UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

CINZA VEGETAL COMO CORRETIVO E FERTILIZANTE PARA OS CAPINS MARANDU E XARAÉS

CLAUDIA CARDOSO DOS SANTOS

RONDONÓPOLIS – MT

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

CINZA VEGETAL COMO CORRETIVO E FERTILIZANTE PARA OS CAPINS MARANDU E XARAÉS

CLAUDIA CARDOSO DOS SANTOS

Bióloga

Orientadora: Prof[a]. Dra EDNA MARIA BONFIM-SILVA
Coorientadores: Prof. Dr. TONNY JOSÉ ARAÚJO DA SILVA
Prof. Dr. MÁRCIO KOETZ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Mato Grosso, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

RONDONÓPOLIS – MT

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S237c Santos, Claudia Cardoso dos.
Cinza vegetal como corretivo e fertilizante para os capins Marandu e Xaraés / Claudia Cardoso dos Santos. -- 2012
127 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Drª Edna Maria Bonfim-Silva.
Co-orientador: Dr. Tonny José Araújo da Silva e Dr. Márcio Koetz.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2012.
Inclui bibliografia.

1. Brachiaria brizantha. 2. Latossolo. 3. Resíduo sólido. 4. Sustentabilidade. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS

Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: CINZA VEGETAL COMO CORRETIVO E FERTILIZANTE PARA OS CAPINS MARANDU E XARAÉS

Autora: CLAUDIA CARDOSO DOS SANTOS

Orientadora: Profª Dra. EDNA MARIA BONFIM-SILVA

Aprovada em 20 de novembro de 2012.

Comissão Examinadora:

Profª Dra. Edna Maria Bonfim-Silva
(ICAT/UFMT) (Orientadora)

Profª Dra. Analy Castilho Polizel
(ICAT/UFMT) (Membro interno)

Prof. DR. Márcio Koetz
(ICAT/UFMT) (Co-orientador)

Prof. Dr. Geovane Lima Guimarães
(IFBaiano- Instituto Federal Baiano)
(Membro externo)

“Eis que estou convosco todos os dias, até o fim dos tempos”.

Jesus Cristo (Mateus 28:20)

“Não sei o que possa parecer aos olhos do mundo, mas aos meus pareço apenas ter sido como um menino brincando à beira-mar, divertindo-me com o fato de encontrar de vez em quando um seixo mais liso ou uma concha mais bonita que o normal, enquanto o grande oceano da verdade permanece completamente por descobrir à minha frente.”

Isaac Newton

Ao Marcelo, “por agraciar minha vida com sua adorável presença, por acrescentar à doce medida de sua alma a minha existência’’. Obrigada, amor, por tudo!

À Kiara Milena e Albert, alegria e luz do meu viver.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade da realização de mais esse sonho e por ser a minha constante em força, motivação e ânimo, nos momentos mais difíceis.

Á Maria, mãe de Jesus, por me envolver com seu manto sagrado nos meus momentos de dores, e apaziguar minha alma com sua ternura de mãe.

Aos meus pais: David Cardoso (*in memoriam*) e Maria do Carmo Rodriguês da Silva, pelo dom da vida. Meus avós: Francisco Rodriguês da Silva (*in memoriam*) e Justina Ribeiro, pelo amor, carinho e admiração. Minha irmã Keila Cardoso e seu esposo Adenir Furquim, pelo apoio, horas de conversa e risadas e pelos vários livros emprestados. Às minhas amadas sobrinhas: Lisa Marry e Lara Sofia.

À minha amiga-mãe Ir. Maria Luísa Codegoni, pela amizade sincera de longa data e pelas orações constantes.

À Profª Dra. Edna Maria Bonfim da Silva pela orientação e auxílio e paciência ao longo desse projeto, por ter acreditado em minha capacidade profissional e pela amizade edificante.

