantas.

Para área irrigada do sistema 3 aplicou-se 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, parceladamente, após cada período de pastejo.

Quanto à caracterização dos corretivos utilizou-se um calcário calcinado com PRNT de 105%, 33% CaO e 19% MgO e um óxido de cálcio e magnésio com PRNT de 180 %, 60% CaO e 30% MgO distribuídos a lanço, em área total e incorporados na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

Nos meses de outubro e novembro de 2015 coletou-se, aleatoriamente, 10 amostras compostas de solo de cada sistema estudado, constituídas por 5 amostras simples nas camadas de 0-10 e 0-20 cm de profundidade. Após a coleta procedeu-se a secagem e o peneiramento do solo numa peneira de malha de 2 mm a fim de se obter a terra fina seca ao ar (TFSA) para posterior determinação dos atributos químicos do solo conforme EMBRAPA (1997).

Nos meses de janeiro e fevereiro de 2016, quando as plantas apresentaram a altura em torno de 45 cm (altura de manejo utilizada pelo produtor) coletaram-se amostras de plantas para a determinação da produção de forragem e dos teores de nutrientes nos tecidos da folha de referência.

Para a coleta, utilizou-se uma moldura de madeira de 50 x 50 cm ao qual foi lançado ao acaso nas áreas de estudo, coletando-se 5 amostras simples por área para obtenção de 5 amostras compostas. As plantas no interior do quadrado foram cortadas a 20 cm do solo para a determinação da produção de forragem.

Nesse período, coletou-se também a folha diagnóstica de cinco amostras compostas de cada área, para avaliação do teor de nutrientes na parte aérea. Considerou-se como folha diagnóstica a primeira e segunda folha recém expandidas do ápice para a base com lígula visível, conforme recomendado por Monteiro (2004).

Após a coleta, o material vegetal foi pesado a campo e posteriormente seco em estufa de circulação forçada de ar a 65° C até atingir massa constante, para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA). Nas folhas de referência e na MSPA foram determinados os teores de nutrientes de acordo com Malavolta *et al.* (1997).

Para cada variável foram calculadas a média e o intervalo de confiança estimado pelo teste t de *Student* a 5% de probabilidade. A produção de MSPA dos diferentes sistemas foram correlacionados com os teores de nutrientes na folha de referência, e na parte aérea das plantas, assim como, a MSPA e teores de nutrientes na folha de referência, e na parte aérea das plantas foram correlacionados com os atributos químicos dos solos, na camada de 0 a 10 e 0 a 20 cm de profundidade, por meio da correlação de Pearson a 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sistema 1

Para o sistema 1 ao se avaliar a aplicação do óxido de cálcio e magnésio com doses estimadas pelos diferentes métodos de estimação da calagem observou-se que os tratamentos compostos por este corretivo promoveram um aumento significativo nos valores de pH, teores de Ca e Mg, saturação por bases e uma redução do alumínio trocável do solo em relação à testemunha (Tabela 2).

Tabela 2 – Atributos químicos do solo nas camadas de 0-10 e 0-20 cm de profundidade após 1 ano da aplicação de doses de óxido de cálcio e magnésio estimadas por dois diferentes métodos em sistema de sequeiro

Tratamento	Prof Cm	pH	P	P-rem	K	Ca	Mg
			mg dm ⁻²	mg l ⁻¹	cmolc dm ⁻²	cmolc dm ⁻²	cmolc dm ⁻²
Testemunha	0-10	4,77±0,06	2,77±0,45	29,16±3,38	128,00±7,55	1,35±0,09	0,87±0,04
	10-20	4,60±0,08	2,70±0,57	25,00±1,88	115,00±4,23	0,98±0,13	0,40±0,05
CaO e MgO 350 kg ha ⁻¹	0-10	4,97±0,05	2,34±0,31	27,16±3,23	155,33±0,31	2,73±0,18	1,82±0,36
	10-20	4,95±0,15	1,73±0,85	24,97±3,87	135,33±0,85	2,01±0,28	1,76±0,59
CaO e MgO 700 kg ha ⁻¹	0-10	5,30±0,17	2,52±0,65	25,96±3,10	115,33±0,65	3,45±0,35	1,79±0,53
	10-20	5,05±0,21	2,06±0,65	25,03±2,70	108±0,65	2,92±0,20	1,83±0,38
		Al	H+Al	m	t	T	V
		cmolc dm ⁻²	cmolc dm ⁻²	%	cmolc dm ⁻²	cmolc dm ⁻²	%
Testemunha	0-10	1,07±0,15	3,75±0,29	31,33±1,53	3,41±0,44	6,09±0,23	38,67±4,51
	10-20	1,45±0,07	5,01±0,54	46,00±2,34	3,12±0,11	6,70±0,38	26,00±2,14
CaO e MgO 350 kg ha ⁻¹	0-10	0,62±0,02	3,95±0,33	17,60±2,12	5,92±0,50	8,83±0,40	55,01±3,46
	10-20	0,92±0,11	3,91±1,54	30,36±3,27	5,99±0,31	8,08±1,73	53,24±10,25
CaO e MgO 700 kg ha ⁻¹	0-10	0,27±0,06	3,96±0,34	9,69±0,60	6,13±0,37	9,48±0,16	58,18±3,54
	10-20	0,73±0,31	4,39±0,90	16,51±3,12	5,68±0,63	9,38±0,54	53,33±7,02

Testemunha: sem aplicação de corretivo; 350 kg ha⁻¹: dose estimada pelo método da neutralização do Al e elevação dos teores de cálcio e magnésio; 700 kg ha⁻¹: dose estimada pelo método da saturação por bases.

Fonte: Do autor, 2017.

Os resultados demonstraram que a influência das doses aplicadas sobre os atributos químicos do solo após um ano da adição dos corretivos, foram mais expressivas, sobretudo nas camadas superficiais, decrescendo esse efeito com o aumento da profundidade estudada.

Quanto às alterações na acidez ativa do solo, observou-se na Tabela 2 que nenhuma das doses aplicadas foi suficiente para elevar os valores de pH até a faixa de considerada adequada (5,5 a 6,0) ao desenvolvimento das plantas de acordo com a classificação agrônômica proposta por ALVARES V. *et al.* (1999).

Desse modo, constatou-se que o a dose do corretivo estimada pelo método da saturação por bases ao qual correspondeu a maior dose do óxido de cálcio e magnésio aplicado neste sistema, refletiu em maior valor no pH do solo com incremento médio de 0,53 unidades na camada de 0-10 cm e 0,45 unidades na camada e 0-20 cm quando comparados com a testemunha (Tabela 2).

Observou-se ainda que esse tratamento também teve um maior efeito sobre a correção da acidez na camada de 0-10 cm na qual proporcionou um incremento médio de 0,33 unidades para o valor de pH, elevando-se de 4,77 para 5,30 quando comparado somente com os efeitos ocasionados pela adição da dose estimada pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio (Tabela 2).

Esse efeito da correção da acidez de forma mais relevante sobre a camada mais superficial, podem ser atribuídas ao efeito da incorporação do corretivo, associada aos efeitos ocasionados pela solubilização do mesmo, resultando neste caso, na liberação de uma maior porção de OH^- ao qual neutralizou boa parte dos H^+ da solução do solo responsável pela sua acidez (LOPES *et al.*, 1991).

Na literatura existe certa carência de estudos quanto à correção da acidez do solo em áreas com pastagens em função do uso dos óxidos. No entanto, em boa parte dos trabalhos realizados em outras culturas tem sido verificado certa eficiência deste corretivo na redução da acidez ativa do solo como o trabalho descrito por Nogueira *et al.* (2012) no qual constatou valor de pH correspondente a (4,96), valor esse, superior aos observados para os tratamentos com calcário (4,64) e escória de siderurgia (4,76) em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa.

Resultados semelhantes foram encontrados por Nogueira *et al.* (2011) em lavoura de café Conilon no qual observou que o valor de pH de 4,59 foi semelhante estatisticamente aos observados para o calcário (4,67) e escória de siderurgia (4,73) após 6 meses da adição do óxido de cálcio evidenciando, dessa forma, a potencialidade de uso dos óxidos na correção da acidez do solo.

