

PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DO CAPIM-ANDROPOGON ADUBADO COM SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO¹

CINTHYA SOUZA SANTANA², LAURA SOUZA SANTOS², GREICIELE DE MORAIS², LUIZ ARNALDO FERNANDES^{2*}, LUCIANA CASTRO GERASEEV²

¹Recebido para publicação em 26/06/15. Aceito para publicação em 09/11/15.

²Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, MG, Brasil.

*Autor correspondente: luizmcmg@gmail.com

RESUMO: Avaliou-se o efeito da aplicação de silicato de cálcio e magnésio sobre a produtividade, composição química e degradação ruminal *in situ* do capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth, cv. Baeti – Embrapa 23) durante os períodos chuvoso e seco. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 6x2 (seis doses de silicato e duas épocas de corte), disposto em parcela sub-dividida no tempo, sendo as parcelas as doses de silicato de cálcio e magnésio (0; 200; 400; 600; 800 e 1.000 kg/ha) e as subparcelas duas épocas de corte (período chuvoso e seco), com cinco repetições (blocos). Não houve efeito significativo das doses de silicato de cálcio e magnésio sobre a produção de matéria verde e seca, composição química da forragem e parâmetros de degradabilidade. Por outro lado, houve efeito do período de corte sobre a produção e composição química da forragem. A maior produção de matéria verde e seca ocorreu no período chuvoso, enquanto que os teores de fibra em detergente ácido foram maiores no período seco. Para os parâmetros de degradabilidade, não houve efeito significativo dos tratamentos de modo a alterar o valor nutritivo do capim-andropogon.

Palavras-chave: *Andropogon gayanus*, composição química, degradabilidade *in situ*, silício.

PRODUCTIVITY AND NUTRITIVE VALUE OF BLUESTEM GRASS FERTILIZED WITH CALCIUM AND MAGNESIUM SILICATE

ABSTRACT: This study evaluated the effect of application of calcium and magnesium silicate on the productivity, chemical composition and *in situ* ruminal degradation of bluestem grass (*Andropogon gayanus* Kunth, cv. Baeti; Embrapa 23) during the rainy and dry seasons. The design consisted of completely randomized blocks in a 6x2 factorial scheme (six silicate doses and two cutting seasons), arranged in plots subdivided over time. The plots were the calcium and magnesium silicate doses (0, 200, 400, 600, 800 and 1,000 kg/ha) and the subplots were the two cutting seasons (rainy and dry period), with five repetitions (blocks). The calcium and magnesium silicate doses exerted no significant effect on green or dry matter production, chemical forage composition or degradability parameters. On the other hand, there was an effect of cutting period on forage production and chemical composition. The highest production of green and dry matter was observed during the rainy period, while acid detergent fiber content was higher during the dry season. The treatments did not exert any significant effect on the parameters of degradability that would alter the nutritive value of bluestem grass.

Keywords: *Andropogon gayanus*, chemical composition, *in situ* degradability, silicon.

INTRODUÇÃO

Os sistemas pecuários do Brasil são caracterizados pela utilização de pastagens como principal fonte de alimento para os animais ruminantes, entretanto, estas apresentam elevados níveis de degradação (MARCHÃO *et al.*, 2007). O processo de degradação, na maioria das vezes, é causado pela sub ou não utilização de corretivos e fertilizantes durante a implantação e manutenção das pastagens (MORAES *et al.*, 2006). Somado a isso, a extração de nutrientes do solo pelas espécies forrageiras ocorre em quantidades 2,5 a 10 vezes maiores que as demandadas pelas culturas destinadas a produção de grãos, em que os restos culturais permanecem na área de cultivo (JAREMICHUK *et al.*, 2006; PRIMAVESI *et al.*, 2006; MENDONÇA *et al.*, 2015). De acordo com esses autores, há a necessidade de mudanças no conceito de que as espécies forrageiras tropicais são de baixa exigência em fertilidade de solo.