Ao Prof. Dr. Tonny José Araújo da Silva pelo brilhante desempenho como coordenador e professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

E aos demais professores da pós-graduação em Engenharia Agrícola, que contribuíram com seus ensinamentos para minha formação: Dra. Analy Polizel, Dr. Márcio koetz, Dr. Salomão Guimarães, Dr. Carlos Caneppele e Dr. Carlos Triveno.

Aos alunos de iniciação científica do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental e ao Grupo de pesquisa Práticas em Água e Solo da UFMT, Campus de Rondonópolis, pelo auxílio, amizade e alegria proporcionadas.

Ao curso de Agronomia, alunos de pesquisa em Solos e Nutrição de Plantas da UFMT, Campus de Cuiabá.

Aos meus colegas da I turma de Mestrado em Engenharia Agrícola: Alessana, Anny Kelly, Eliane, Lorraine, Marcella, Matheus, Norman, Rebeca, Tânia, e William pelas horas de estudo e amizade compartilhadas, em especial a amiga Débora Santana de Matos (Debby) que com seu jeito doce, presenteou-me com uma amizade sincera.

Aos doutorandos em Agricultura Tropical: Carlos Eduardo Avelino Cabral, pela amizade, auxílio e por alguns belos momentos de reflexão sobre esse trabalho; Andréia Quintino e Ana Stieven, pela amizade, apoio e auxílio em parte da realização desse trabalho.

Aos técnicos dos laboratórios de Solos e Produção vegetal, Elias França e Aguinaldo Claudio. Ao laboratório de Zootecnia, pelo empréstimo de material. Ao apoio prestado pelo laboratório de Nutrição mineral de plantas, especialmente à Professora Dra. Walcylene Scaramuzza para a realização das análises químicas de plantas.

À sementeira Freitas, em especial ao Marcos, pela boa vontade em ajudar e pela doação das sementes das gramíneas forrageiras.

À Universidade Federal de Mato Grosso pela disponibilidade do curso de mestrado em Engenharia Agrícola.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização desse trabalho: MUITO OBRIGADA!

CINZA VEGETAL COMO CORRETIVO E FERTILIZANTE PARA OS CAPINS MARANDU E XARAÉS

RESUMO - A cinza vegetal pode ser uma opção de correção e adubação do solo, por possuir nutrientes para as plantas, podendo aumentar a produtividade e a qualidade das pastagens. Assim, objetivou-se avaliar as características produtivas, estruturais e nutricionais da *Brachiaria brizantha*, cultivares Marandu e Xaraés, em resposta à adubação com cinza vegetal. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de agosto a dezembro de 2011. O delineamento foi inteiramente casualizado, constituído por fatorial 6x2, correspondentes a seis doses de cinza vegetal: 0, 3, 6, 9, 12 e 15 g dm^{-3} e duas gramíneas forrageiras, em seis repetições. Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 7 dm^3 de solo. A umidade do solo foi mantida pelo método gravimétrico, a 60% da capacidade máxima de retenção de água. Foram realizados três cortes da parte aérea das plantas, em intervalos de 30 dias. O índice SPAD foi realizada a cada 30 dias, a partir da semeadura, com o emprego do medidor portátil do teor de clorofila ClorofiLOG 1030. As características produtivas, estruturais e nutricionais avaliadas foram: altura de plantas, número de folhas e de perfilhos, massa seca de folhas, massa seca de colmos, massa seca da parte aérea e massa seca de raiz, relação folha/colmo, relação massa seca da parte aérea e de raiz, índice SPAD, pH do solo, eficiência no uso de cinza vegetal e concentrações de macro e micronutrientes na parte aérea e raiz dos capins Marandu e Xaraés. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste de F até 5% de probabilidade. Após a verificação dos efeitos significativos dos tratamentos sobre os caracteres, para cinza vegetal efetuou-se o estudo de regressão polinomial e para forrageiras teste de Tukey, até 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SISVAR. As doses de cinza vegetal que proporcionaram as máximas produções da parte aérea estão entre 7 e 15 g dm^{-3}, nos três períodos avaliados. Considerando todo o período de avaliação, houve elevação nas unidades de

pH do solo de 4,36 para 6,26. As maiores concentrações de macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea e de raiz dos capins Marandu e Xaraés foram entre as doses de cinza vegetal de 4 a 12 g dm^{-3} para os três cortes avaliados. A cinza vegetal influenciou positivamente nas características produtivas, estruturais e nutricionais dos capins Marandu e Xaraés.