Neste sistema observou-se ainda que as doses aplicadas tiveram pouca influência tanto sobre a disponibilidade de fósforo quanto sobre os valores de P-rem, de modo que não foram constatadas diferenças estatísticas quando comparados com a testemunha e quando comparados entre si (Tabela 2).

Quanto às concentrações de potássio mencionadas na Tabela 2 notou-se que a adição de 350 kg ha⁻¹ do corretivo resultou em concentrações mais elevadas deste nutriente nas duas camadas de solo avaliadas diferenciando-se dos demais tratamentos.

No entanto, numa observação visual feita a campo constatou-se um maior crescimento das plantas no tratamento correspondente a maior dose do corretivo (700 kg ha⁻¹). Logo, pode-se inferir que boa parte do nutriente que estava disponível no solo pode ter sido exportada pela planta, provocando uma menor concentração deste nutriente quando da amostragem do solo. Porém, esta hipótese não pode ter sido confirmada pela impossibilidade de se realizar a coleta das plantas correspondentes a esse tratamento.

Para o cálcio e magnésio constatou-se uma superioridade do tratamento correspondente à dose do corretivo estimada pelo método da saturação por bases (700 Kg ha⁻¹) por proporcionar maiores incrementos destes nutrientes, sobretudo para os valores de Ca, cujas concentrações diferenciaram-se estatisticamente nas duas camadas de solo avaliadas em relação ao tratamento correspondente a 350 kg ha⁻¹ do óxido (Tabela 2).

Além do Ca e do Mg observou-se que este tratamento também possibilitou uma redução significativa nas concentrações de alumínio trocável, porém, em relação ao tratamento equivalente a 350 kg ha⁻¹ constatou-se que o efeito provocado pela aplicação de 700 kg há⁻¹ do óxido resultou numa maior redução deste atributo químico na camada de 0-10 cm de profundidade.

O aumento de pH, Ca, Mg e a redução dos teores de alumínio no solo no sistema 1 foram acompanhados pelo aumento da CTC efetiva (t) e potencial (T) com valores mais elevados para o tratamento correspondente à dose estimada pelo método da saturação por bases (Tabela 2).

Desse modo ao se calcular a percentagem de cátions trocáveis da CTC total do solo pode-se constatar qual a adição de 350 kg ha^{-1} do óxido resultou em um incremento médio de 8,03% e 10,08% para o cálcio e 6,33% e 15,81% para o magnésio e nas camadas de 0-10 e 0-20 cm respectivamente em relação aos resultados obtidos para a testemunha.

Para o tratamento com 700 kg ha^{-1} esses incrementos corresponderam a 14,23% e 16,51% para o Ca e 4,6% e 13,53% para o Mg nas mesmas profundidades citadas anteriormente.

Em relação ao potássio notou-se que houve uma redução de até 3% na percentagem desse elemento na CTC total para os tratamentos em que se aplicaram os corretivos da acidez quando comparados com a testemunha.

Acredita-se que a redução da percentagem de K na CTC total esteja associado aos efeitos oriundos da adição dos corretivos como aumento da percentagem de Ca e Mg na CTC e disponibilização de sítios de troca que estavam sendo anteriormente ocupados por H^+ e/ou Al^{3+} (Wadt, 2000). Contudo, infere-se que essa redução tenha pouca relevância se comparado aos teores absolutos do nutriente conforme relatado por Benites *et al.* (2010), haja vista que os resultados obtidos para o K após um ano da aplicação (Tabela 2) encontram-se em concentrações adequadas ($>71 \text{ mg dm}^{-3}$) conforme as recomendações propostas por Vilela *et al.* (2004).

Em relação à saturação por bases observou-se que os valores observados após um ano da adição das diferentes doses estimadas para o óxido de cálcio e magnésio mantiveram-se acima de 45%. Dessa forma, foram superiores ao valor de saturação por bases que se procura atingir pela calagem segundo as recomendações propostas por Alvarez e Ribeiro (1999) para o cultivo do Capim Marandu (40-45%).

No entanto, quando se comparou as doses estimadas pelos diferentes métodos de recomendação da calagem observou-se uma igualdade estatística para esse atributo químico.

Diante desses resultados pode-se reportar que no sistema 1 a dose do óxido de cálcio e magnésio estimada pelo método da saturação por bases foi aquela que de modo geral apresentou maior influência sobre os atributos químicos do solo especialmente para os teores de Ca e Al presentes na camada de 0-10 cm.

4.2 Sistema 2

Quanto ao sistema 2 ao se avaliar o efeito do calcário e do óxido de cálcio e magnésio com doses estimadas pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio pode-se constatar que os valores de P-rem bem como os teores de Al, H+Al e saturação por bases cujos resultados encontram-se na Tabela 3, foram os atributos químicos que sofreram maior variação para as profundidades avaliadas após os dois anos da aplicação do corretivo.

Tabela 3 – Atributos químicos do solo na camada de 0-10 e 0-20 cm após 2 anos da aplicação de calcário e óxido de cálcio e magnésio com doses estimadas pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio em sistema de sequeiro

Tratamento	Prof Cm	pH	P	P-rem	K	Ca	Mg
			mg dm ⁻³	mg l ⁻¹	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³
Testemunha	0-10	4,73±0,06	2,22±0,12	28,73±5,91	104,00±25,87	1,38±0,13	0,68±0,17
	10-20	4,70±0,05	2,20±0,15	26,00±5,25	74,00±18,02	0,61±0,21	0,29±0,02
Calcário 1200 kg ha ⁻¹	0-10	5,13±0,15	4,94±0,23	37,32±0,22	107,67±28,54	1,44±0,14	0,79±0,34
	10-20	5,10±0,20	1,86±0,22	36,31±0,12	91,00±18,68	1,08±0,20	0,43±0,10
CaO e MgO 350 kg ha ⁻¹	0-10	4,80±0,10	4,13±1,43	36,61±3,78	105,00±12,12	1,74±0,31	1,05±0,19
	10-20	4,77±0,10	2,36±0,30	34,44±0,56	87,67±15,28	1,28±0,30	0,69±0,15
		Al	H+Al	m	t	T	V
		cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	%	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	%
Testemunha	0-10	1,03±0,15	3,82 ±0,17	30,67±3,79	3,35±0,13	6,14±0,11	37,67±2,08
	10-20	1,44±0,12	4,11±0,65	57,00±4,78	2,53±0,78	5,19±0,88	32,00±3,54
Calcário 1200 kg ha ⁻¹	0-10	0,19±0,01	2,06±0,10	7,00±1,00	2,70±0,28	4,57±0,23	54,67±4,04
	10-20	0,33±0,12	2,05±0,14	15,00±6,08	2,23±0,14	3,94±0,49	48,00±1,73
CaO e MgO 350 kg ha ⁻¹	0-10	0,35±0,09	2,40±0,21	11,33±5,77	3,31±0,72	4,96±0,66	54,33±8,62
	10-20	0,56±0,14	2,43±0,30	19,50±9,99	2,95±0,43	4,83±0,41	49,33±9,02

Fonte: Do autor, 2017.

Diante dos resultados apresentados na Tabela 3 constatou-se que os valores de pH obtidos após dois anos da adição do óxido de cálcio e magnésio não diferiram estatisticamente da testemunha, porém, para o tratamento correspondente ao calcário observou-se um incremento médio de 0,4 unidades nos valores de pH das duas profundidades avaliadas.

A igualdade estatística observada para o óxido de cálcio e magnésio pode estar associada ao fato desse corretivo apresentar maior reatividade (PRNT 180%) e solubilidade. Dessa forma, ao sofrer processo de dissociação pode ter liberado rapidamente o radical OH⁻ neutralizando de forma mais imediata a acidez do solo (ALCARDE, 2005).

Logo, por ter pouco efeito residual acredita-se que a eficácia da correção da acidez tenha decrescido ao longo dos dois anos da aplicação por efeito da lixiviação, remoção de bases em função do crescimento do pasto, hidrólise do alumínio ao qual produz íons H^+ (LOPES, 1991).