Neste contexto, as escórias de siderurgia, resultantes da produção de aço, vêm sendo aplicadas na agricultura, sobretudo sob a forma de silicatos, que possuem efeito corretivo dos fatores de acidez do solo (CASTRO *et al.*, 2013; SARTO *et al.*, 2014), além de serem fontes de silício e outros nutrientes, como magnésio e cálcio. Mais recentemente, esta prática vem sendo adotada em pastagens, particularmente quando se tem optado pela intensificação do sistema de produção, com resultados satisfatórios de produção de matéria seca (DEUS *et al.*, 2014; STOCCO *et al.*, 2014). Em solos ácidos o silicato de cálcio e magnésio é utilizado como corretivo da acidez do solo, enquanto que em solos sem problemas de acidez, como alguns solos de origem calcária do norte de Minas Gerais, ele é utilizando como fonte de cálcio, magnésio e silício (KORNDÖRFER *et al.*, 2011). O silício confere às plantas inúmeros benefícios indiretos, em decorrência da estruturação que promove na parede celular das folhas, o que resulta em maior resistência a estresses bióticos e abióticos, como tolerância a seca e ao ataque de pragas e doenças (DEUS e BULL, 2013; SANTOS *et al.*, 2014).

Há vários trabalhos nos quais os efeitos da adubação com silício sobre a produção de matéria seca de diferentes gramíneas foram estudados (SÁVIO *et al.*, 2011; KORNDÖRFER *et al.*, 2011), entretanto, ainda são escassos trabalhos envolvendo a avaliação do uso dos silicatos em forrageiras quanto à produtividade, composição química e aproveitamento de nutrientes pelos microrganismos do rúmen. Ao fazer parte da parede celular das gramíneas, o silício poderia

inibir a digestão e diminuir o consumo, em função da aspereza das bordas foliares (VAN SOEST, 1994). Todavia, SILVA *et al.* (2005), ao avaliarem os efeitos do silício sobre a composição da parede celular e digestibilidade *in vitro* da palha de arroz, verificaram que o silício proporcionou maior quantidade de minerais associados à parede celular sem alterar a digestibilidade.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar a adubação do capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth, cv. Baeti – Embrapa 23) com silicato de cálcio e magnésio quanto a produtividade, composição química e degradabilidade ruminal *in situ*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG (16°51'38''S e longitude 44°55'00''W), região caracterizada como semiárida de clima seco (ALVARES *et al.*, 2014). Durante o período experimental a precipitação pluviométrica foi de 384 mm, com temperaturas máximas e mínimas de 35 e 20°C, respectivamente.

O capim-andropogon foi semeado a lanço, em unidades experimentais de 6m², (área total do experimento 200m²) em um Cambissolo háplico, originado de rochas calcárias, cujos atributos químicos na camada superficial (0 a 20 cm) eram: pH em H₂O 6,5; Fósforo (extrator Mehlich 1) 23 mg/dm³; Potássio trocável 90 mg/dm³; cálcio = 2,4 cmol_c/dm³; Magnésio 1,5 cmol_c/dm³; Alumínio trocável zero; Silício 9 mg/dm³; soma de bases 4,13 cmol_c/dm³; saturação por bases 40,8%; saturação por Alumínio zero; capacidade efetiva de troca de cátions 4,13 cmol_c/dm³ e capacidade de troca de cátions a pH 7 igual a 10,1 cmol_c/dm³.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 6x2 (seis doses de silicato e duas épocas de corte), disposto em parcela sub-divida no tempo, sendo as parcelas as doses de silicato de cálcio e magnésio (0; 200; 400; 600; 800 e 1.000 kg/ha) e as subparcelas as duas épocas de corte (períodos chuvoso e seco), com cinco repetições (blocos).

O silicato de cálcio e magnésio (38% de CaO; 11% de MgO; 23% de SiO₂ e 86% de poder relativo de neutralização total) foi aplicado em uma única aplicação imediatamente após o primeiro corte de uniformização. No norte de Minas Gerais, em solos ácidos, o silicato de cálcio e magnésio é utilizado em substituição aos calcários. Quando não há necessidade de calagem, é prática comum entre os

agricultores a aplicação de 500 kg/ha de silicato de cálcio e magnésio anualmente ou a cada dois anos, como fertilizante para as pastagens. As doses de silicato de cálcio e magnésio foram definidas com base no uso regional do produto para solos sem necessidade de calagem. Não houve aplicação de outras fontes de nutrientes porque os teores já estavam adequados.

Os cortes do capim-andropogon foram realizados em duas épocas, de acordo com a rebrota do capim em função da disponibilidade de chuvas: o primeiro em abril (final do período chuvoso) e o segundo em setembro (período seco). Nas duas épocas de corte o capim apresentava 110 dias após rebrotação.

