



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**COMPONENTES PRODUTIVOS,
MORFOLÓGICOS E QUÍMICOS DO CAPIM
MARANDU CULTIVADO COM FONTES E
DOSES DE SILICATO**

ÉDIPO ALVES LACERDA

2018

ÉDIPO ALVES LACERDA

**COMPONENTES PRODUTIVOS, MORFOLÓGICOS E
QUÍMICOS DO CAPIM MARANDU CULTIVADO COM
FONTES E DOSES DE SILICATO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Orientadora

Prof^ª. D.Sc. Eleuza Clarete Junqueira de Sales

**UNIMONTES
MINAS GERAIS – BRASIL
2018**

Lacerda, Édipo Alves

L131c Componentes produtivos, morfológicos e químicos do capim marandu cultivado com fontes e doses de silicato [manuscrito] / Édipo Alves Lacerda. – 2017.
32 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2017.

Orientadora: Prof^a. D. Sc. Eleuza Clarete Junqueira de Sales.

1. Gramíneas. 2. Pastagens. 3. Plantas forrageiras. I. Sales, Eleuza Clarete Junqueira de Sales. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.2

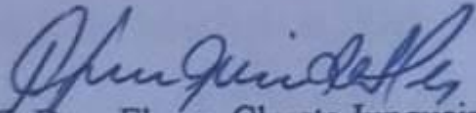
Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

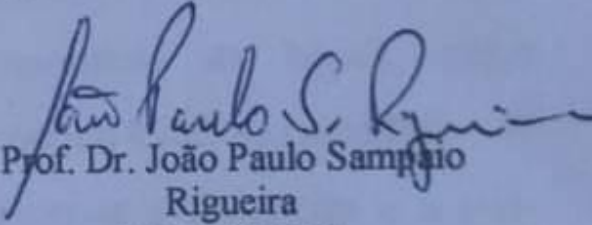
ÉDIPO ALVES LACERDA

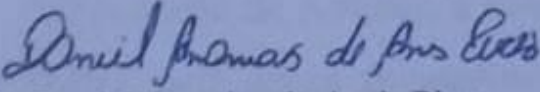
COMPONENTES PRODUTIVOS, MORFOLÓGICOS E QUÍMICOS DO
CAPIM MARANDU CULTIVADO COM FONTES E DOSES DE
SILICATO


Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

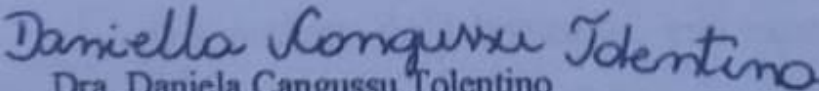
APROVADA em 30 de NOVEMBRO de 2017.


Prof. Dra. Eleuza Clarete Junqueira de
Sales
UNIMONTES
(Orientadora)


Prof. Dr. João Paulo Sampaio
Rigueira
UNIMONTES


Prof. Dr. Daniel Ananias de Assis Pires
UNIMONTES


Prof. Dr. Marcos Koiti Kondo
UNIMONTES


Dra. Daniela Cangussu Tolentino

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e à Virgem Maria, que são os fundamentos de tudo ter ocorrido TOTUS TUUS EGO SUM MARIAE ET OMNIA MEA TUA SUNT;

Aos meus pais Geraldo e Rosângela, por me motivarem a correr atrás dos meus sonhos e me incentivar a não desistir;

Aos meus irmãos Emanuelle e Ênio, pelo companheirismo e irmandade;

À professora Eleuza, minha orientadora, pelos esforços e ensinamentos a mim dispensados;

Ao professor Daniel, meu coorientador, professor João Paulo, professor Marcos e Dr^a. Daniela, membros da banca, pelos ensinamentos e disposição em contribuir com o êxito do trabalho;

À UNIMONTES por me proporcionar a formação e a pós-graduação em Zootecnia;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio financeiro em projetos de pesquisa e pela concessão de bolsas;

Aos amigos do laboratório, em especial, Mariely, Alisson, Luiz, Orlando e Flávio, pela colaboração no decorrer das atividades desenvolvidas;

Aos amigos da Renovação Carismática Católica, por me sustentarem ao decorrer desse período com suas orações;

Aos demais amigos que, de alguma forma, me ajudaram para chegar ao fim desse trabalho;

Em especial, agradeço ao meu avô Valmir (*In Memoriam*) e minha avó Isabel, por terem sido os inspiradores dos meus estudos nas ciências agrárias.

Muito obrigado.

**“Os espinhos da vida se transformam
em flores por toda eternidade”.**

São João Bosco

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1 Uso de corretivos em pastagens.....	2
2.2 Silício nas plantas.....	5
2.3 Silicatagem e parâmetros morfológicos em forrageiras.....	7
2.4 Silicatagem e composição química-bromatológica das forrageiras.....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5 CONCLUSÕES.....	26
6 REFERÊNCIAS.....	27

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Resumo da análise de variância para delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial $(6 \times 2) + 1$, sendo seis doses de adubo silicatado, duas fontes de silicato e uma testemunha.....	16
TABELA 2. Características agronômicas de capim marandu, sob fontes e doses de adubos de silicato.....	17
TABELA 3. Proporção (%) de lâmina foliar e colmo de capim marandu, sob fontes e doses de silicato.....	19
TABELA 4. Proporção de matéria morta (MM) e relação lâmina/colmo de capim marandu sob fontes e doses de silicato.....	20
TABELA 5. Teores de proteína bruta (PB) de capim marandu, sob fontes e doses silicatos.....	22
TABELA 6. Teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina de capim marandu sob fontes e doses silicatos.....	24

RESUMO

LACERDA, Édipo Alves. **Componentes produtivos, morfológicos e químicos do capim marandu cultivado com fontes e doses de silicato.** 2018. 32p. (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG¹.

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Experimental do Campus de Janaúba, da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Objetivou-se avaliar a resposta das características produtivas, morfológicas e químicas do capim marandu (*Urochloa brizantha* (Hoschst. Ex A. Rich) R. D. Webster cv. Marandu [*syn. Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu] influenciadas por fontes e doses de silicato de cálcio e magnésio. O delineamento experimental adotado foi o em blocos casualizados em esquema fatorial (6 x 2) + 1, correspondendo a seis doses de silício (400, 800, 1200, 1600, 2000, 2400 kg ha⁻¹), duas fontes de silício (Agrossilício® e Yoorin®), uma testemunha (Calcário) com quatro repetições. O trabalho foi conduzido na estação do verão entre os meses de dezembro de 2016 e abril de 2017, sendo realizados três cortes de avaliação, considerando a média desses cortes como resultados finais. Foram avaliadas as produções de matéria verde e seca consideradas características produtivas, a proporção de lâmina foliar, colmo e matéria morta e relação lâmina/colmo, consideradas características morfológicas e os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, e proteína bruta como características químicas. As características estudadas, exceto a proteína bruta, não apresentaram diferença para as fontes comparadas com a testemunha, assim como não sofreram interação entre fontes e doses. Para a proteína bruta ocorreu interação entre fontes e doses de silicato. Entre as doses, foi observado que as médias adequaram-se ao modelo linear e quadrático de regressão, para o Agrossilício® e Yoorin®, respectivamente. A utilização das fontes de silicato de cálcio e magnésio não apresentaram diferenças comparadas com o calcário para as características em estudo. Os teores de proteína bruta apresentaram diferença para as fontes de silicato, sendo que o Agrossilício® sobressai ao Yoorin® quando utilizada na dose de 400 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: corretivo de solo, silicatagem, *Urochloa brizantha*.