Esse decréscimo no valor de pH ao longo do tempo da aplicação em função do uso do óxido de cálcio e magnésio também foi observado por Santana (2015), na qual ao avaliar a aplicação desse corretivo em solo cultivado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu constatou que o pH do solo aumentou linearmente com o aumento das doses desse corretivo associados à adição de fosfato natural. Nesse sentido, foram observados valores de 7,96 e 7,78 para o pH avaliado no primeiro e segundo corte respectivamente. No entanto, no terceiro e no quarto corte, ao qual corresponderam ao quinto e sexto mês após a adição do corretivo, ainda que não significativo estatisticamente, observou-se uma redução desses valores para 6,33.

Em relação ao calcário pode-se inferir que a maior eficiência do corretivo observada neste sistema possa ter ocorrido devido à dissociação do $CaCO_3$ e $MgCO_3$ ao qual resultou na liberação e ação mais prolongada dos ânions HCO_3^- e OH^- , sobre os cátions de reação ácida (H^+ , Al^{3+} , Fe^{2+} e Mn^{2+}) presentes na solução do solo (Alcarde, 2005).

Muitos autores têm abordado sobre a influência do calcário na correção da acidez no perfil do solo ao longo dos anos da adição do corretivo, entre os quais se pode reportar o trabalho conduzido por Gargantini *et al.* (1982) na qual avaliaram os efeitos da calagem no pH de perfis de solos do cerrado e constataram uma tendência do corretivo em elevar o pH nas camadas superficiais e de decrescer esse efeito com o aumento da profundidade. Neste estudo doses de 1 e 2 toneladas por hectare foram suficientes para manterem o pH em valores de 5,51 e 5,18 nas camadas de 0-10 cm e 5,53 e 5,10 para as camadas de 0-20 cm em regossolo de Pirassununga-SP e no Latossolo Vermelho Amarelo de Matão mesmo após 5 anos da aplicação do calcário.

Resultados semelhantes foram encontrados por Kliemann *et al.* (2003) ao constatarem certa eficiência do calcário na correção e manutenção dos valores de

pH mesmo após 4 anos de cultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu utilizando o sistema barreirão.

Por outro lado, quanto às concentrações de P, constatou-se que a adição de ambos corretivos promoveu um aumento ainda que pouco expressivo somente na camada mais superficial do solo (Tabela 3).

Esses resultados foram acompanhados por uma elevação dos teores de P-rem o que demonstra a ação destes corretivos sobre redução da fixação de fósforo no solo após os dois anos da aplicação (Tabela 3).

Para o K também não se constatou diferença na concentração do nutriente no solo em função da aplicação dos corretivos da acidez.

No que diz respeito às concentrações de Ca no solo observou-se na Tabela 3 que óxido de cálcio e magnésio promoveu concentrações mais elevadas do nutriente na camada de 0-20 cm do solo quando comparado com a testemunha. No entanto, não foi verificada diferença significativa na concentração desse nutriente no solo quando se comparou o tratamento com óxido de cálcio com o tratamento constituído pelo calcário.

Quanto ao Mg verificou-se que a adição do óxido de cálcio e magnésio resultou em maiores concentrações do nutriente tanto na camada de 0-10 quanto na camada de 0-20 cm do solo diferenciando-se dos resultados encontrados para a testemunha e para a aplicação do calcário (Tabela 3).

Os resultados significativos observados para o tratamento com o óxido de cálcio podem estar relacionadas às características do corretivo descritas anteriormente como a alta solubilidade, reatividade e a granulometria mais fina associadas às altas concentrações de cálcio (60% CaO) e magnésio (30% MgO). Haja vista que quando disponibilizado de forma mais rápida no solo podem ter refletido diretamente na maior concentração desses nutrientes nas camadas do solo ao longo dos dois anos da adição do corretivo.

O incremento desses nutrientes em função da aplicação dos óxidos como corretivos da acidez também foi mencionado por Candido *et al.* (2010) ao avaliarem a dinâmica de cálcio e magnésio em solo submetido a diferentes materiais corretivos de acidez sob lavoura de café Conilon.

Esse aumento nos teores de cálcio e magnésio bem como a elevação dos valores de pH no sistema 2 foram acompanhados por uma redução significativa do Al^{3+} e H+Al (Tabela 3). Nesse sentido, notou-se que esses atributos mantiveram-se abaixo das concentrações encontradas para a testemunha tanto para o tratamento com óxido de cálcio e magnésio quanto para o calcário.

Porém, entre os corretivos constatou-se que o calcário apresentou uma maior eficiência na redução da acidez trocável e na acidez potencial da camada superficial (0-10 cm) (Tabela 3).

Por outro lado, ao se avaliar o efeito dos tratamentos sobre a CTC total do solo verificou-se que as concentrações observadas para a testemunha na camada superficial foram superiores as dos tratamentos com a adição dos corretivos.

Esta situação deve ter ocorrido em virtude da CTC total ser obtida por meio da soma das concentrações das bases do solo com a concentração de H+Al. Logo, notou-se diante dos resultados observados que ao se adicionar os corretivos da acidez houve uma redução da concentração de H+Al, porém, essa redução não resultou em acréscimo nas concentrações das bases suficientes para elevarem as concentrações da CTC total a valores superiores aos observados para a testemunha.

Mesmo diante desse cenário, notou-se que a aplicação dos corretivos promoveu uma elevação na percentagem de cátions trocáveis da CTC total do solo o que resultou em um incremento médio de 9,03% e 15,65% para o cálcio; 6,21% e 5,32% para o magnésio e 1,69% e 2,26% para o potássio nas camadas de 0-10 e 0-20 cm respectivamente para o tratamento com calcário em relação à testemunha (Tabela 3).

Para óxido de cálcio e magnésio esses incrementos corresponderam a 12,60% e 14,74% para o Ca; 10,09% e 8,69% para o Mg e 1,08% e 1% para o K nas mesmas profundidades citadas anteriormente.

Além do aumento nas percentagens de nutrientes na CTC também se constatou uma elevação significativa da saturação por bases nos tratamentos correspondentes à adição dos corretivos em comparação com a testemunha, porém, quando se comparou esses tratamentos entre si observou-se uma igualdade estatística quanto a este atributo químico. No entanto, pode-se constatar que os

valores obtidos mantiveram-se acima das recomendações propostas por Alvarez e Ribeiro (1999) para o cultivo do capim-Marandu como discutido anteriormente para o Sistema 1.

De acordo com os resultados descritos anteriormente pode-se considerar que o calcário foi o corretivo que proporcionou os melhores resultados quanto à correção da acidez do solo após os dois anos de adição dos corretivos. Por outro lado, infere-se que o óxido de cálcio e magnésio teve maior influência sobre o incremento de nutrientes ao solo, sobretudo para os valores de Mg presentes nas duas camadas do solo.

No entanto, ressaltasse que o efeito dos corretivos sobre os atributos químicos do solo não resultaram em diferença estatística quanto à produção de massa seca do capim-Marandu para as áreas avaliadas (Tabela 4).

Tabela 4 - Produção de massa seca e teor de nutrientes na folha de referência e na parte aérea do capim-Marandu em função da aplicação de 1200 kg ha⁻¹ de calcário e 750 kg ha⁻¹ de óxido de cálcio e magnésio com doses dos corretivos estimadas pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio

Trat.	MSPA kg ha ⁻¹	Teores de nutrientes na folha										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Fe	Mn	Cu
		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
Calcário	9033,2±544,4*	12,1±2,3	1,3±0,4	16,1±3,6	2,1±0,4	2,3±0,3	0,9±0,3	6±1,2	71±6	186±23,0	285±21,0	12±2,3
óxido	9336,8±652,0	16,2±3,4	2,4±0,9	11,2±3,4	2,9±0,5	1,9±0,5	1,4±0,8	3±0,5	97±5	86±12,0	126±16,0	12±1,2
		Teores de nutrientes na parte aérea										
Calcário	9033,2±544,4	14,1±4,3	1,1±0,3	16,2±4,5	0,7±0,2	1,8±0,4	0,7±0,1	4±1,2	63±3	128±22,0	214±14,0	11±0,9
Oxido	9336,8±652,0	13,4±2,6	1,9±0,4	1,4±0,5	3,7±0,8	2,1±0,8	1,2±0,6	4±0,9	84±6	140±16,0	210±20,0	10±1,4

*Média e desvio padrão pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor, 2017.