Para coleta do capim, nas parcelas experimentais, eliminou-se 0,5 m de bordadura nas laterais e 1,0 m nas extremidades das parcelas e o corte da área útil foi realizado a 25 cm de altura do solo, como recomendo por BATISTA e GODOY (1993). O material coletado de cada parcela foi pesado para a determinação da matéria verde e retirou-se duas amostras de 500g, sendo uma das amostras seca em estufa a 55°C, para as análises químicas e outra a 110°C, para a determinação da matéria seca (MS).

Foram determinados os teores de proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e calculado o teor de hemicelulose (HEM), como % da MS, conforme descrito por SILVA e QUEIROZ (2002). Os teores de silício nas folhas foram determinados conforme KORNDÖRFER *et al.* (2004).

Para a determinação da degradabilidade *in situ*, foram utilizados quatro caprinos sem raça definida, machos, castrados, com fístula ruminal. Adotou-se os tempos de incubação 0; 8; 12; 24; 48; 72 e 96 h, sendo incubados, em média, 2,0 g de capim em sacos de náilon (7cm x 14cm) com porosidade 50 µm e densidade 20 mg/cm² (SALMAN *et al.*, 2010). Finalizados os tempos de incubação, os sacos de náilon foram colocados em água com gelo para cessar a atividade microbiana, foram lavados em água corrente até que esta ficasse límpida e, posteriormente, foram colocados em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 24 h.

Para estimativa da fração prontamente solúvel, os sacos referentes ao tempo zero foram incubados no rúmen por 1 minuto e em seguida lavados como descrito anteriormente (NRC, 2001). Os dados obtidos nos diferentes tempos de incubação foram ajustados para uma regressão não-linear pelo método de Gauss-Newton, contido no pacote computacional SAEG (UFV, Viçosa, MG), conforme

a equação proposta por Orskov e McDonald (1979): $Y = a + b(1 - e^{-ct})$, em que: Y é a degradação acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo t; a é o intercepto de curva de degradação quando t=0, que corresponde à fração solúvel em água do componente nutritivo analisado; b é o potencial da degradação da fração insolúvel em água do componente nutritivo analisado; a+b é a degradação potencial do componente nutritivo analisado quando o tempo não é fator limitante; c é a taxa de degradação por ação fermentativa de b; e t é o tempo de incubação.

Em seguida, os coeficientes a, b e c foram aplicados à equação proposta por ORSKOV e McDONALD (1979): $DE = A + (B \times c / c + k)$ em que: DE é a degradação ruminal efetiva do componente nutritivo analisado e k é a taxa de passagem do alimento. Assumiu-se taxas estimadas de passagem das partículas no rúmen de 2 e 5%/h, conforme sugerido pelo AFRC (1993). As análises estatísticas foram feitas utilizando o SAEG (UFV, Viçosa, MG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito ($P > 0,05$) das doses de silicato de cálcio e de magnésio sobre a produtividade de matéria verde e MS do capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth, cv Baeti - Embrapa 23). Porém, em relação a época de corte, obteve-se maior produtividade da forrageira no período chuvoso (Tabela 1), pela maior disponibilidade de umidade do solo.

A inexistência de alterações na produtividade em função da aplicação de silicato também foi observada para outras culturas, como arroz (FARIA JÚNIOR *et al.*, 2009; MAUAD *et al.*, 2013), e capins do gênero *Brachiaria* (FONSECA *et al.*, 2009; KORNDÖRFER *et al.*, 2010), contradizendo estudos que apontam os benefícios do silício no rendimento de gramíneas, como arroz (RAMOS *et al.*, 2008; GOMES *et al.* 2011) e cana de açúcar (REIS *et al.*, 2013).

O capim-andropogon apresenta grande quantidade de raízes que podem atingir profundidades superiores a 50 cm de profundidade, mesmo em solo de porosidade menor (MÜLLER *et al.*, 2001). Apesar dessa característica, a baixa produção obtida na época seca (Tabela 1) pode ser atribuída ao teor de água disponível no solo nesse período (SOUSA e LOBATO, 2004; VERAS *et al.*, 2010). Nas águas, a produtividade foi próxima daquela observada por MEIRELLES *et al.* (2007) para o capim-andropogon sob condições de Cerrado no Amapá, com rendimento de 13.620 kg MS/ha aos 105 dias.