¹Comitê de Orientação Prof^ª. Eleuza Clarete Junqueira de Sales – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientadora); Prof. Daniel Ananias de Assis Pires – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientador).

ABSTRACT

LACERDA, Édipo Alves. **Sources and Doses of Silicate on the productive, morphological and chemical components of Marandu grass.** 2018. 32p. (Master's Degree in Animal Science) – State University of Montes Claros, Janaúba, MG¹.

The research was developed at the Campus Experimental Farm of Janaúba, State University of Montes Claros - UNIMONTES. The objective of this study was to evaluate the response of the productive, morphological and chemical characteristics of the marandu grass (*Urochloa brizantha* (Hoschst Ex A. Rich) RD Webster cv Marandu [syn. *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf cv Marandu] influenced by sources and doses of calcium and magnesium silicate. The experimental design was the randomized blocks with factorial scheme (6 x 2) + 1, corresponding to six silicon doses (400, 800, 1200, 1600, 2000, 2400 kg ha⁻¹), two silicon sources (Agrosilicon® and Yoorin®), a control (Limestone) with four replicates. The work was conducted in the summer season between December 2016 and April 2017, with three evaluation cuts being performed, the average of these cuts being considered as final results. The production of green and dry matter was evaluated considering the productive characteristics, the proportion of leaf blade, stalk and dead matter and blade/stem ratio, considering morphological characteristics and the levels of neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, and crude protein as chemical characteristics. The characteristics studied, except crude protein, did not present difference for the sources compared to the control, as well as they did not have interaction between sources and doses. For the crude protein interaction between sources and doses of silicate occurred. Among the doses, it was observed that the means were adjusted to the linear and quadratic regression model for Agrosilicon® and Yoorin®, respectively. The use of calcium and magnesium silicate sources did not present differences compared to limestone for the characteristics under study. The crude protein contents presented differences for the silicate sources, and Agrosilicon® stands out for Yoorin® when used at the dose of 400 kg ha⁻¹.

Keywords: soil corrective, silica, *Urochloa brizantha*.

¹**Guidance Committee:** Prof^a. Eleuza Clarete Junqueira de Sales – Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Advisor); Prof. Daniel Ananias de Assis Pires - Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Co-advisor).

1 INTRODUÇÃO

A baixa disponibilidade de nutrientes na exploração da pastagem é seguramente um dos principais fatores que interfere tanto em nível de produtividade como na qualidade da forrageira. Assim, o fornecimento dos nutrientes em adequadas quantidades e proporção assumem importância fundamental no processo produtivo das pastagens (BATISTA, 2002).

O calcário tem sido o material corretivo mais utilizado no Brasil, em decorrência do seu baixo custo e efeitos comprovados no aumento da produtividade das culturas. No entanto, alguns materiais alternativos, tais como as escórias de siderurgia [silicato de cálcio (Ca) e magnésio (Mg)], vêm se revelando como opção na busca por maiores produtividades.

Os silicatos além de elevar o pH do solo como corretivo da acidez do solo e interferir na saturação por bases do solo constituem fonte de macro, micronutrientes e silício (Si), elemento benéfico, principalmente para plantas acumuladoras deste elemento, tais como as gramíneas tropicais. Outros benefícios para as plantas também são apresentados, destacando-se maior tolerância da planta ao ataque de insetos e doenças, redução na transpiração, maior taxa fotossintética das plantas, devido à melhoria na arquitetura foliar. Os mecanismos de defesa mobilizados pelo Si incluem ainda acumulação de lignina, compostos fenólicos e peroxidases.

É importante considerar que a utilização desses silicatos em pastagens pode ser uma técnica economicamente viável, pois, atualmente, estas se encontram em crescente oferta no mercado e com preços relativamente baixos, pelo fato de elas constituírem resíduos que se acumulam nos pátios das indústrias (FORTES *et al.*, 2008).

Nesse contexto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o efeito de fontes e doses de silicatos sobre as características produtivas, morfológicas e químicas do capim marandu.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Uso de corretivos em pastagens

A pecuária brasileira usa grande parte da sua alimentação provida de pastagens. No território brasileiro, ocorrem tanto pastagens naturais quanto às cultivadas, as quais foram utilizadas por muito tempo de forma extrativista.

Grande parte das pastagens da região se encontra em solos que apresentam algum nível de degradação, apresentando um baixo vigor e volume de forragem, o que reduz o suporte e obtenção de peso dos animais, e em casos mais críticos ocorre a presença de plantas daninhas, pragas e deterioração do solo (ZIMMER *et al.*, 2012). Para contornar esse problema se faz necessário o uso de corretivos e fertilizantes nessas áreas.

A ausência de adubação na fase de estabelecimento e a falta de reposição dos nutrientes extraídos pela planta forrageira, durante décadas de exploração, podem ser consideradas os principais fatores responsáveis pela degradação das pastagens. Nesse sentido, torna-se necessária a recuperação dessas pastagens com o uso de corretivos e fertilizantes. Em muitos casos, é necessários aplicar calcário e os macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre (SOUSA *et al.*, 2004). Os solos ácidos requerem a aplicação de calcário para aumentar a disponibilidade do Ca^{2+} e elevar o pH. Usa-se calcário como corretivo da acidez do solo, pois, na troca catiônica, cada Ca pode neutralizar 2H^+ (MARENCO & LOPES, 2005). Solos muito deficientes em Ca, comumente, apresentam baixo pH e elevada disponibilidade de alguns elementos, como o Al e Mn, e a absorção excessiva desses elementos pode causar toxidez à planta (EPSTEIN, 1975).

As pesquisas agrícolas têm mostrado que os solos do Brasil são em geral muito ácidos, isto é, apresentam pH menor que 5,5 e que a correção de sua acidez através da calagem é uma prática indispensável para a obtenção

de colheitas abundantes com a maioria das culturas. Em muitos solos, os rendimentos de algumas culturas são tão baixos que o seu cultivo se torna economicamente inviável se a calagem não é utilizada. Solos com pH menor que 7 são ácidos, ao passo que solos com pH maior que 7 são alcalinos. Solos alcalinos são comumente encontrados apenas na região do Semiárido do Nordeste brasileiro. No restante do Brasil predominam solos ácidos, sendo comuns solos com pH entre 4,0 e 5,5, os quais são classificados como muito ácidos. A maioria das plantas cultivadas se desenvolve melhor em solos levemente ácidos a neutros, isto é, solos com pH entre 6 e 7. Nesta faixa de pH não ocorre toxidez de alumínio e manganês para as plantas, a disponibilidade dos nutrientes minerais é mais equilibrada e a atividade dos microrganismos que dão vida ao solo é maior.

A correção de acidez do solo se faz necessária para diminuir a acidez potencial ($H+Al$), e assim, melhorar a disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana, refletindo em favorecimento ao desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas, subsequentemente melhorando a produtividade das culturas. (SANTANA *et al.*, 2010).