4.3 Sistema 3

No sistema 3 quando se avaliou o uso do óxido de cálcio e magnésio com doses semelhantes aplicadas em área irrigada e não irrigada estimadas tanto pelo método da saturação por bases quanto pela elevação dos teores de cálcio e magnésio e neutralização do alumínio, verificou-se que os efeitos constatados após dois anos da aplicação tiveram de modo geral um comportamento similar aos observados para os atributos químicos dos sistemas 1 e 2 quando do uso desse corretivo (Tabela 5).

Tabela 5 – Atributos químicos do solo na camada de 0-10 e 0-20 cm após 2 anos da aplicação de óxido de cálcio e magnésio em área irrigada e sem irrigação

Tratamento	Prof Cm	pH	P	P-rem	K	Ca	Mg
			mg dm ⁻³	mg l ⁻¹	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³
Testemunha	0-10	5,00±0,80	2,20±0,33	27,00±2,30	135,00±4,30	1,45±0,32	0,76±0,22
	10-20	4,70±0,60	1,90±0,10	22,00±2,02	115,00±3,80	0,90±0,15	0,35±0,18
s/irrigação	0-10	5,07±0,14	1,64±0,31	25,36±1,25	185,67±6,35	4,70±0,26	3,23±0,45
	400 kg ha ⁻¹	10-20	4,98±0,23	0,74±0,20	25,59±2,26	135,33±15,28	3,52±0,48
Irrigada	0-10	6,69±0,22	2,53±1,37	35,01±1,19	237,63±57,30	7,26±0,90	2,27±0,77
	400 kg ha ⁻¹	10-20	6,54±0,34	1,78±1,13	30,81±0,93	198,25±81,77	6,24±0,68
		Al	H+Al	m	T	T	V
		cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	%	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	%
Testemunha	0-10	1,20±0,35	3,78±0,27	32,00±2,50	3,74±0,52	6,24±0,28	38,00±2,10
	10-20	1,40±0,28	3,42±0,18	48,00±3,20	2,94±0,35	4,96±0,42	30,00±3,20
s/irrigação	0-10	0,57±0,06	2,65±0,10	5,67±0,58	8,40±0,41	11,03±0,34	76,00±1,73
	400 kg ha ⁻¹	10-20	0,70±0,17	3,57±0,54	9,00±3,46	6,35±0,73	9,34±1,02
Irrigada	0-10	0,00±0,00	0,95±0,13	0,00±0,00	10,15±0,77	11,09±0,78	91,38±1,20
	400 kg ha ⁻¹	10-20	0,00±0,00	1,14±0,29	0,00±0,00	9,04±0,98	10,08±0,91

Testemunha: sem aplicação de corretivo; 400 kg há⁻¹: dose estimada tanto pelo método da neutralização do Al e elevação dos teores de cálcio e magnésio quanto pelo método da saturação por bases; s/irrigação: área sem uso de irrigação.

Fonte: Do autor, 2017.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5 pode-se notar que a adição do óxido de cálcio e magnésio refletiu de forma positiva na correção do H+Al nas duas camadas do solo da área irrigada, porém, na área cultivada sem irrigação os efeitos do corretivo sobre este atributo químico não diferiram dos resultados encontrados para testemunha após os dois anos da aplicação.

Esta área manejada sob irrigação por pivô central sempre recebia uma adubação nitrogenada com uréia logo após a saída dos animais. Dessa forma, poderia se esperar que o efeito acidificante do fertilizante nitrogenado provocasse uma redução do pH e que promovesse alguma alteração em outros atributos químicos como o Al trocável (PAIVA, 1990). No entanto, observou-se que o pH manteve-se dentro da faixa classificada como acidez fraca (6,1 - 6,9) de acordo com a classificação proposta por Alvares V. *et al.*, (1999).

Pegoraro *et al.* (2009) trabalhando com manejo da água e do nitrogênio em cultivo de capim- elefante, também observaram maior valor de pH com o uso da adubação nitrogenada e atribuíram que esse resultado possa ter ocorrido devido a um provável efeito da matéria orgânica sobre a acidificação advinda da adubação nitrogenada com o tempo de cultivo da forrageira.

Por outro lado, acredita-se que esse incremento no valor de pH também esteja associado à qualidade da água de irrigação uma vez que altas concentrações de carbonato ou bicarbonato na água de irrigação em um poço tubular podem ter efeito sobre o pH do solo (MAIA *et al.*, 2001).

Ao se considerar as concentrações de carbonatos e bicarbonatos presentes na água de irrigação e uma aplicação média anual de 800 mm ano⁻¹ sobre essa área, observa-se que o uso da irrigação equivaleria a uma adição média estimada de 2040 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de CaCO₃ PRNT 100 %, calculados em função da metodologia proposta por Maia *et al.* (2001) para o Equivalente carbonato de cálcio em área irrigada.

Logo, quando comparados os valores de pH da área sem irrigação com os valores encontrados para área irrigada, pode-se inferir que a dose do corretivo tenha tido pouca influência na manutenção desses valores ao longo dos dois anos da aplicação e que estes tenham sido grandemente influenciados pelos teores de bicarbonatos e carbonatos da água de irrigação por serem considerados as

principais formas químicas que contribuem para a alcalinidade dos solos em áreas irrigadas (WHIPKER *et al.*, 1996).

Para os teores de fósforo observados nas duas áreas estudadas notou-se pouca diferença em comparação com a testemunha (Tabela 5). Assim, foram considerados como muito baixos, de acordo com a classificação proposta por Alvares V. *et al.* (1999), enquanto que para o P-rem constatou-se aumento significativo apenas pra o sistema irrigado nas duas profundidades avaliadas indicando diminuição da capacidade de fixação de P.

Diferentemente do que ocorreu com o P observou-se nos tratamentos com aplicação do corretivo uma elevação significativa dos teores de K, tanto na camada de 0-10 cm quanto na camada de 0-20 cm com valores mais expressivos para área irrigada. Infere-se que boa parte desses resultados tenham ocorrido em função do retorno do nutriente ao sistema por meio das fezes dos animais, assim como retorno obtido por meio da decomposição da parte aérea da planta que não foi aproveitada por estes animais como descrito nos trabalhos realizados por Torres e Pereira (2008) e Braz *et al.*, (2002).

Além do potássio também foi verificado aumento significativo para os teores de Ca e Mg nas áreas em que receberam a aplicação do corretivo diferindo estatisticamente dos valores encontrados para a testemunha. No entanto, ao se comparar os teores desses nutrientes entre essas áreas observou-se diferença estatística apenas para os teores de Ca na camada superficial e subsuperficial da área irrigada.

Esse cenário reporta a concepção de que boa parte desses nutrientes tenham sido obtidos pela incorporação e solubilização do óxido de cálcio e magnésio em conjunto com outros fatores como a ciclagem de nutrientes. Entretanto, considera-se na área irrigada que além desses efeitos o uso da água de irrigação também tenha sido fator preponderante para provocar o aumento dos teores desse nutriente nas camadas do solo, uma vez que ao se considerar a aplicação da lâmina média de irrigação descrita anteriormente e o teor de cálcio da água utilizada, obtem-se um incremento médio estimado de $1541,28 \text{ kg há}^{-1}$ de Ca o que corresponderia a $3,85 \text{ cmol/dm}^3$ Ca para uma camada de 0-20 cm.

Além do aumento dos teores de cátions trocáveis observou-se ainda que os efeitos ocasionados pela adição do óxido de cálcio e magnésio contribuíram substancialmente para a redução da acidez ativa e da acidez potencial das áreas em estudo (Tabela 5). Isso significa que há poucas cargas negativas dos coloides sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} (ROMQUIM, 2010).

Desse modo, não foram constatados teores de alumínio nas duas camadas do solo da área irrigada e o teor de H+Al manteve-se baixo, enquanto que para área sem irrigação, ambos os teores classificaram-se como médio de acordo com a classes de interpretação de fertilidade para o complexo de troca catiônica proposta por Alvares V. *et al.*, (1999).