Palavras-Chave: *Brachiaria brizantha*, Latossolo, resíduo sólido e sustentabilidade.

VEGETABLE ASH AS CORRECTIVE AND FERTILIZANT FOR MARANDU AND XARAÉS GRASSES

ABSTRACT- The vegetable ash appears as an option for owning fertilizer nutrients needed by plants that can optimize the productivity and quality of grasslands. The objective was to evaluate the production characteristics, structural and nutritional *Brachiaria brizantha* cultivars Marandu and Xaraés in response to doses of vegetable ash. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of Mato Grosso, Campus Rondonopolis, MT. In the period from August to December 2011. The completely randomized design, consisting of a 6x2 factorial design, plant gray doses: 0, 3, 6, 9, 12 and 15 g dm^{-3} and two grasses with six replications. We used pots with a capacity of 7 dm^{-3} of soil. Soil moisture was maintained by the gravimetric method while maintaining the ability to 60% of maximum capacity. We carried out three sections of the shoots of *Brachiaria brizantha* at intervals of 30 days. The SPAD readings were taken every 30 days from the seeding of *Brachiaria* with the use of portable meter of chlorophyll content ClorofiLOG 1030. The structural productive characteristics were evaluated and nutritional: plant height, leaf number, tiller number, leaf dry, culm dry, shoot dry, root dry, relation leaf culm relation of shoot and root dry; SPAD readings, soil pH, efficient use of vegetable ash concentrations of macro and micronutrients in shoots and roots of grasses and Marandu Xaraés. All results were submitted to ANOVA and regression Tukey mean test at 5% probability, using the statistical program Sisvar. Thus, doses of vegetable ash that provided the maximum production of shoots are between 7 and 15 g dm^{-3} in the three periods. Considering the whole evaluation period, there was an increase in soil pH units from 4.36 to 6.26. There is a more efficient use of the vegetable ash to produce aerial of grasses evaluated The highest concentrations of macro and micronutrients in shoots and roots of grasses are among Marandu and Xaraés are among vegetable ash levels 4 and12 g dm^{-3} for evaluated in three cut. However, the vegetable ash has a positive

influence on the yield characteristics, structural and nutritional grasses and Marandu Xaraés.

Key-words: *Brachiaria brizantha*, Oxisol, solid residue and sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Página

1 Vista geral do experimento na casa de vegetação (A), curva de crescimento dos capins Marandu (B) e Xaraés (C)..... 29

2 Incorporação da cinza vegetal no LATOSSOLO Vermelho 31

3 Irrigação e manutenção do solo a 60% da máxima capacidade de retenção de água. 31

4 Semeadura da *Brachiaria brizantha,* cultivares Marandu (A) e Xaraés (B)32

5 Leituras indiretas do teor de clorofila por meio do clorofilômetro, no primeiro corte dos capins Marandu e Xaraés..... 32

6 Raízes de *Brachiaria brizantha* adubadas com cinza vegetal.....34

7 Altura de plantas dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes 39

8 Número de folhas dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes 42

9 Número de perfilhos dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes 45

10 Produção de massa seca de folhas dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes 49

11 Produção de massa seca de colmos dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes 52

12 Produção de massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes 55

13 Produção de massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte 57

14 Relação folha/colmo dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes 60

15 Relação massa seca da parte aérea e massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal no terceiro corte.....62

16 Eficiência no uso de cinza vegetal na produção de massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, acumulada em três cortes, em função das doses cinza vegetal.....65

17 Produção de massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, acumulada em três cortes, em função das doses de cinza vegetal. 66

18 pH do solo, no primeiro (A) e segundo (B) cortes dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal.....67