Tabela 1. Produtividade de matéria verde, matéria seca, e teor de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose do capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth, cv Baeti - Embrapa 23) em função da época de corte

Parâmetros ¹	Período		CV (%)
	Chuvoso	Seco	
PRODMV (kg/ha)	43.295 a	2.594 b	17,11
PRODMS (kg/ha)	16.438 a	1.229 b	14,69
MS (%)	38,21 b	48,42 a	9,32
% na MS			
PB	3,47 a	3,54 a	12,13
MM	5,53 a	5,44 a	8,37
FDN	76,30 a	73,14 a	5,55
FDA	45,51 b	42,88 a	4,75
HEM	30,73 a	30,24 a	5,24

¹PRODMV: produção de matéria verde; PRODMS: produção de matéria seca; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; MM: matéria mineral; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; HEM: hemicelulose. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

Não houve efeito das doses de silicato sobre os teores de silício nas folhas do capim-andropogon, com média 11,8 g/kg. FARIA JÚNIOR *et al.* (2009), ao avaliarem o efeito residual da silicatagem na produtividade do capim-marandu sob pastejo, também não observaram alterações significativas nos teores foliares de silício mesmo com diferentes teores de silício disponível no solo, assim como MAUAD *et al.* (2013), utilizando doses de silicato de cálcio semelhantes ao do presente estudo. Por outro lado, KORNDORFER *et al.* (2011) relataram que o silicato de cálcio foi eficiente para elevar as concentrações de Si nas plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça, mas não observaram alteração da produção de massa seca das mesmas. Segundo esses autores, maior teor de silício nas plantas confere maior tolerância a pragas e doenças e ao déficit hídrico.

A extração de silício é aumentada em pH mais alcalino (OLIVEIRA *et al.*, 2007; GOMES *et al.*, 2011). No presente estudo, como a acidez corrigida não constituiu barreira química à disponibilização do silício, as doses de silicato empregadas podem ter sido insuficientes para resultar em um teor de Si absorvível capaz de resultar em variações na produtividade e teor de Si nas plantas, apesar do silicato utilizado ser derivado da indústria de aço inox, que segundo KORNDORFER *et al.* (2011) é o tipo de escória que apresenta o Si na forma mais solúvel.

Em relação à época seca, deve-se ressaltar que a absorção de silício pelas plantas dá-se como ácido monossilícico (H_4SiO_4) com o elemento acompanhando a absorção de água (JONES e

HANDRECK, 1967). Dessa forma, o déficit hídrico típico da região teria contribuído para o não aproveitamento do silício disponível no solo.

A adubação silicatada não promoveu 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 (Tabela 1). O estágio vegetativo do capim-andropogon, resultante da idade de corte empregada, caracterizou atributos nutricionais com valores inferiores os obtidos por Rodrigues *et al.* (2004) cujos teores de PB, FDN e FDA foram 6,92%, 64,68% e 32,71%, respectivamente, na idade máxima de corte de 63 dias.

A adubação silicatada resultou em comportamento quadrático ($y=50,36-0,0085x+0,000007x^2$; $R^2=0,99$; $P < 0,05$) para degradação da MS (Tabela 2) no tempo 96 h no período chuvoso. Entretanto, não houve efeito ($P > 0,05$) das doses de adubação sobre o potencial de degradação da forragem (Tabela 3).

No período seco houve aumento linear do desaparecimento de MS solúvel em função da dose aplicada ($y=15,106+0,0008x$; $R^2=99$; $P < 0,05$). Nos períodos seco e chuvoso, a alteração na degradação da MS no tempo zero não foi suficiente para alterar a fração solúvel do capim-andropogon sob diferentes níveis de adubação silicatada (Tabela 3).

As doses de silicato de cálcio e magnésio não afetaram os parâmetros de degradação ($P > 0,05$), reflexo da semelhança na composição

Tabela 2. Degradação potencial da matéria seca (%) do capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth., cv Baeti - Embrapa 23) submetido a diferentes doses de silicato, em duas épocas de corte, em função do tempo de incubação no rúmen

Tempos de incubação (h)	Doses de silicato (kg/ha)					
	0	200	400	600	800	1000
Período chuvoso						
96	48,11	52,47	49,65	44,73	47,13	50,54
72	47,25	50,49	45,57	44,62	46,63	47,35
48	39,81	41,05	41,56	39,98	40,89	41,29
24	25,16	26,47	25,17	23,17	24,23	27,86
12	18,79	20,49	21,47	20,07	20,43	20,59
8	17,02	18,38	16,34	16,80	17,17	16,16
0	13,39	13,88	14,49	13,48	13,17	14,48
Período seco						
96	51,83	50,24	52,15	54,17	49,99	53,61
72	48,04	45,01	48,78	50,33	46,87	50,57
48	43,92	41,60	45,46	45,47	40,61	50,57
24	33,58	33,82	35,54	36,64	33,03	34,94
12	16,87	16,42	17,46	18,55	16,23	17,58
8	14,43	14,75	16,53	16,97	15,56	16,37
0	15,28	14,55	15,93	16,32	14,86	16,17