Para corrigir a acidez dos solos e com isto aumentar os rendimentos das culturas, o homem usa há séculos materiais alcalinos: calcário, cal, conchas moídas, cinzas, etc. No Brasil, o corretivo da acidez mais utilizado é o calcário moído, o qual contém principalmente carbonatos de cálcio e de magnésio. Dentre os corretivos, o calcário recebe destaque por ser o mais utilizado para correção dessas áreas. Quando incorporados no solo, os corretivos reagem quimicamente com as fontes de acidez presentes e as neutralizam. As fontes de acidez do solo que mais consomem corretivo são o alumínio e certos compostos da matéria orgânica. Com a neutralização da acidez pela calagem, o pH e os teores de cálcio e magnésio do solo aumentam. Quanto maior for a quantidade de calcário aplicado em um solo, tanto maior será o seu pH após a reação.

Entretanto novas fontes de corretivos têm surgido no mercado como opções para a correção do solo.

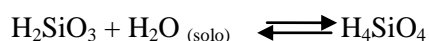
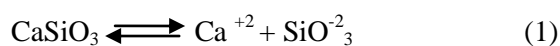
As escórias de siderurgia, resultantes da produção de aço, vêm sendo uma fonte alternativa aplicada na agricultura, sobretudo sob a forma de silicatos que possuem efeito corretivo dos fatores acidez do solo (CASTRO *et al.*, 2013; SARTO *et al.*, 2014), além de serem fontes de silício e outros nutrientes, como magnésio e cálcio.

Os silicatos de cálcio e magnésio podem ser utilizados como fontes de corretivos de acidez em solos ácidos, mas em solos sem problemas de acidez ele pode ser utilizado como fonte de silício, cálcio e magnésio (KORNDÖRFER *et al.*, 2011). De acordo com Werner (1986), além do fornecimento de cálcio e de magnésio, a calagem tem como funções a elevação do pH do solo, aumentando a disponibilidade de fósforo e de molibidênio, entre outros, que em pHs baixos não são assimiláveis, e a neutralização do alumínio, do manganês e do ferro, que podem estar em forma e em quantidades tóxicas às plantas. A correção da acidez do solo tem sido feita empregando-se calcários. Entretanto, existem materiais corretivos alternativos, dos quais o mais promissor é a escória de siderurgia (PRADO, 2000). A adsorção de Si pelo solo depende do pH, sendo máxima em pH ácido. A elevação do pH promove a liberação de Si adsorvido aos colóides para a solução do solo. Por outro lado, quanto maior o pH do solo, maior é a transformação do ácido polisilícico (insolúvel) em ácido monossilícico (solúvel) (Korndörfer *et al.*, 2004).

As escórias de siderurgia podem ser utilizadas na agricultura basicamente com o objetivo de fornecer Ca, Mg e Si para as culturas ou como corretivo da acidez do solo. No entanto, esses materiais, apesar de estarem disponíveis no mercado brasileiro, têm sido pouco comercializados para esse fim (QUAGGIO, 2000).

Com a aplicação da escória ocorre, normalmente, a correção da acidez do solo, tendo em vista a ação do silicato de Ca, devido à base química SiO^{-2} . Dessa forma, ocorrem algumas reações químicas no solo de maneira semelhante ao calcário, como aumento do pH e precipitação do Al e Mn tóxicos (Prado *et al.*, 2001). Segundo Alcarde (1992), citado por

Korndörfer *et al.* (2002), a reação neutralizante do silicato pode ser explicada de acordo com as seguintes equações:



Korndörfer *et al.* (2010), relataram em seus estudos, utilizando doses de silicato de cálcio variando de 0 a 2000 kg ha⁻¹ em duas gramíneas forrageiras (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça), que os valores de pH, saturação de bases e valores de Ca trocável aumentaram com as doses de silicato. A saturação de base nesse trabalho passou de um valor de 17% no tratamento testemunha para 34% na dose máxima de 2000 kg ha⁻¹.

2.2 Silício nas plantas

O silício é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, perdendo apenas para o oxigênio. Este elemento foi considerado como micronutriente pela legislação brasileira com o decreto-lei 4954 de 14/01/2006.

As plantas absorvem o silício na forma de ácido monossilícico (H₄SiO₄) juntamente com a água (fluxo de massa) e se acumula principalmente nas áreas de máxima transpiração (tricomias, espinhos, etc.) como ácido silícico polimerizado (sílica amorfa) (KORNDÖRFER, 2015).

Estudos sobre o uso de silicatos em pastagens de gramíneas tropicais ainda são bastante escassos, porém, os poucos trabalhos existentes com essas

espécies já demonstram o alto potencial de resposta à aplicação das escórias silicatadas. Van Soest (1994) sugeriu que o Si, fazendo parte da parede celular das gramíneas, poderia inibir a digestão e diminuir o consumo, em função da aspereza das bordas foliares. O teor de Si, contudo, não afetou a preferência ou o consumo de forragem de diferentes gramíneas por ovinos (SHEWMAKER *et al.*, 1989).

A importância de aplicação de Si para as plantas está relacionada principalmente ao aumento do crescimento e produção vegetal por meio de várias ações indiretas, deixando as folhas mais eretas com diminuição do autossombreamento, à redução do acamamento, a maior rigidez estrutural dos tecidos, à proteção contra estresses abióticos como redução de toxidez de Fe, Mn, Al e Na, à diminuição na incidência de patógeno, e ao aumento na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995).

Segundo MIYAKE (1992), o teor de silício na massa seca permite dividir as plantas superiores em três grupos: acumuladoras, intermediárias e não acumuladoras. As acumuladoras apresentam teor de SiO₂ entre 100 a 150 g kg⁻¹, as intermediárias, 10 a 50 g kg⁻¹ e, as não acumuladoras, teores menores que 5 g kg⁻¹ de massa seca. As gramíneas são acumuladoras típicas, nas quais os teores de silício atingem de 10 a 20 vezes mais do que em dicotiledôneas.

As acumulações de Al e Si na parte aérea das plantas são mutuamente exclusivas, isto é, quando o primeiro elemento é absorvido, o segundo deixa de ser. A tolerância de algumas espécies ao Al, entre outros fatores, pode estar associada à maior absorção e acumulação de Si nos tecidos da planta (PINHEIRO FILHO, 1999; COCKER *et al.*, 1998).

Os depósitos de Si nos vegetais são influenciados pela idade da planta, tipo e localização dos tecidos envolvidos e pela absorção através das raízes além da transpiração. Esta ampla variação das concentrações de Si no tecido vegetal é resultado, tanto da fisiologia das diferentes espécies, quanto do ambiente onde as plantas se desenvolvem (FAGUNDES, 2005).

O Si apresenta efeitos benéficos em várias espécies tais como: efetivo controle de doenças em plantas (GUÉVEL *et al.*, 2007) relacionado à redução de efeitos prejudiciais decorrentes de agentes químicos (salinidade, toxidez causada por metal pesado, desbalanço de nutrientes) e físicos (acamamento, seca, radiação, alta e baixa temperaturas) (Zhu *et al.*, 2004; Ma & Yamaji, 2006), e tolerância ao déficit hídrico pela planta. Muitos desses efeitos benéficos são atribuídos à sua deposição nas paredes celulares de vários órgãos das plantas, além de outros mecanismos (MA, 2004; MA & YAMAJI, 2006). Com relação à deficiência hídrica, o efeito benéfico do Si tem sido associado ao aumento da capacidade de defesa antioxidante (Gong *et al.*, 2005; Zhu *et al.*, 2004) e à manutenção da taxa fotossintética, da condutância estomática da planta, mesmo em solo seco (Hattori *et al.*, 2005), devido à redução da transpiração através da cutícula (MA & YAMAJI, 2006).