Pode-se considerar que esses efeitos refletiram de forma positiva no aumento da CTC do solo e conseqüentemente na percentagem de cátions trocáveis assim como reportados para os sistemas 1.

Nesse sentido, foi observado na área sem irrigação incremento médio de 19,38% e 19,54% para o cálcio e 17,11% e 18,43 % para o magnésio nas camadas de 0-10 e 0-20 cm respectivamente em comparação com a testemunha, enquanto que para área irrigada esses incrementos corresponderam a 42,23% e 43,76% para o Ca e 8,29% e 15,66% para o Mg.

Quanto ao potássio verificou-se uma redução próxima a 3% na percentagem desse nutriente na CTC nas camadas avaliadas em comparação com a testemunha comportando-se de forma semelhante aos resultados obtidos para o sistema 1.

Diante desse cenário observou-se que a porcentagem de saturação por bases das áreas que receberam aplicação do corretivo seguiram a mesma tendência constatada para os sistemas 1 e 2 mantendo os valores deste atributo químico acima de 45%. No entanto, os valores observados para este sistema foram bem mais elevados do que aqueles obtidos nos sistemas mencionados anteriormente especialmente para área irrigada cujos valores foram mais expressivos e diferenciaram-se estatisticamente dos resultados observados para área sem irrigação.

Conforme o exposto acima se pode reportar que os atributos químicos da área irrigada foram aqueles que tiveram resultados mais expressivos em função da adição

óxido de cálcio, quando comparados com aqueles obtidos para área sem irrigação, sobretudo pra os valores de pH, Al^{3+} , teores de Ca e saturação por bases, porém, pode-se inferir que boa parte desses resultados tenham sido favorecidos em detrimento da qualidade da água de irrigação mencionada anteriormente.

Além da manutenção da umidade do solo na faixa adequada para as plantas, incrementos nos valores de pH, Ca e Mg notou-se conforme a Tabela 6 que a irrigação promoveu uma maior produção de massa seca de forragem com média de ($11538,8 \text{ kg ha}^{-1}$) em relação à área sem irrigação ($9760,0 \text{ kg ha}^{-1}$). A produção da área irrigada correspondeu em torno de 20% a mais do que a observada para a área de sequeiro. Além disso, deve se considerar que as adubações nitrogenadas foram maiores na área irrigada. Por outro lado, ao longo do ano, o número de pastejo e, conseqüentemente a exportação de nutrientes pela forrageira na área irrigada foi maior que na área sem irrigação.

Tabela 6 - Produção de massa seca e teor de nutrientes na folha de referência e na parte aérea do capim-Marandu, em função da aplicação de 400 kg ha⁻¹ de óxido de cálcio e magnésio em áreas de pastagem, cultivada sob sistema sequeiro e irrigado com dose do corretivo estimada pelos métodos da saturação por bases e neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio

Trat.	MSPA kg ha ⁻¹	Teores de nutrientes na folha										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Fe	Mn	Cu
		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
Sequeiro	9760,0±493,2*	15,5±3,5	1,7±0,5	20,2±2,5	1,8±0,4	5,4±1,3	1,2±0,3	4±0,9	86±8,0	116±14,0	137±12,0	13±0,5
Irrigado	11538,8±373,6	20,3±6,4	1,8±0,4	23,5±3,7	1,7±0,5	4,4±0,9	1,0±0,2	5±1,1	97±7,0	153±21,0	82±9,0	14±0,9
		Teores de nutrientes na parte aérea										
Sequeiro	9760,0±493,2	14,8±3,5	1,7±0,5	23,1±3,5	0,9±0,2	3,5±0,6	1,2±0,4	4±1,0	84±7	100±12,0	96±11,0	13±1,4
Irrigado	11538,8±373,6	13,4±4,5	1,4±0,4	24,4±4,2	1,2±0,4	4,1±0,8	0,9±0,3	4±0,8	80±4	274±26,0	108±8,0	10±1,3

*Média e desvio padrão pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor, 2017.

4.4 Estudo das correlações entre os nutrientes no solo, folha diagnóstica e parte aérea do capim-Marandu

Quanto aos resultados observados para correlação entre os teores de nutrientes na folha e na parte aérea com os nutrientes no solo nas camadas de 0 a 10 e 0 a 20 cm de profundidade pode-se constatar que os teores de K e Mg presentes nestas camadas do solo, correlacionaram-se positivamente tanto com os teores desses nutrientes presentes na folha diagnóstica quanto com os teores presentes parte aérea da planta (Tabela 7).

No que diz respeito aos coeficientes de correlação notou-se de modo geral, maiores valores para aqueles obtidos da correlação positiva entre os teores dos nutrientes na camada superficial do solo (0-10 cm) e os teores de nutrientes presentes na folha diagnóstica.

Tabela 7 – Coeficientes de correlação de Pearson entre os teores de nutrientes na folha, na parte aérea da planta e no solo nas camadas de 0 a 10 e 0 a 20 cm de profundidade

Prof. Solo	P folha x P solo	K folha x K solo	Ca folha x Ca solo	Mg folha x Mg solo
0-10 cm	-0,08	0,93*	- 0,74	0,98*
0-20 cm	-0,02	0,88*	-0,69	0,95*
Prof. Solo	P planta x P solo	K planta x K solo	Ca planta x Ca solo	Mg planta x Mg solo
0-10 cm	-0,55	0,79*	-0,16	0,81**
0-20 cm	-0,04	0,75*	-0,35	0,97**

** e * significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de T.

Fonte: Do autor, 2017.

O K é absorvido em grandes quantidades pelas raízes das plantas e considerado como o cátion mais abundante nos tecidos vegetais (MEURER, 2006). No entanto, a concentração desse nutriente na folha é decorrente da disponibilidade do nutriente no solo, das condições em que são absorvidos pelas raízes e do transporte até a parte aérea (ERNANE *et al.*, 2007).

Dessa forma, infere-se que as correlações positivas observadas para esse nutriente provavelmente tenham sido influenciadas por uma maior disponibilidade e absorção das formas prontamente disponíveis para a planta como K trocável e em solução (DECHEN; NATHIGAL, 2007) e que esse efeito tenha ocorrido com mais intensidade na camada de 0-10 cm, o que resultou no maior coeficientes de correlação mencionado anteriormente para esta camada do solo.

Após a absorção acredita-se que boa parte do nutriente tenha sido direcionada aos tecidos mais jovens, fator esse que pode ter contribuído para o maior coeficiente de correlação observado nas folhas recém-expandidas da brachiaria (folha diagnóstica).

Esse cenário corrobora com as observações feitas por Meurer (2006) ao relatar sobre o fato do transporte e a redistribuição do K ser com frequência direcionados aos tecidos mais jovens da planta.

As interações entre teores de K no solo e na planta também tem sido evidenciada em alguns trabalhos como no estudo realizado por Scherer (1998) no qual ao avaliar o efeito dos níveis de potássio presentes em um Latossolo no desenvolvimento de plantas de soja constatou relação positiva entre o teor de K no solo e o teor desse macronutriente na folha e apontou que a produtividade da planta pode ser beneficiada em função dessa relação.

Assim como relatado para o potássio acredita-se também que as correlações positivas observadas para o magnésio (Tabela 7) tenham sido proporcionadas por uma maior disponibilidade e absorção desse nutriente, sobretudo para os teores da camada superficial aos quais podem estar intimamente relacionadas aos efeitos ocasionados pelas aplicações dos corretivos da acidez como, aumento da CTC do solo e da capacidade de retenção de cátions nesta profundidade, uma vez que em condições naturais poderiam ocorrer baixos teores desse nutriente como reportado por Rein e Souza (1999) para solos da região do cerrado.

Nesse cenário, acrescenta-se ainda que possivelmente a explicação para ocorrência da maior correlação observada para a folha diagnóstica esteja associada ao fato desse nutriente possuir uma alta mobilidade no floema translocando-se das folhas mais velhas para as folhas mais novas e por ser encontrado de forma geral

maiores teores nas partes mais novas em comparação com as partes mais velhas da planta (VITTI *et al.*, 2006) ocasionadas, provavelmente pela maior atividade fotossintética nesta região conforme relatado por Lara e Pedreira (2011).