Tabela 3. Parâmetros de degradação e degradação efetiva do capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth, cv Baeti - Embrapa 23) adubado com silicato de cálcio e magnésio

Doses de silicato (kg/ha)	Parâmetros ¹					
	a (%)	b (%)	c (%)	DP (%)	DE2%(%)	DE5%(%)
Período chuvoso						
0	13,52	35,59	3,37	49,11	35,23	27,45
200	13,88	39,21	2,91	53,09	37,12	28,31
400	14,64	35,44	2,69	50,07	34,97	27,03
600	13,48	35,16	2,90	48,64	33,11	25,65
800	13,17	35,96	2,73	49,13	33,92	25,87
1000	13,06	35,98	3,03	49,05	35,79	27,70
Período seco						
0	15,51	36,32	2,89	51,83	36,98	28,82
200	14,52	35,71	2,86	50,23	35,54	27,52
400	15,93	36,30	2,78	52,23	37,04	28,90
600	15,29	37,24	2,91	52,52	38,95	30,35
800	14,83	35,80	2,63	50,62	34,09	26,21
1000	15,17	37,67	2,83	52,83	38,23	29,78

¹a: fração solúvel; b: fração potencialmente degradável; c: taxa de degradação da fração b; DP: degradabilidade potencial; DE2%: degradabilidade efetiva para taxa de passagem 2%/h; DE5%: degradabilidade efetiva para taxa de passagem 5%/h.

bromatológica dos capins. O silício nas plantas pode ligar-se a complexos carboidratos-fenol ou carboidratos-lignina (INANAGA e OKASAKA, 1995) e, cerca de 99% desse elemento, quando acumulado, encontra-se sob a forma polimerizada, de difícil solubilização (TAIZ e ZEIGER, 2004; NANAYAKKARA et al., 2008). 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.

CONCLUSÃO

O silicato de cálcio e magnésio como condicionador do solo não tem efeito significativo sobre a produção de matéria verde e seca, composição química da forragem e parâmetros de degradabilidade.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio Financeiro.

REFERÊNCIAS

- AFRC - AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**: New York: CAB International, 1993.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728 2014.
- BATISTA, A.R.; GODOY, R. 'Baeti', EMBRAPA-23 **uma nova cultivar do capim andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth)**. São Carlos: EMBRAPA - CPPSE, 1993. (Boletim de pesquisa, 01)
- 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.
- DEUS, A.C.F.; BULL, L.T. Eficiência de escórias de siderurgia na cultura do feijoeiro em sistema de semeadura direta. *Ciência Rural*, v.43, p.1783-1789, 2013.
- DEUS, A.C.F.; BULL, L.T.; CORRÊA, J.C.; BOAS, R.L.V. Acúmulo de nutrientes e produção de biomassa de plantas de alfafa após correção do solo com silicatos. *Revistas Ceres*, v.61, p.406-413, 2014.
- FARIA JÚNIOR, L.A.; CARVALHO, J.G.; PINHO, P.J.; BASTOS, A.R.R.; FERREIRA, E.V.O. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de silício em cultivares de arroz sob doses de silício. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.1034-1040, 2009.
- FONSECA, I.M.; PRADO, R.M.; VIDAL, A.A.; NOGUEIRA, T.A.R. Efeito da escória, calcário e nitrogênio na absorção de silício e na produção do capim-Marandu. *Bragantia*, v.68, p.221-232, 2009.
- GOMES, C.F.; MARCHETTI, M.E.; NOVELINO, J.O.; MAUAD, M.; ALOVISI, A.M.T. Disponibilidade de silício para a cultura do arroz, em função de fontes, tempo de incubação e classes de solo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, p.531-538, 2011.
- INANAGA, S.; OKASAKA, A. Calcium and silicon binding compounds in cell walls of rice shoots. *Soil Science and Plant Nutrition*, v.41, p.103-110, 1995.
- JONES, L.H.P.; HANDRECK, K.A. Silica in soils, plants, and animals. *Advances in Agronomy*, v.19, p.107-149, 1967.
- JAREMTCHUK, A.R.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L.; GONÇALVES, H.C.; OSTRENSKY, A.; KOSLOWSKI, L.A.; MADEIRA, H.M.F. Produção, composição bromatológica e extração de potássio pela planta de milho para silagem colhida em duas alturas de corte. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.28, p.351-357, 2006.
- KORNDORFER, G.H.; COSTA, F.A.M.; DANTAS JÚNIOR, E.E.; CHAVES, L.H.G. Desenvolvimento de Milho Irrigado e Adubado com Silicato de Cálcio e Magnésio. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.5, p.337-350, 2011.
- MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M.; SANTOS JÚNIOR, J.D.G.; SÁ, M.A.C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.873-882, 2007.
- MAUAD, M.; CRUSCIO, C.A.C.; GRASSI FILHO, H.; MACHADO, S.R. Deposição de sílica e teor de nitrogênio e silício em arroz. *Ciências Agrárias*, v.34, p.1653-1662, 2013.
- MEIRELLES, P.R.L.; BATISTA, L.A.R.; MOCHIUTTI, S. Produção de matéria seca