2.3 Silicatagem e parâmetros morfológicos em forrageiras

Sanches (2003), avaliando o efeito de quatro doses de silicato de Ca (0, 2,4 e 6 t.ha⁻¹) e quatro ofertas de forragem (5, 10, 15 e 20% em kg de MS por 100 kg de peso vivo animal por dia) nos atributos químicos do solo e na produção de MS e composição bromatológica do braquiário, constatou incrementos positivos na composição química da parte aérea da gramínea em relação à testemunha. O autor observou aumento nos teores de Si no solo e na planta, refletindo no aumento da produção de MS. A composição bromatológica foi influenciada apenas pelos níveis de oferta, não havendo efeito das doses de silicato. Korndorfer *et al.* (2010) também não encontraram efeito significativo da adubação silicatada na produção de massa seca da *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu e *Panicum máximum* cv Mombaça em 2 cortes, enquanto Sávio *et al.* (2011) observaram que após o primeiro corte houve efeito do silício no 2º e 3º corte para produção de massa seca da *Brachiaria brizantha* e *Panicum máximum*.

Fonseca *et al.* (2009) avaliando o efeito da escória, calcário e nitrogênio na absorção de silício e na produção do capim-marandu encontrou no 1.º corte, a produção de massa seca da parte aérea não diferiu entre as fontes de material corretivo testadas, revelando que com o uso de calcário dolomítico ou escória de siderurgia os efeitos foram semelhantes aos 48 dias. Entretanto, houve efeito significativo das doses de material corretivo e das doses de nitrogênio na produção de massa seca das plantas do capim-marandu. Ainda no 1º corte, as doses de nitrogênio associadas à escória de siderurgia, promoveram aumento linear na produção de massa seca das plantas ($\text{Massa seca} = 0,0028N + 0,96$; $F = 39,4^{**}$; $R^2 = 0,96$) e, com o uso do calcário, houve efeito quadrático ($\text{Massa Seca} = -2E-05N^2 + 0,010N + 0,49$; $F = 5,43^*$; $R^2 = 1,00$), atingindo ponto de máximo na dose de 250 mg dm⁻³ de N, mostrando com isso, efeito benéfico do silício e uma associação positiva da adubação silicatada e nitrogenada. Essa maior resposta da forrageira à aplicação de nitrogênio em solo com uso do silício também foi relatada por MALAVOLTA (2006), pois, segundo este autor, o Si torna as folhas mais eretas, diminuindo o auto-sombreamento, com melhoria na interceptação da luz e na fotossíntese, minimizando o acamamento das plantas causado por altas aplicações de N que tornam os tecidos vegetais mais tenros, ocasionando queda na produtividade da cultura.

Korndörfer *et al.* (2010) relataram que as doses de silicato utilizada em seu trabalho não afetaram a produção de massa seca no capim-marandu e capim-mombaça, entretanto, com a aplicação do silício no solo aumentou a concentração desse nutriente nas partes da planta. Respostas à adubação silicatada é observada de maneira mais, positivamente, principalmente quando as plantas estão sujeitas a algum tipo de estresse, seja ele biótico ou abiótico.

2.4 Silicatagem e composição químico-bromatológica das forrageiras

Na alimentação animal, vários são os nutrientes requeridos pelos animais, dentre eles temos os elementos chamados traços, como por exemplo, o Si.

A definição das funções bioquímicas específica destes elementos na dieta das espécies de mamíferos ainda não foi totalmente compreendida (FAGUNDES, 2005). O Si é relativamente solúvel nas condições ruminais, em pH relativamente alto, podendo ser absorvido no trato digestivo e excretado nas fezes e urina, por isso o seu uso e viabilidade tem sido estudados (JONES; HANDRECK, 1967; VAN SOEST, 1994).

No organismo animal, o Si é um constituinte importante, pois é necessário para a síntese do colágeno, formação da matriz óssea e calcificação óssea (CARLISLE, 1974).

Entretanto, a sílica, assim como a lignina são componentes estruturais nas espécies forrageiras conhecidas por contribuírem para a digestão incompleta das plantas (VAN SOEST; JONES, 1968), influenciando a adesão dos microrganismos ruminais a superfície dos vegetais ingeridos e afetando a digestibilidade (UDÉN, 1984).

Santana *et al.* (2010) analisaram os atributos químicos do solo, o potencial produtivo e a composição química do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) em solo corrigido com diferentes doses de calcário e escória silicatada. Tanto a escória quanto o calcário proporcionaram aumento do pH do solo, refletindo no aumento da disponibilidade de nutrientes como cálcio e magnésio. O capim-braquiária não respondeu em produção de MS e teores de FDA aos tipos e doses de corretivos avaliados.

Batista Júnior (2010), comparando a aplicação de silício orgânico com inorgânico em capim marandu encontrou teores de matéria seca, proteína bruta e celulose superior para o silício orgânico aplicado. Em relação ao silício inorgânico apresentou resultados superiores para fibra em detergente neutro e lignina.

O teor de proteína em capim elefante não foi alterado pelos níveis de silicato cálcio e magnésio como corretivo (0, 500, 1000 kg.ha⁻¹ de silicato) estudado por Vilela *et al.* (2007), entretanto, o silício na presença de nitrogênio proporcionou maiores teores de proteína.

Faria *et al.* (2008), trabalhando com silicatagem residual na produtividade do capim marandu sobre intensidade de pastejo, observou que a composição bromatológica não foi afetada pelos corretivos. Os teores de proteína bruta apresentaram respostas para as épocas com média de 7,4 dag kg⁻¹ no período das águas e de 5,0 dag kg⁻¹ na seca, e, para as ofertas, houve diferença entre 5 dag kg⁻¹ com 6,7 dag kg⁻¹ de PB em sua composição para as demais (entre 5,49 a 5,95 dag kg⁻¹), o que pode ser explicado pelo maior alongamento dos colmos nas maiores ofertas, proporcionando a redução do teor de PB, conforme Hodgson (1990). Os teores de fibra em detergente neutro - FDN responderam às variáveis ofertas, época e interação época x oferta. Na época das águas, as ofertas 100, 150 e 200 kg t⁻¹ foram semelhantes entre si (média de 76,8 dag kg⁻¹) e superiores (p < 0,05) a de 50 kg t⁻¹ (75,8 dag kg⁻¹). No inverno, a variação dos valores de FDN foi de 77,3 (200 kg t⁻¹) a 80,1 dag kg⁻¹ (100 kg t⁻¹), sendo as ofertas 50 e 100 kg t⁻¹ responsáveis pelos maiores valores, cuja explicação pode ser atribuída ao efeito das diferentes alturas de corte do material vegetativo para cada oferta em ordem crescente da oferta diária de 50 para a de 200 kg t⁻¹. Em média, a FDN aumentou de 76,5 para 78,5 dag kg⁻¹ entre o período das águas e o da seca, apresentando efeito significativo (p < 0,0001). Os valores de fibra detergente ácido - FDA responderam somente para as épocas, com aumento de 8,9 % entre o verão e o inverno (média de 40,6 e 44,2 dag kg⁻¹, respectivamente), o que se deve à modificação da parede celular decorrente de condições climáticas e nutricionais, descrito por Hodgson (1990). Os teores de lignina foram influenciados somente pela época, diferindo do verão (4,4 dag kg⁻¹) para o inverno (6,2 dag kg⁻¹).