Quanto aos teores de P e Ca pode-se constatar que não houve correlação com as variáveis estudadas (Tabela 7).

Por outro lado, ao se avaliar a correlação entre a produção de massa seca e os teores de nutrientes no solo nas camadas de 0 a 10 e 0 a 20 cm de profundidade constatou-se correlações positivas apenas para os teores de K e Ca presentes nas duas profundidades avaliadas e para o teor de Mg na camada de 0-20 cm de profundidade (Tabela 8).

Tabela 8 – Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção de massa seca e os teores de nutrientes no solo na camada de 0 a 10 e 0 a 20 cm de profundidade

nutrientes no solo na camada de 0-10 cm			
P	K	Ca	Mg
-0,58ns	0,92**	0,95**	0,49ns
nutrientes no solo na camada de 0-20 cm			
-0,11ns	0,97**	0,97**	0,74*

** e * significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de T

Fonte: Do autor, 2016.

Observou-se ainda que o teor de Mg na profundidade de 0-10 cm e os teores de P nas duas camadas do solo não se correlacionaram significativamente com a produção de massa seca (Tabela 8).

Esses resultados demonstram que o aumento dos teores de K, Ca e Mg nas camadas do solo favorecem de forma significativa o aumento da produção de massa seca da capim-Marandu, sobretudo para camada de 0-20 cm na qual se registrou os maiores coeficientes de correlação.

Para o K, deduz-se que provavelmente a relação desse nutriente com a produção de massa seca esteja relacionada com as várias funções que esse nutriente exerce na planta como a regulação da pressão osmótica e fotossíntese.

Logo, em situação de deficiência do nutriente pode ocorrer uma diminuição do crescimento e produção, em função da redução no acúmulo de carboidratos provocados pela diminuição da fotossíntese e aumento da respiração da planta (DECHEN e NATHIGAL, 2007).

Nesse contexto, verifica-se a importância do aporte e da manutenção dos teores de K no solo com vista à manutenção do potencial de produção e a persistência das plantas forrageiras (MEGDA, 2013).

O aumento dos teores desse nutriente no solo em boa parte das áreas de pastagem tem sido obtido por meio da adição da adubação mineral que por sua vez tem contribuído de forma significativa para o aumento da produção de massa seca do capim-Marandu. Esses resultados foram evidenciados em vários trabalhos com essa forrageira como no trabalho realizado por Benett *et al.* (2008), no qual observaram uma produção de massa seca equivalente a 3300 kg ha⁻¹ em solo cultivado com adição de calcário e K, cujo valor foi superior ao tratamento testemunha (2510 kg ha⁻¹) e no estudo conduzido por Cardoso (2016) em que constatou produções de 12 e 9,6 g de massa seca por vaso no primeiro e segundo corte respectivamente com a adição de 30 mg kg⁻¹ de K, diferenciaram-se do tratamento sem adição desse nutriente na qual apresentou produção de 10,1 e 7,1 g para os mesmos cortes descritos anteriormente.

Quanto aos teores de Ca e Mg no solo (Tabela 8) infere-se que a correlação positiva obtida com a produção e massa seca também estejam relacionadas às importantes funções exercidas por esses elementos, como a adequada absorção de nutrientes exercida pelo Ca e a participação do Mg no processo fotossintético da planta, por ser componente da molécula de clorofila (FAQUIN, 2005).

Consolmagno (2006) afirma que a carência Mg acarreta em diminuição na produção de massa em virtude da redução da fotossíntese. Assim, como mencionado para o K torna-se imprescindível a manutenção e o incremento desses nutrientes ao solo com vista em reduzir os prejuízos causados pela deficiência dos mesmos.

Dessa forma, tem-se observado que o uso dos corretivos da acidez como fonte desses nutrientes tem contribuído de forma significativa para o aumento dos

teores no solo e aumento de produção de massa seca conforme constatado nos trabalhos realizados por SOUZA (2008) e FORTES (2008).

Quando se correlacionou os teores de nutrientes presentes na folha diagnóstica com a produção de massa seca do capim-Marandu verificou-se que a correlação foi positiva para os teores de N, K e Cu e negativa para o Mn (Tabela 9). Os demais nutrientes tanto na folha quanto na parte aérea não se correlacionaram significativamente com a produção de massa seca ($P > 0,05$).

Tabela 9 – Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção de massa seca e os teores de nutrientes na folha e na parte aérea da planta

Teor de nutrientes na folha					
N	P	K	Ca	Mg	S
0,91**	0,07ns	0,79**	-0,58ns	0,56ns	-0,23ns
B	Zn	Fe	Mn	Cu	
0,10ns	0,60ns	0,11ns	-0,72*	0,96**	
Teor de nutriente na parte aérea da planta					
N	P	K	Ca	Mg	S
-0,37ns	-0,06ns	0,59*	-0,20ns	0,87**	-0,05ns
B	Zn	Fe	Mn	Cu	
-0,09ns	0,36ns	0,90**	-0,70*	-0,28ns	

** e * significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de t

Fonte: Do autor, 2017.

Por outro lado, ao se correlacionar esta variável com os teores de nutrientes presentes na parte aérea da planta observou-se que a correlação obtida foi positiva apenas para os teores de Mg, Fe e K. No entanto, notou-se que o coeficiente de correlação obtido para o potássio foi ligeiramente inferior ao constatado para folha diagnóstica (Tabela 9).

Neste cenário, ainda pode-se constatar que o Mn apresentou a mesma tendência observada na folha diagnóstica por correlacionar-se negativamente com a produção de massa seca e por apresentar coeficiente de correlação muito semelhante a esta. Esses resultados demonstram que há uma forte correlação entre os teores de N presentes na folha diagnóstica e a produção de massa seca do capim-Marandu.

O estudo da folha diagnóstica “folhas mais novas recém-expandidas” para avaliação do estado nutricional de plantas forrageiras tem sido relatado em vários trabalhos como aqueles descritos por Schiavuzzo *et al.* (2000), Matos e Monteiro (2003), Santos Júnior *et al.* (2005), Lavres Junior e Monteiro (2006). Em muitos deles têm-se constatado boa relação entre os teores desse nutriente na folha e a produção de massa seca, como pode ser observado nos resultados relatados por Manarim e Monteiro (2003) em plantas de capim-Mombaça e os obtidos por Lavres Junior e Monteiro (2006) em capim-Aruana.

O nitrogênio de forma generalizada é apontado como o nutriente mais exigido pelas plantas (FAQUIN, 2005) e considerado por Lugão *et al.* (2003) como um dos fatores limitantes à produção das pastagens. Este nutriente ao qual é absorvido pelas plantas principalmente nas formas de amônio e nitrato (MATOS, 2004) possui alta mobilidade no floema, pode se concentrar em folhas mais jovens e ser redistribuído para outros órgãos via floema na forma de aminoácidos (BRAZ, 2002; MARSCHNER, 2002; SOUZA; FERNANDES, 2006). Dessa forma, acredita-se que a correlação positiva observada para o N na folha diagnóstica tenha sido grandemente influenciada pela maior concentração do nutriente nas folhas mais jovens em função dessa alta mobilidade e da redistribuição do nutriente na planta.

Para o K observou-se conforme a Tabela 9 que as correlações obtidas foram condizentes com as correlações anteriormente descritas para os teor desse nutriente no solo e na planta. Neste sentido, pode-se inferir que o maior coeficiente de correlação, obtido entre o teor do nutriente na folha diagnóstica e produção de massa seca possa ter sido favorecido pela maior disponibilidade, absorção e maior concentração do nutriente nas folhas recém-expandidas, na qual resultou em produção significativa de massa seca em virtude das funções desempenhadas por esse nutriente como a regulação da pressão osmótica e fotossíntese, conforme citado anteriormente.

Correlação positiva observada para os teores potássio na folha diagnóstica também foi relatada nos estudos realizados por Matos e Monteiro (1998), no qual verificaram alto coeficiente de correlação entre as lâminas de folhas novas e a produção de matéria seca da capim-marandu na época do segundo corte desta

ferragem e aconselharam a utilização desta parte da planta para fins de diagnose nutricional do potássio.