19 íindice SPAD dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes 71

20 Nitrogênio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.....74

21 Nitrogênio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, terceiro corte.....77

22 Fósforo na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte 78

23 Fósforo na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte. 80

24 Potássio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.....83

25 Potássio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.....85

26 Cálcio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.....88

27 Cálcio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte. 91

28 Magnésio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes, em função das doses de cinza vegetal 94

29 Magnésio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte 96

30 Boro na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A) e segundo (B) cortes 99

31 Boro na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte 101

32 Cobre na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.....103

33 Ferro na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro corte 106

34 Manganês na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes 110

35 Manganês na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte 112

36 Zinco na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte 113

37 Zinco na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte 115

LISTA DE TABELAS

Página

1 Análises químicas e granulométricas de amostra do LATOSSOLO Vermelho, na camada de 0-20 cm de profundidade 29

2 Composição química da cinza vegetal de caldeira 29

3 Altura dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro e terceiro cortes.....37

4 Altura dos capins Marandu e Xaraés, no segundo corte.....37

5 Número de folhas dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro, segundo e terceiro cortes.....40

6 Número de perfilhos dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro e terceiro cortes.....44

7 Massa seca de folhas dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro corte...47

8 Massa seca de folhas dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no segundo e terceiro cortes 47

9 Massa seca de colmos dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro corte .50

10 Massa seca de colmos dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.....51

11 Massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro corte.....53

12 Massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no segundo e terceiro cortes 54

13 Massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte 57

14 Relação folha/colmo dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no segundo e terceiro cortes.....58

15 Relação massa seca da parte aérea e raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses cinza vegetal, no terceiro corte 61

16 Eficiência no uso da cinza vegetal na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, acumulada em três cortes 64

17 Massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés acumulada em três cortes, em função das doses de cinza vegetal 65