Santana *et al.* (2015), avaliando a produtividade e valor nutritivo do capim-andropogon adubado com silicato de cálcio e magnésio, as doses de

silicato de cálcio e magnésio não afetaram os parâmetros de degradação ($P>0,05$), reflexo da semelhança na composição bromatológica dos capins. O silício nas plantas pode ligar-se a complexos carboidratos-fenol ou carboidratos-lignina (Inanaga e Okasaka, 1995) e, aproximadamente 99% desse elemento, quando acumulado, encontram-se sob a forma polimerizada, de difícil solubilização (Taiz & Zeiger, 2004). Ainda há indícios de sua ligação com proteínas e outros compostos orgânicos. No entanto, são escassos os trabalhos que avaliam se os polímeros de silício encontrados na parede dos vegetais afetariam o aproveitamento dos nutrientes das forrageiras pelos animais.

Sanches (2003), avaliando o efeito de quatro doses de silicato de Ca (0, 2, 4 e 6 tha^{-1}) e quatro ofertas de forragem (5, 10, 15 e 20%, em kg de MS 100 kg^{-1} de peso vivo animal por dia) nos atributos químicos do solo e na produção de MS e composição bromatológica do braquiarião, constatou incrementos positivos na composição química da parte aérea da gramínea em relação à testemunha. O autor observou aumento nos teores de Si no solo e na planta, refletindo no aumento da produção de MS. A composição bromatológica foi influenciada apenas pelos níveis de oferta, não havendo efeito das doses de silicato.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, Campus Janaúba, localizada no perímetro irrigado do Gortuba, sendo as coordenadas geográficas 15° 48' de latitude Sul, 43° 18' de longitude Oeste e 516 m de altitude. O clima de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw, tropical com inverno seco e a precipitação média anual é em torno de 830 mm irregularmente distribuída de novembro a abril, com temperatura média anual de 26°C e máxima de até 40°C (ANTUNES, 1986). A temperatura média mensal na região oscila entre valores extremos de 18° a 38°C.

Utilizou-se uma área já implantada na Fazenda Experimental de {*Urochloa brizantha* (Hoschst. Ex A. Rich) R. D. Webster cv. Marandu [syn. *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu} – capim Marandu, desde 2012.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico com caráter epieutrófico na camada superficial com textura argilosa. As características químicas desse solo, em amostras retiradas nas camadas de 0-20 cm são: pH em H₂O 5,8; MO 2,3 dag kg⁻¹; P, K e Na em Mehlich 1 de 3,6; 112, e 0,1 mg dm⁻³ respectivamente; Ca, Mg e Al extraído em KCl 1mol L⁻¹ com valores de 3,7; 1,5 e 0,0 cmol_c dm⁻³ respectivamente; H+Al 2,9 cmol_c dm⁻³; SB 532 cmol_c dm⁻³; T 8,3 cmol_c dm⁻³ e V, 65%. De acordo com os resultados das análises foram feitos os cálculos conforme a recomendação dos fabricantes para as aplicações dos silicatos: Agrossilício® (25% Ca; 6% Mg; 10,5% Si) e o Yoorin® (17,5% P₂O₅; 18% Ca; 7% Mg; 10% Si. Juntamente com o Agrossilício® foi aplicado fósforo na forma de superfosfato simples na mesma dosagem fornecidas pelo Yoorin®. O calcário com PRNT 100% (38% CaO; 17% MgO) foi aplicado utilizando-se o método da saturação por bases, para elevar a saturação de 65,0% (análise

de solo da área experimental) para 80%, com profundidade de incorporação de 0-20 cm).

A área experimental utilizada correspondeu a 52 parcelas de 3,5 m de largura e 7,0 m de comprimento, com 24,5 m² por parcela, totalizando 1.274 m² de área experimental total.

Realizou-se o corte de uniformização da área no dia dezessete de outubro de 2016 e no dia, posterior, foram realizadas as adubações, aplicando-se os tratamentos nas respectivas parcelas.

As plantas invasoras foram controladas manualmente, sempre que necessário. Foi realizada uma adubação de manutenção com NPK 20-0-20 no dia dezenove de janeiro de 2017, sendo distribuídos 510,2 kg.ha⁻¹. Durante o período experimental o capim marandu recebeu irrigação suplementar, uma vez por semana durante duas horas conforme recomendação de Mota *et al.* (2010).

Foram realizados três cortes de avaliação nas parcelas entre os meses de novembro 2016 e abril 2017 (1º Corte: 30/11 de 2016; 2º Corte: 10/02 de 2017; 3º Corte: 11/04 de 2017). Os cortes foram realizados quando a planta atingiu uma altura média de 30 cm com base no controle das características morfogênicas e estruturais do dossel forrageiro (SBRISSIA; DA SILVA, 2008; FLORES *et al.*, 2008; PAULA *et al.*, 2012), altura essa relacionada com a interceptação luminosa de 95%.

Antes de cada colheita da forrageira, mediu-se a altura das plantas, com auxílio de uma régua de madeira, do nível do solo até a altura da folha mais alta, em cinco pontos da área de cada parcela.

A planta forrageira foi coletada em dois pontos por parcela com o auxílio de uma armação metálica de 0,25 m², e cortada a uma altura de 10 cm da superfície do solo. O material coletado no campo foi acondicionado em saco plástico, identificado e armazenado para análises. No laboratório, esse material foi pesado e calculada a produção de matéria verde por hectare.

Após a pesagem, foi retirada uma amostra aproximadamente de 400 gramas, acondicionada em sacos de papel, pesada e submetida à secagem a

55°C por 72 horas, em estufa com ventilação forçada. Após cada corte de avaliação, foi realizado o corte de uniformização de toda a área experimental na mesma altura de corte das plantas avaliadas, sendo retirado da área o resíduo dessa uniformização.

Posterior à secagem as amostras foram moídas em moinhos tipo “Wiley” em peneira de 1 e 2 mm, e armazenado em potes com tampa devidamente identificados para análises posteriores. Aproximadamente 3 g de cada amostra moída foram secas a 105°C por 16 horas a fim de corrigir a estimativa do teor de matéria seca da forragem, determinado conforme descrito por Detmann *et al.* (2012). Com a correção do teor de matéria seca (MS) foi determinada a produção de matéria seca por hectare (PMS).

Para a determinação da relação lâmina foliar:colmo, uma outra amostra de um quadrado de 0,25 m² de cada parcela foi levada para o laboratório para a separação manual dos componentes morfológicos: folha (lâminas foliares), colmos (colmos e bainhas foliares) e material morto. Em seguida, cada material foram acondicionados separadamente em sacos de papel, identificados e secos, em estufa de ventilação forçada, a 55°C até atingirem peso constante. Com os dados do peso seco de lâminas foliares, de colmo e material morto, foram determinados a percentagem de cada componente morfológico, e a relação lâmina/colmo (RFC).