Quanto ao Mg notou-se que a correlação positiva descrita anteriormente para este nutriente não seguiu a mesma tendência observada para os teores de N (Tabela 9). Considerando-se o fato de possuir certa semelhança com esse nutriente quanto à mobilidade e concentração na planta, e por ter sido constatado alta correlação entre o teor desse nutriente no solo e na folha diagnóstica, assim como uma boa correlação entre o teor no solo e a produção de massa seca, era esperado que o teor do nutriente na folha diagnóstica também se correlacionasse positivamente com a produção de massa seca.

Esse resultado divergiu das observações feitas por Pereira (2001), em seu estudo com o uso de doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva com capim-Mombaça no qual relatou sobre a importância de se utilizar esta parte da planta para avaliação do estado nutricional de magnésio, pelo fato de se obter resultados mais estáveis em comparação com a utilização de toda parte aérea e pela facilidade no procedimento de amostragem.

No que diz respeito às correlações positivas observadas para os micronutrientes (Tabela 9) supõe-se que possam ser atribuídas ao fato desses nutrientes serem exigidos em pequenas quantidades, e por haver uma boa disponibilidade em condições naturais nos solos da área em estudo, o que contribuiu de forma significativa para a absorção, concentração na parte aérea e produção de massa seca.

No entanto, acredita-se que a disponibilidade de Mn tenha sido afetada por ter sido constatada correlação negativa para esse nutriente (Tabela 9). Dessa forma, acredita-se que a adição dos corretivos nos solos em estudo solo tenha sido o fator mais influente quanto a esse resultado por considerar-se que o aumento de pH provoca uma redução na solubilização e absorção desse nutriente (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

De um modo geral pode-se abordar que os resultados apresentados não se enquadram dentro do segmento classificado como zona de deficiência leve sobre as perspectivas das premissas da análise foliar descrita por Faquim (2002), na qual

segundo esse autor é retratada como a seção onde são observadas relações diretas entre o teor dos nutrientes no solo com o teor foliar e a produção da planta, porém, esse autor ainda aborda que essa situação nem sempre é obtido na prática e que é mais evidente em estudos que trabalham com doses crescentes de um determinado nutriente mantendo os demais em níveis adequados.

5 CONCLUSÕES

Os teores de cálcio e magnésio do solo foram maiores nas áreas em que a dose do corretivo, óxido de cálcio e magnésio, foi estimada pelo método da saturação por bases quando comparados com os teores das áreas onde a dose do corretivo foi estimada pelo método da neutralização do alumínio e elevação dos teores de Ca e Mg.

Ao longo de dois anos de cultivo, o calcário manteve o pH do solo mais próximo da neutralidade, porém os teores de Mg foram menores que aqueles onde foi aplicado óxido de Ca e Mg.

Nas pastagens irrigadas ocorreu maior produção de massa seca de forragem e os valores de pH, Ca e Mg foram maiores que na área de sequeiro.

As melhores correlações foram obtidas entre a produção de massa seca de forragem com os teores de nutrientes na camada de solo de 0 a 20 cm de profundidade e com os teores de nutrientes na folha de referência.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos: características de qualidade. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, Piracicaba, 1984. **Anais...** Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. cap. 3, p. 97-117.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos**. São Paulo: ANDA, 2005. 24 p. (Boletim técnico, 6). Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads/corretivos_da_acidez_dos_solos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2016.

ALVAREZ V.; V. H. *et al.* Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. cap. 5, p. 25-32.

ALVAREEZ V.; V. H; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. cap. 8, p. 43-60.

ALVES, S. J.; SOARES FILHO, C. V.. In: MONTEIRO, A. L. *et al.* Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná. In: MONTEIRO, A. L. *et al.* **Forragicultura no Paraná**. 1 ed. Londrina:CPAF, 1996, p.179-283.

ANDRADE, I. F. Calagem para pastagens. **Informe Agropecuário**, v. 15, n. 171, p. 34-37, 1991.

Barcelos, A. F. *et al.* **Adubação de capins do gênero *Brachiaria***. Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 84 p. Disponível em <http://www.agrisus.org.br/arquivos/Epamig_braquiaria.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2016.

BENETT, C. G.; YAMASHITA, O. M.; KOGA, P. S.; SILVA, K. S. Resposta da *Bachiaria brizantha* cv. *Marandu* a diferentes tipos de adubação. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 6, n. 1, p. 13-20, 2008. Disponível em: <http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol6/2_artigo_v6.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2016.

BENITES, V. M. *et al.* O potássio, o cálcio e o magnésio na agricultura brasileira. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. [s.l.]: ipni, [2010]. cap. 16, p. 100-130. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277328049_o_potassio_o_calcio_e_o_ma>

gnésio_na_agricultura_brasileira_potassim_calcium_and_magnesium_in_brazilian_agriculture>. Acesso em: 20 NOV. 2016.

BRAZ, S. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CANTARUTTI, R. B.; REGAZZI, A. J.; MARTINS, C. E.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de *Brachiaria decumbens* na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 858-865, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n2s0/21274.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

CANDIDO, A. O.; NOGUEIRA, N. O.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R.; TOMAZ, M. A. Dinâmica de cálcio e magnésio em solo submetido a diferentes materiais corretivos de acidez sob lavoura de café Conilon. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., [São José dos Campos], [201-]. **Anais...** [São José dos Campos]: [Universidade do Vale do Paraíba], [201-]. Disponível em: <www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/RE_0814_0878_01.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2017.

CARDOSO, S. S. **Crescimentos sucessivos de Capim-Marandu em diferentes solos submetidos à fertilização potássica**. 2016. 30 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138912/cardoso_ss_dr_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jan. 2017.

CONSOLMAGNO NETO, D. **Combinação de doses de potássio e magnésio na produção e nutrição mineral do capim-Tanzânia**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-06042006-164511/pt-br.php>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

CORRÊA, P. R. S.; MORAES FILHO, O. **Síntese das necessidades de calcário para os solos dos estados da Bahia e Sergipe**. Salvador: CPRM, 2001. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/1571/S%C3%ADntese%20das%20necessidades%20de%20calc%C3%A1rio%20para%20os%20solos%20dos%20estados%20da%20Bahia%20e%20Sergipe.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CRUZ, M. C. P.; 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. 303-312, ago. 1994. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4178/1469>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2006. cap. 13, p. 326-354. 20 jan. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1984. 31 p. (Documentos, 21). Disponível em: <site>. Acesso em: 22 jan. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Eds.). **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 9, p. 551-594.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: FAEPE, 2002. 77 p. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Diagnose%20do%20Estado%20Nutricional%20das%20Plantas.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2017.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: FAEPE, 2005. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Nutricao%20mineral%20de%20plantas.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2017.

FERTILIDAD del suelo y nutrición de la planta. In: CIAT. **Informe Anual 1979**. Programa de Pastos Tropicales. Cali, 1980. p.63-79. (CIAT. Série, 02STP1-79). 20 jan. 2017.

FIA, R.; MATOS, A.T.; AGUIRRE, C.I. (2005) Características químicas de solo adubado com doses crescentes de lodo de esgoto caledado. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 4, p. 287-299. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237738035_CHARACTERISTICAS_QUIMICAS_DE_SOLO_ADUBADO_COM_DOSES_CRESCENTES_DE_LODO_DE_ESGOTO_CALEADO>. Acesso em: 12 jan. 2017.

FORTES, C. A.; PINTO, J. C.; FURTINI NETO, A. E.; MORAIS, A. R.; EVANGELISTA, A. R.; SOUZA, R. M. Níveis de silicato de cálcio e magnésio na produção das gramíneas Marandu e Tanzânia cultivadas em um Neossolo Quartzarênico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 267-274, jan./fev. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n1/a38v32n1.pdf>>. Acesso em:

GAGANTINI, H.; MELLO, F. A. F.; ARZOLLA, S. Efeitos da calagem no pH de perfis de solos de cerrado. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,

Piracicaba, v. 39, n. 2, p. 1141-1158, 1982. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0071-12761982000200028&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 24 nov. 2017.