18 Índice SPAD dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro corte 69

19 Nitrogênio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro e segundo cortes.....72

20 Nitrogênio na massa seca de raiz parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.....76

21 Fósforo na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro, segundo e terceiro cortes.....78

22 Potássio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro corte 81

23 Cálcio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro corte 86

24 Cálcio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no segundo corte 86

25 Cálcio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.....90

26 Magnésio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro corte.....92

27 Magnésio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, no terceiro corte.....95

28 Enxofre na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no segundo corte 96

29 Boro na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro e segundo cortes.....98

30 Boro na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em terceiro corte 98

31 Boro na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, terceiro corte 101

32 Cobre na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés no primeiro e segundo cortes 102

33 Cobre na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte 102

34 Cobre na raiz dos capins Marandu e Xaraés, no terceiro corte 105

35 Ferro na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro e segundo cortes 106

36 Manganês na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro e terceiro cortes.....108

37 Manganês na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no segundo corte 108

38 Manganês na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte 111

SUMÁRIO

Página

1 INTRODUÇÃO.....22

2 REVISÃO DE LITERATURA.....24

2.1 Cinza vegetal 24

2.2 *Brachiaria brizantha,* cultivares Marandu e Xaraés 26

3 MATERIAL E MÉTODOS. 29

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....36

4.1 Características produtivas e estruturais dos capins Marandu e Xaraés .36

4.1.1 Altura de plantas 36

4.1.2 Número de folhas 40

4.1.3 Número de perfilhos.....43

4.1.4 Massa seca de folhas 46

4.1.5 Massa seca de colmos 50

4.1.6 Massa seca da parte aérea 53

4.1.7 Massa seca de raiz 56

4.1.8 Relação folha/colmo 58

4.1.9 Relação Massa seca da parte aérea e raiz.....61

4.2 Eficiência no uso da cinza vegetal 63

4.2.1 Eficiência no uso da cinza vegetal na produção de massa seca da parte aérea 63

4.2.2 pH do solo 66

4.3 Características nutricionais dos capins Marandu e Xaraés 69

4.3.1 Índice SPAD 69

4.3.2 Concentração de macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea e raiz dos capins Marandu e Xaraés 72

4.3.3 Nitrogênio 72

4.3.4 Fósforo 77

4.3.5 Potássio 81

4.3.6 Cálcio 85

4.3.7 Magnésio 91

4.3.8 Enxofre 96

4.3.9 Boro 97

4.3.10 Cobre 102

4.3.11 Ferro 105

4.3.12 Manganês 107

4.3.13 Zinco 112

5 CONCLUSÕES 116

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 117

1 INTRODUÇÃO

O Brasil historicamente tem sido um dos grandes produtores de carne bovina. De acordo com o Ministério da Agricultura (2012) tornou-se detentor do segundo maior rebanho efetivo do mundo, com cerca de 200 milhões de cabeças. Nesse contexto, as pastagens constituem-se na forma mais prática e econômica de alimentação de bovinos, sendo que o Brasil, pela extensão da sua área territorial e pelas condições climáticas favoráveis, apresenta enorme potencial de produção de carne em pastagens.

As pastagens são de suma importância nos sistemas pecuários brasileiros, e mesmo assim, em 197 milhões de hectares de pastagens, aproximadamente, 70 milhões estão em processo de degradação ou degradadas (DIAS-FILHO, 2011).

Todavia, o gênero *Brachiaria* desempenhou papel muito importante no Brasil, pois viabilizou a pecuária de corte nos solos ácidos e de baixa fertilidade, predominantes na região dos Cerrados, e constitui, ainda hoje, a base das pastagens cultivadas brasileiras (VALLE et al., 2000).

Solos de áreas agricultáveis comumente sofrem desequilíbrio em sua fertilidade, ocasionando o surgimento de deficiências nutricionais decorrentes do cultivo intenso e contínuo. Assim, a correção da fertilidade do solo é comumente realizada com a utilização de adubos químicos, os quais são obtidos a partir de fontes potencialmente esgotáveis.

Zimmermann e Frey (2002) citam que a reciclagem de cinza de origem vegetal pode reduzir a necessidade do uso de fertilizantes comerciais, contribuindo, assim, com a redução da acidificação do solo e aumento do suprimento de cálcio.

A aplicação de cinza vegetal em plantios agrícolas apresenta-se como uma importante oportunidade de restituição de parte dos nutrientes removidos pelas culturas, melhorando a produtividade e minimizando o efeito poluente, diante da elevada quantidade de cinzas produzida.

Dessa maneira, os aspectos abordados justificam a necessidade de pesquisas sobre a utilização e manejo da cinza vegetal como corretivo e fertilizante, tendo cuidado para que as aplicações sejam feitas de acordo com recomendações técnicas, considerando sua constituição, características do solo e da cultura, contribuindo assim, para um efetivo aumento da produtividade vegetal.

Diante desse contexto, objetivou-se no presente estudo, avaliar as doses de cinza vegetal, quantificando as características produtivas, estruturais e nutricionais da *Brachiaria brizantha,* cultivares Marandu e Xaraés, propondo assim, auxiliar no conhecimento e manejo, para as recomendações de adubação com cinza vegetal, nessas espécies do gênero *Brachiaria*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cinza Vegetal

A cinza resultante da queima de material vegetal consiste num material sólido e acinzentado remanescente da queima completa de qualquer material orgânico passível de ser incinerado (COELHO; COSTA, 2007). Durante a combustão da biomassa, a matriz orgânica é consumida, produzindo-se emissões gasosas e cinza (JENKINS et al*.,* 1998).

Assim, presencia-se uma redução substancial de peso, associada essencialmente às perdas, sob formas gasosas, de água, carbono e nitrogênio, permanecendo na cinza quantidades insignificantes desse último (OBERNBERGER et al*.*, 2006) e, parcialmente, de enxofre, cloro e outros elementos voláteis (JENKINS et al*.*, 1998). Se todo o carbono orgânico presente na biomassa for consumido, o produto será cinza, onde se concentram todos os elementos minerais que não se perderam durante a combustão (JENKINS et al*.*, 1998).