Para composição química determinou-se a proteína bruta (PB) as frações fibrosas: fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG), conforme procedimentos descritos por Detmann *et al.* (2012).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando o teste “F” foi significativo, para efeito de comparação da testemunha, em relação a cada dose de silicato, utilizou-se o teste de Dunnett (P <0,05) por meio do procedimento GLM do SAS (SAS Institute, 2004) e as doses de silicato foram submetidas ao estudo de regressão (P<0,05), excluindo-se a testemunha, por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para as variáveis analisadas podem ser observadas na Tabela 1. Com exceção do teor de proteína (PB; $P < 0,01$), não houve interação significativa entre as doses de adubos e fontes de adubos ($P > 0,05$). Portanto, os fatores serão discutidos isoladamente.

TABELA 1. Resumo da análise de variância para delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial (6 × 2) + 1, sendo seis doses de adubo silicatado, duas fontes de silicato e uma testemunha

ANAVA	t.ha ⁻¹		%			% da Matéria seca					
	PMV	PMS	Folha	Colmo	MM	Relação F/L	Cinzas	FDN	FDA	Lig	PB
ADUBOxDOSE	0,37	0,18	0,84	0,86	0,84	0,88	0,65	0,23	0,57	0,22	0,01
ADUBO	0,24	0,25	0,6	0,51	0,76	0,42	0,08	<0,01	0,15	0,24	0,01
DOSE	0,87	0,86	0,68	0,79	0,11	0,87	0,61	0,32	0,72	0,46	0,01
BLOCO	0,01	0,05	0,53	0,51	0,93	0,61	0,01	0,51	0,84	0,23	0,18

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "F"; ¹Produção de Matéria Verde; ²Produção de Matéria Seca; ³%Matéria Morta; ⁴Fibra em Detergente Neutro; ⁵Fibra em Detergente Ácido; ⁶lignina; ⁷Proteína Bruta.

Não foi verificada diferença ($P>0,05$) entre as fontes de adubos (Agrossilício® e Yoorin®) em relação ao calcário sobre a produção de matéria verde (PMV) e a produção de matéria seca (PMS), sendo as médias de 11.76 t. ha⁻¹ e 2.9 t.ha⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Também não foi observada diferença entre as fontes e nem entre as doses de inclusão sobre a PMV e PMS.

TABELA 2. Características agrônômicas de capim marandu, sob fontes e doses de adubos de silicato.

Variáveis	Doses (kg ha ⁻¹)	Fontes	
		Agrossilício®	Yoorin®
PMV (t ha ⁻¹)	400	13086,8	11180
	800	11646,8	12880
	1200	12859,8	10486,5
	1600	12086,5	11399,8
	2000	12153,3	12686,8
	2400	11686,8	11126,5
	¹ Calcário		10373,5
CV (%)		15,2	
PMS (t ha ⁻¹)	400	2994,9	2970
	800	2793,3	3206,5
	1200	3125,8	2526,5
	1600	3126,1	2637,6
	2000	3045,3	3109,5
	2400	3017,6	2810,9
	¹ Calcário		2774,75
CV (%)		14,17	

CV – Coeficiente de variação; PMV – produção de matéria verde; PMS - Produção de matéria seca.

¹ Calcário dolomítico aplicado na dose de 760 kg.ha⁻¹

A não diferença na produção pode ser explicada devido ao silício (Si) ao baixo tempo de reação para atuação sobre os componentes da parede

celular que, posteriormente, iria incrementar a produção de massa. A análise preliminar do solo é um indicativo que o mesmo se encontra ácido (pH=5.3). Esse é um fator que pode ter contribuído negativamente para a baixa produção de massa, mesmo com a aplicação dos corretivos. Outro fator importante foi a baixa concentração de fósforo que é de extrema importância no processo de divisão celular e síntese de energia para a planta. A aplicação de Yorin incrementa os níveis de fósforo no solo. Todavia, existe um tempo necessário para que ocorra a reação desses minerais no solo, modificando a concentração dos colóides no mesmo, o que modificaria a produção. Korndörfer *et al.* (2010) relataram que, normalmente, efeitos na produção de massa de forragem com adubação com agrossilício® e Yoorin®, ocorre a partir do segundo ano de aplicação, tempo esse necessário para que reações entre os corretivos do solo aconteçam disponibilizando os nutrientes para as plantas. Apesar de Alcarde & Rodella (2003) mencionarem que o silicato de cálcio é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio.

Resultados semelhantes foram observados por diversos autores trabalhando com gramíneas forrageiras e outras culturas. Sarto *et al.* (2014) trabalhando com trigo relatam que a aplicação de doses de silicato de cálcio no solo não influenciou os valores de PMS da parte aérea, altura de plantas, número de perfilhos e produção de grãos da cultura do trigo. Já Korndörfer *et al.* (2010) trabalhando com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça observaram que as doses de silicato não afetaram a PMS nas forrageiras, tanto no primeiro como no segundo cortes de avaliação. Sávio *et al.* (2011), também não encontraram diferença na PMV e PMS dentro dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, de apesar de ter havido acúmulo diferenciado de Si nas folhas em função da aplicação de Si.

Entretanto, os resultados desta pesquisa apresentaram comportamento diferente daqueles relatados por Fonseca *et al.* (2009), que trabalhando com escória de siderurgia, calcário e nitrogênio, verificaram para a PMS da parte aérea de braquiária (cultivar marandu), sendo observado

incrementos na ordem de 115% e 295% em relação à testemunha, respectivamente, no primeiro e segundo cortes de avaliação.

A proporção de lâmina foliar e de colmo do capim marandu não apresentou diferenças entre as fontes e o calcário, sendo a média de 60% de folha e 31,2 % de colmo ($P>0,05$) (Tabela 3).

TABELA 3. Proporção (%) de lâmina foliar e colmo de capim marandu, sob fontes e doses de silicato

Variáveis	Doses (kg ha ⁻¹)	Fontes	
		Agrossilício®	Yoorin®
Folha (%)	400	58,64	61,8
	800	61,02	62,19
	1200	59,29	58,47
	1600	59,5	60,07
	2000	59,79	58,24
	2400	58,86	59,67
	Calcário		60,96
	CV (%)		6,14
Colmo (%)	400	33,94	29,93
	800	31,47	30,59
	1200	33,18	32,68
	1600	29,94	30,6
	2000	30,74	31,34
	2400	32,46	32,09
	Calcário		29,24
	CV (%)		12,62

CV – Coeficiente de variação; ¹ Calcário dolomítico aplicado na dose de 760 kg.ha⁻¹.

Entre as fontes de silicato e a doses de aplicação, também não foram observadas diferenças sobre a proporção de folha e colmo. Destaca-se que, independente da dose e do corretivo utilizado, a proporção de folha foi superior, numericamente, a de colmo. Em nutrição de ruminantes, esse fator

é interessante como estratégia nutricional, haja vista, que na folha concentram-se maiores teores de nutrientes como nitrogênio, lipídeos, vitaminas, entre outros.

À aplicação de fontes de silicato em comparação aos corretivos tradicionais como o calcário dolomítico não alterou ($P>0,05$) a proporção de material senescente e nem a relação lâmina/colmo no capim marandu, sendo a média de 8.8% e 1.95, respectivamente (Tabela 4).