KITAMURA, A. E. *et al.* Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.405-416, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/38.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

KOPPEN, W. **Climatologia**. Buenos Aires: Panamericana, 1948. 478p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

KLIEMANN, H. J.; MAGALHÃES, R. T.; OLIVEIRA, I. P.; MORAES, M. F. relações da produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* com os índices de disponibilidade de nutrientes em solos sob o sistema barreira de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, n. 1, p. 49-56, 2003. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2400>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

KORNDÖRFER, P. H.; SILVA, G. C.; TEIXEIRA, I. R.; SILVA, A. G.; FREITAS, R. S. Efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, p. 119-125, abr./jun. 2010. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/3922/6784>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

LARA, M. A. S.; PEDREIRA, C. G. S. Estimativa da assimilação potencial de carbono em dosséis de espécies de braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 743-750, jul. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n7/a10v46n7.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2017.

LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Diagnose nutricional de nitrogênio no Capim-Aruana em condições controladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 829-837, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n5/09.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. A. G. **Solos sob Cerrado**: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1994. 62 p. (Boletim Técnico, 5). Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimedia/boletim_05.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2017.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. 3. ed. São Paulo: ANDA, 1991. 15 p. (Boletim técnico, 1). Disponível em: <Disponível em http://www.anda.org.br/multimedia/boletim_01.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2017.

LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; VITTI, G. C.; LIMA, C. G. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agronômicas e fisiológicas do Capim-Tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 964-970, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v29n4/5607.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; OLIVEIRA, M. Estimativa de carbonato de cálcio aplicado via água de irrigação nas regiões da Chapada do Apodi e Baixo Açu, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, P. 71-75, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v5n1/v5n1a13.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba : Potafos, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 2002. 889p.

MARTHA JÚNIOR, G. B. *et al.* **Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagem**. Planaltina: Embrapa cerrados, 2007.

MARTINS, R. L.; ROSSI JÚNIOR, P.; FERNANDES, A. C.; GRISE, M. M.; MURARO, G. B. Produção de forragem em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv MARANDU e *Panicum maximum* cv MOMBACA, em resposta a diferentes doses de nutrientes, em Umuarama-PR. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 4, n. 3, P. 59-64, 2006. Disponível em: <<http://www2.pucpr.br/reol/pb/index.php/academica?dd1=1022&dd99=view&dd98=pb>>. Acesso em: 24 FEV. 2017.

MATTOS, W. T.; MONTEIRO, F. A. Respostas de braquiária Brizantha a doses de potássio. **Scientia Agrícola**, v. 55, n. 3, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161998000300011>. Acesso em: 22 jan. 2017.

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, n. 1, p. 1-10, 2003. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/bia/article/viewFile/8809/9326>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

MEGDA, M. M. **Formas de nitrogênio e doses de potássio no capim-marandu: morfológicos, produtivos, nutricionais e bioquímicos e transformações do nitrogênio em um Neossolo**. 2013. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba,

2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-23082013-162958/pt-br.php>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern : International Potash Institute, 1987. 687p.

MONTEIRO, F.A. Concentração e distribuição de nutrientes em gramíneas e leguminosas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., Viçosa, 2004. **Anais...** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.71-107.

Nascimento, C. W. A. do; Barros, D. A. S.; Melo, E. E. C. de; Oliveira, A. B. de. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.385-392, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n2/20221.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2017.

NOGUEIRA, N. O.; TOMAZ, M. A.; ANDRADE, F. V.; REIS, E. F.; BRINATE, S. V. B. pH, cálcio e magnésio influenciados pelo uso de resíduos industriais utilizados como corretivos, em lavoura de café Conilon. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., Araxá, 2011. **Anais...** [S.l.]: [EMBRAPA], 2011. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio7/203.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017.

_____. Influência da aplicação de dois resíduos industriais nas propriedades químicas de dois solos cultivados com café arábica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 11-21, jan./mar. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rca/v43n1/02.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

PAULINO, V. T.; COSTA, N. L.; LUCENA, M. A. C; SCHAMMAS, E. A.; FERRARI JÚNIOR, E. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú a calagem e a fertilização fosfatada em um solo ácido. **Posturas Tropicais**, v. 16, n. 2, p. 34-40, ago. 1994. Disponível em: <http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/1994-vol16-rev1-2-3/Vol16_rev2_94_art6.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2017.

PEGORARO, R. F.; MISTURA, C.; WENDLING, B.; FONSECA, D. M.; FAGUNDES, J. L. Manejo da água e do nitrogênio em cultivo de capim-elefante. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, 461-467, mar./abr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000200015>. Acesso em: 20 jan. 2017.

PEREIRA, W. L. M. **Doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva para Capim-mombaça**. 2001. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-08042002-091542/pt-br.php>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

PRIMAVESI, A. C. **Características de corretivos agrícolas**. 1. ed. São Paulo: EMBRAPA Sudeste, 2004. 28 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 37). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61985/1/Doc37ACP2004.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

QUAGGIO, J. A. Respostas das culturas à calagem. In: MALAVOLTA, E. (Coord.). **Seminário sobre corretivos agrícolas**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. cap. 4, p. 123-154.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLOZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporadora a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 797-805, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v24n4/12.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: EMBRAPA Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 8).

SANCHES, A.B. **Efeitos do silicato de cálcio nos atributos químicos do solo e planta, produção e qualidade em capim – braquiário [brachiaria brizantha (Hoechst ex a, rich.) Stapf. cv. maramdu] sob intensidades de pastejo**. 2003. 140 f. Dissertação (Mestrado Área de concentração: Qualidade e Produtividade Animal) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2003.

SANTOS, A. B. **Efeitos do silicato de cálcio nos atributos químicos do solo e planta, produção e qualidade em Capim-Braquiário [Brachiaria brizantha (Hoechst ex A. Rich.) Stapf. Cv. Marandu] sob intensidades de pastejo**. 2003. 122 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-05032004-145932/en.php>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

SANTANA, G. S.; MORITA, I. M.; BIANCHI, P. P. M.; FERNANDES, F. M.; ISEPON, O. Atributos químicos, produção e qualidade do capim braquiária em solos corrigidos com calcário e escória silicatada. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 377-382, maio/jun. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rceres/v57n3/v57n3a14.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

SANTANA, C. S. **Produtividade e nutrição do capim Marandu adubado com fosfato e óxidos de cálcio e magnésio**. 2015. 31 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2015.

SANTOS JÚNIOR, J. D. G. *et al.* **Concentração de macronutrientes em folhas de diagnóstico de Capim-Tanzânia em quatro condições de fertilidade de solo no Cerrado**. 1. ed. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2005. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 154). Disponível em: <www.cpac.embrapa.br/baixar/154/t>. Acesso em: 10 jan. 2017.

SCHIAVUZZO, P. F.; MONTEIRO, F.A.; LAVRES JÚNIOR, J. Nitrogênio na produção e na nutrição da Braquiária Marandu (compact disk). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, Viçosa, 2000, **Anais**. Viçosa: SBZ, 2000. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/reuniaoanual/anais/?idiom=pt>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

SCHERER, E. E.; Níveis críticos de potássio para a soja em latossolo húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 57-62, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n1/08.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

SOUZA, E. A. **Efeitos de corretivos de solo aplicados em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu na infestação do percevejo castanho das raízes *Atarsocoris brachiariae*, 1996 (Hemiptera: Cydnidae) e na composição química e produção de massa seca da planta**. 2008. 59 f. Teses (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2759/1/TESE_%20Efeitos%20de%20corretivos%20de%20solo%20aplicados%20em%20Brachiaria%20brizantha%20cv.%20marandu%20na%20infesta%C3%A7%C3%A3o%20do%20percevejo%20castanho.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017.

SOUZA, D. M. G; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado**. Planaltina; Embrapa Cerrados, 2001. 22p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica , 12).

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 9, p. 215-252.

TORRES, J. L.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1609-1618, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832008000400025&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em: 20 dez. 2017.

VALLE, C.B. do; MILES, J.W. Melhoramento de gramíneas do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.191-231

VILELA, L. *et al.* Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds. Tec.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. cap.14, p. 367-382.

WADT, P. G. S. Alterações eletroquímicas de um Latossolo Vermelho-amarelo tratado com carbonato e sulfato de cálcio. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 3, p. 519-524, jul./set. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n3/2685.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 12, p. 299-325.