- e proteína bruta em *Andropogon gayanus* cv. baetí nos cerrados do Amapá, In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2007, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2007. p.93-95.
- MENDONÇA, V.Z.; MELLO, L.M.M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C.M.; YANO, E.H.; PEREIRA, F.C.B.L.; Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.39, p.183-193, 2015.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; CABRAL, L.S.; DETMANN, E.; VALADARES, R.F.D.; MORAES, K.A.K. Associação de diferentes fontes energéticas e proteicas em suplementos múltiplos na recria de novilhos mestiços sob pastejo no período da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.914-920, 2006.
- MÜLLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.G.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F.S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1409-1418, 2001.
- NANAYAKKARA, U.N.; UDDIN, W.; DATNOFF, L.E. Application of silicon sources increases silicon accumulation in perennial ryegrass turf on two soil types. **Plant Soil**, v.303, p.83-94, 2008.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001.
- OLIVEIRA, L.A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, A.C. Acumulação de silício em arroz em diferentes condições de pH da rizosfera. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.685-690, 2007.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H.; Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.562-568, 2006.
- RAMOS, L. A.; KORNDORFER, G. H.; NOLLA, A. Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema. **Bragantia**, v. 67, p.751-757, 2008.
- REIS, J.J.D.; ALOVISI, A.M.T.; FERREIRA, J.A.A.; ALOVISI, A.A.; GOMES, C.F. Atributos químicos do solo e produção da cana-de-açúcar em resposta ao silicato de cálcio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, p.3-9, 2013.
- RODRIGUES, A.L.P.; SAMPAIO, I.B.M.; CARNEIRO, J.C.; TOMICH, T.R.; MARTINS, R.G.R. Degradaabilidade in situ da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.658-664, 2004.
- SALMAN, A.K.D; FERREIRA, A.C.D.; SOARES, J.P.G.; SOUZA, J.P. **Metodologia para a avaliação de alimentos para ruminantes**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2010. (Documentos, 136).
- SANTOS, G.R.; RODRIGUES, A.C.; BONIFACIO, A.; CHAGAS JUNIOR, A.F.; TSCHOEKE, P.H. Severidade de antracnose em folhas de sorgo submetido a doses crescentes de silício. **Ciência e Agrotecnologia**, v.45, p.403-408, 2014.
- SARTO, M.V.M.; RAMPIM, L.; LANA, M.C.; ROSSET, J.S.; ECCO, M.; WOBETO, J.R.; 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.L.; SILVA, G.C.; TEIXEIRA, I.R.; SEMINA, A.B. Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageiras sob diferentes fontes de silicato: **Ciências Agrárias**, v.32, p.103, 2011.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002.
- SILVA, L.P.; SILVA, L.S.; BOHNEN, H. Componentes da parede celular e digestibilidade *in vitro* de palha de arroz (*Oryza sativa*) com diferentes teores de silício. **Ciência Rural**, v.35, p.1205-1208, 2005.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa, 2004.
- STOCCO, F.C.; PASSOS, R.R.; ANDRADE, F.V.; MESQUITA, L.F. Escórias de siderurgia na nutrição de gramíneas cultivadas em latossolo vermelho-amarelo. **Bioscience Journal**, v.30, p.1095-1107, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 2004.
VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nded. New York: Cornell University Press, 1994.
VERAS, V.S.; OLIVEIRA, M.E.; LACERDA,

M.S.B.; CARVALHO, T.B.; ALVES, A.A. Produção de biomassa e estrutura do pasto de capim-andropogon em sistema silvipastoril e monocultura. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.200-207, 2010.