TABELA 4. Proporção de matéria morta (MM) e relação lâmina/colmo de capim marandu sob fontes e doses de silicato

Variáveis	Doses (kg ha ⁻¹)	Fontes	
		Agrossilício®	Yoorin®
MM (%)	400	7,43	8,28
	800	7,52	7,23
	1200	7,53	8,85
	1600	10,56	9,33
	2000	9,48	10,43
	2400	8,68	8,25
	Calcário		9,8
CV (%)		25,61	
Relação L/C	400	1,78	2,09
	800	1,96	2,04
	1200	1,79	1,89
	1600	2,00	2,02
	2000	1,98	1,87
	2400	1,83	1,89
	Calcário		2,14
CV (%)		16,93	

CV – Coeficiente de variação; ¹ Calcário dolomítico aplicado na dose de 760 kg.ha⁻¹.

A matéria morta da forrageira representa a parte da planta de menor valor nutricional, e como possível perda de produção, já que os animais tendem a rejeitar esse material. Nesse sentido, destaca-se que a proporção de

material senescente, independente dos tratamentos, apresentaram-se inferiores a 30%. Normalmente, valores acima de 30% são verificados em estudos com forrageiras no período da transição águas-seca (MONÇÃO, 2017) Além disso, Pacciullo *et al.*, (2011) relataram que em gramíneas tropicais, a relação lâmina/colmo considerada ideal é de 1. Nesta pesquisa, a média foi de 1,95, destacando o potencial nutricional da forragem produzida em função elevada proporção de folhas (média 60%). Esse resultado é grande interesse para os pecuaristas que utilizam estratégias de diferimento de pasto, visando ofertar massa de forragem aos animais em período de escassez. Sendo assim, a utilização de qualquer uma das fontes utilizadas neste estudo, independente das doses para as fontes de silicato, proporciona essa melhor relação lâmina/colmo.

A aplicação de calcário em relação às fontes de silicato não alterou os teores de proteína bruta (PB) do capim marandu (média de 8.2 %; $P > 0,05$). No entanto, houve interação entre as fontes e doses de adubo sobre os teores de proteína bruta (PB). Nas doses de 400 e 1200 kg ha⁻¹ano⁻¹ aplicado no solo, foi verificado maior teor de PB quando se utilizou Agrossilício®. Para as demais doses, não foi observada variação para a PB (Tabela 5).

TABELA 5. Teores de proteína bruta (PB) de capim marandu, sob fontes e doses de silicato.

Variáveis	Doses (kg ha ⁻¹)	Fontes	
		Agrossilício®	Yoorin®
PB	400	10,48 a	7,90 b
	800	8,59 a	7,79 a
	1200	8,24 a	7,78 a
	1600	7,58 a	8,00 a
	2000	7,84 a	7,78 a
	2400	8,12 a	7,72 a
	¹ Calcário		8,96
	CV (%)		8,75
	Equação de	$\hat{Y} = -0,0052x + 12,16$	$y = 9E-08x^2 - 0,0003x + 8,00$
	melhor ajuste	R ² =0,95	R ² = 0,74

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação; ¹ Calcário dolomítico aplicado na dose de 760 kg.ha⁻¹.

Entre as doses, foi observado que as médias adequaram-se ao modelo linear e quadrático de regressão, para o Agrossilício® e Yoorin®, respectivamente. O teor de PB reduziu 0,0052 % para cada tonelada de Agrossilício® aplicado no solo. A dose de Yoorin® que minimizou o teor de PB foi de 1.667 kg ha⁻¹. O comportamento do teor de PB foi negativo com a inclusão das fontes de silicato. Isso pode ocorrer em função de diluição devido incremento na concentração de minerais na planta, já que as fontes de silicato não apresentam em sua composição compostos nitrogenados, o que teoricamente, poderia modificar os níveis na planta. No entanto, o comportamento de diluição proteica pode está associado a aumentos de Si, cálcio e fósforo, variáveis estas, não quantificada neste estudo. Mesmo com a redução no teor de PB, é interessante destacar que a média foi acima de 70 g. kg de MS⁻¹, valor este considerado mínimo por Van Soest (1994), em nutrição de ruminantes, para as bactérias fibrolíticas utilizem a amônia

resultada da degradação da proteína como fonte de nitrogênio para degradar a fração fibrosa da dieta.

As médias para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina não foram modificadas em função das fontes de silicato ou calcário ($P>0,05$). Também, não houve interação entre as fontes e doses de adubos aplicados ($P>0,05$). No entanto, para os teores de FDN, verificou-se que quanto utilizou o Yoorin®, a concentração desta incrementou 3,10% em relação ao Agrossilício® (60,85 %; Tabela 6).

TABELA 6. Teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina de capim marandu sob fontes e doses silicatos

Variáveis	Doses (kg ha ⁻¹)	Fontes		
		Agrossilício®	Yoorin®	
FDN	400	61,84	64,2	
	800	62,54	61,25	
	1200	59,95	63,24	
	1600	61,49	63,2	
	2000	59,92	61,36	
	2400	59,32	63,2	
	Média	60,85b	62,74a	
	Calcário		62,6	
	CV (%)		3,47	
	FDA	400	30,28	29,92
800		28,28	30,48	
1200		28,9	30,61	
1600		30,54	30,53	
2000		30,25	29,72	
2400		29,7	32,66	
Calcário			31,21	
CV (%)			7,9	
Lignina		400	3,42	4,42
		800	3,92	3,43
	1200	3,88	4,31	
	1600	4,03	3,98	
	2000	3,75	3,42	
	2400	3,79	4,74	
	Calcário		4,58	
	CV (%)		18,91	

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação; ¹ Calcário dolomítico aplicado na dose de 760 kg.ha⁻¹.

Esses resultados corroboram com os encontrados por Santana *et al.* (2015), que relatam que a adubação silicatada não promove alterações na composição química do capim-andropogon, sendo as variações nos componentes fibrosos da planta atribuídas à menor concentração de constituintes celulares e aumento de componentes fibrosos da parede celular na época seca, em função do déficit hídrico. Santana *et al.* (2010) também não encontraram diferenças para os teores de FDN e FDA em seu trabalho, estudando calcário e escória silicatada e com doses variando entre 0,0 à 2,0 vezes a dose recomendada.

5 CONCLUSÕES

A utilização das fontes de silicato de cálcio não apresentou diferenças comparadas com o calcário para as características em estudo.

Os teores de proteína bruta apresentaram diferença para as fontes de silicato, sendo que o Agrossilício® sobressai ao Yoorin® quando utilizada na dose de 400 kg ha⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA, 1992. (Boletim Técnico, 6).

ALCARDE, J.C. & RODELLA, A.A. Qualidade e legislação defertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H. eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2003. p.291-334

ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jul. 1986.

BATISTA, K. **Resposta do capim-Marandu a combinações de doses de nitrogênio e enxofre**. 2002. 91f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BATISTA JUNIOR, I.S. **Índices de crescimento e aspectos bromatológicos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu frente à adubações com fontes diferentes de silício**. 2010.52F. Dissertação (Mestrado)- Universidade Camilo Castelo Branco. 2010.

CARLISLE, E.M. Silicon. In: FRIEDMAN, E. **Biochemistry of the essential ultratrace elements**. [S.I]: Plenumpress, 1974 – p.257-291.

CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade e nutrição mineral de soja, milho e capim-ruziziensis influenciados por calcário e escória de siderurgia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.673-681, 2013.

COCKER, K.M.; EVANS, D.E.; HODSON, M.J. The amelioration of aluminium toxicity by silicon in wheat (*Triticum aestivum* L.): malate exudation as evidence for a in plant mechanism. **Planta**, 204:318-323, 1998.

DETMANN, E. *et al.* **Métodos para análise de alimentos**. Suprema, 2012. 214p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas; princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975, p.341.

EPSTIEN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**, Davis, v. 91, n. 1, p. 11-17, 1994.

EPSTEIN, E. Photosynthesis, inorganic plant nutrition, solutions, and problems. **Photosynthesis Research**, v. 46, p. 37-39, 1995.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p. 641-664, 1999.

FAGUNDES, R.P. **Efeito do silicato na produção e qualidade de *Brachiaria decumbens* cultivada em solo degradado do Triângulo Mineiro**. 2005. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, 109-112. 2014.

FLORES, R.S. *et al.* Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, p.1355-1365, 2008.

FONSECA, I.M. *et al.* Efeito da escória, calcário e nitrogênio na absorção de silício e na produção do capim marandu. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.221-232, 2009

FORTES, C.A. *et al.* Níveis de silicato de cálcio e magnésio na produção das gramíneas marandu e Tanzânia cultivadas em um neossoloquartzarênico. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32; n° 1, p. 367-274, 2008.

GONG, H. *et al.* Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, 169:313-321, 2005.

GUÉVEL, M.H.; MENZIES, J.G.; BÉLANGER R.R. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. *Eur. J. Plant Pathology*, 118:115-123, 2007.

HATTORI, T. *et al.* Application of silicon enhanced drought tolerance in sorghum bicolor. **Physiology Plant**. 123:459-466, 2005.

HODGSON, J. Grazing management: Science into practice. **Longman Scientific and Technical, Longman Group**, London, UK, 1990.

IGNANAGA, S. and OKASAKO, A. Calcium and silicon binding compounds in cell walls of rice shoots. **Soil Science Plant Nutrition**. 41:103-110. 1996.

JONES, L.H.P., HANDRECK, K.A.; Silica in soils, plant and animals. **Advances in Agronomy**, San Diego, n.19, p. 107-149, 1967.

KORNDÖRFER, P.H. *et al.* Efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 119-125, abr./jun. 2010.

KORNDORFER G.H. *et al.* Desenvolvimento de Milho Irrigado e Adubado com Silicato de Cálcio e Magnésio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.5, p.337- 350, 2011.

KORNDÖRFER, G. H. **Uso do silício na agricultura**, 2015. Disponível em: <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/Efeitos/Efeitos.htm>. Acesso em: 17/02/2016.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicato de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Ciências Agrárias, 2002. 15p. (Boletim Técnico, 1)

MA, J.F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science Plant Nutrition**. 50:11- 18, 2004.

MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends Plant Science**, 11:342-397, 2006.

MARSCHNER, H. Mineral-nutrition of hig her plants. Ed.2. New York: Academic Press, 1995. 887p.

MIYAKE, Y. The effect of silicon on the grow of the different groups of rice (*Oryza sativa*) plants. **Scientific Report of the Faculty of Agriculture**, Okayama, v. 8, n. 1, p. 101- 105, 1992.

MONÇÃO, F.P. **Suplementação e uso da virgiamicina como moduladores do desempenho de bovinos nelore na recria e seus efeitos na terminação em confinamento**. 2017.147p. Tese (doutorado)- Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jabotical, SP.

MOTA, V.J.G. **Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim elefante (*Penisetum purpureum*, Shum) cv.pioneiro, no norte de Minas Gerais,2008**.72p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semi-árido)- Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. de; FERNANDES, P.B.; MÜLLER, M.D.; PIRES, M. de F.Á.; FERNANDES, E.N.; XAVIER, D.F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril,

conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1176-1183, 2011.

PAULA, C.C.L. *et al.* Estrutura do dossel, consumo e desempenho animal em pastos de capim marandu sob lotação contínua. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. V. 64, n.1, XP, Fevereiro, 2012.

PINHEIRO FILHO, D. **Estudo do silício e do alumínio no sistema solo – planta em espécies lenhosas do cerrado, no município de Araguari MG**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 1999. 45p. (Monografia do curso de Agronomia).

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. **Uso de escória desiderurgia no Brasil: estudos na cultura da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 67 p.

PRADO, R.M. **Resposta da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo**. 2000. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

SHEWMAKER, G. E.; MAYLAND, H. F.; ROSENAU, R. C.; ASAY, K. H. Silicon in C-3 grasses: effects on forage intake and sheep preference. **Journal of Range Management**, Denver, v. 42, n. 2, p. 122-127, 1989.

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

SANCHES, A.B. **Efeitos do silicato de calcário nos atributos químicos do solo e planta, produção e qualidade em capim-Braquiário [*Brachiaria brizantha* (Hoeschst ex A. Rich.) Stapf. cv. Marandu] sob intensidades de pastejo**. 2003. 122 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, Pirassununga.

SANTANA, G.S. *et al.* Produção e composição bromatológica da forragem do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), submetidos a diferentes fontes e doses de corretivo de acidez. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina (UEL), v. 31, n. 1, p. 241-246, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/10327>>. Acesso em

SANTANA, C.S. *et al.* Produtividade e valor nutritivo do capim-andropogon adubado com silicato de cálcio e magnésio **Boletim da Indústria Animal**. Nova Odessa, v.72, n.4, p.290-297, 2015.

SARTO, M.V.M. *et al.* Atributos químicos do solo e desenvolvimento da cultura do trigo em função da adubação silicatada. **Revista Agrarian**, v.7, p.390-400, 2014.

SÁVIO, F. *et al.* Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageiras sob diferentes fontes de silicato. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 103-110, jan./mar. 2011.

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

SHEWMAKER, G.E.; MAYLAND, H.F.; ROSENAU, R.C.; ASAY, K. H.Silicon in C-3 grasses: effects on forage intake and sheep preference. **Journal of Range Management**, Denver, v. 42, n. 2, p. 122-127, 1989.

SOUZA, R.M. **Formas de aplicação de calcário na produção e qualidade da forragem do capim-tanzânia**. 2004. 77 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, e. Ed., Artmed, 2004

UDÉN, P. Laboratory methods for evaluating the nutritive value of untrated and treated fibrous by products. In: SUDSTOL, F.; OWEN, E. (Ed.). Straw and other fibrous by products feed. **Developments in animal and veterinary sciences**. Amsterdam: Elsevier, 1984, v. 14, p. 533-557.

VAN SOEST, P.J., **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. Ed. New York: Cornell University Press, 1994, 476p.

VAN SOEST, P.J.; JONES, L.H.P. Effect of sílica in forages upon digestibility. **Jornal of Dairy Science**, v. 51, p.1644-1648, 1968.

VILELA, D.; FERREIRA, A.M.; RESENDE, J.C. et al. Efeito do concentrado no desempenho produtivo, reprodutivo e econômico de vacas da raça Holandesa em pastagem de coast-cross. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.59, p.443-450, 2007.

WERNER, D.; ROTH, R. Silica metabolism. In: LÄUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. (ed.). **Encyclopedia of plant physiology**. New Series, Berlin: Springer-Verlag, v.15B, p.682-694, 1983.

ZHU, Z.; WEI, G.; LI, J.; QIAN Q. & YUET, J. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Plant Science**, 167:527-533, 2004.

ZIMMER, H. A.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. de. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2012, 42 p. (Documento, 189).