As cinzas possuem geralmente em sua composição, teores variáveis de potássio, fósforo e cálcio (MELLO, 1930). Compõem-se de substâncias solúveis e insolúveis, figurando, entre as primeiras, os carbonatos de potássio e de sódio, sulfatos e fosfatos de potássio; e entre as insolúveis, os carbonatos e fosfato de cálcio e magnésio, além de óxidos de ferro e manganês (D'UTRA,1920). Chirenje e Ma (2002) referem que a solubilidade dos carbonatos predominantes na cinza segue a ordem potássio>>>sódio>>cálcio>magnésio.

A composição química das cinzas apresenta nutrientes capazes de neutralizar a acidez do solo (SANTOS et al., 1995). Portanto há efeito corretivo e fertilizante do solo (DAROLT et al., 1993). Assim, para os estudos com a cinza, torna-se necessário, isolar estes efeitos, para avaliar se há maior contribuição das cinzas para as plantas, especialmente aqueles que advêm do efeito corretivo ou fertilizante do solo.

Bonfim-Silva et al. (2011a), estudando a cinza vegetal como corretivo do solo e fertilizante para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, observaram que a utilização desse resíduo pode contribuir para a fertilidade do solo, principalmente em solos tropicais e de baixa fertilidade, observados na região dos Cerrados. Assim, sua utilização além de viabilizar a produção forrageira, é uma forma de auxiliar a dinâmica de descarte desse resíduo, que é produzido em grande quantidade a partir do funcionamento de caldeiras de usinas e indústrias em geral.

Ferreira et al. (2012), também observaram os efeitos positivos da cinza vegetal em solos do Cerrado, ao estudar três fontes e quatro doses de cinza (0; 5; 15 e 30 Mg ha^{-1}) avaliando seus efeitos nas propriedades químicas dos solos. Os resultados apontaram para a melhoria significativa de algumas propriedades químicas como pH, potássio e magnésio.

Osaki e Darolt (1991), estudando as qualidades da cinza vegetal para utilização desse resíduo como adubo em condições controladas, analisaram cinza vegetal de três fontes distintas (bracatinga, eucalipto e pinheiro) em dose de 10 g dm^{-3}, e verificaram diferenças nas produções de massa seca de aveia preta comum com aumentos de 25; 74 e 105%, respectivamente, para bracatinga, eucalipto e pinheiro.

A aplicação de cinza vegetal em LATOSSOLO Vermelho distrófico propiciou aumentos significativos em culturas de crotalária juncea, incrementando a produção de massa seca da parte aérea em 89,38% (BONFIM-SILVA et al., 2011b) e em rúcula, aumentando a produção de massa verde em 89,14% (BONFIM-SILVA et al., 2011C).

Maeda et al. (2008), estudando o efeito de cinza vegetal numa população de *Pínus taeda* em vasos, aplicaram doses equivalentes até 80

toneladas de cinzas em CAMBISSOLO. A aplicação das cinzas reduziu a acidez e o teor de alumínio, e aumentou os teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo.

A qualidade da cinza vegetal como fertilizante, também foi estudada por Osaki e Darolt (1991), em condições controladas e de campo. Esses autores demonstraram que a reciclagem dos nutrientes contidos na cinza vegetal, através da exploração agrícola, apresenta grande praticidade; contudo, é necessário conhecer a composição química deste resíduo e a dose adequada para cada cultura, evitando-se carência ou toxidez nutricional pelo excesso de alguns nutrientes.

A cinza vegetal pode desempenhar um papel importante na correção do solo, crescimento e desenvolvimento das plantas, devido à disponibilidade imediata dos seus nutrientes minerais, favorecendo, assim, a produção de biomassa.

2.2 *Brachiaria brizantha* cultivares Marandu e Xaraés

O capim-marandu é uma gramínea forrageira perene, pertencente ao gênero *Brachiaria*, classificada como *Brachiaria brizantha* (Hochstex A. Rich. Stapf.), cultivar Marandu. É originária de uma região vulcânica da África, com precipitação pluviométrica anual ao redor de 700 mm e cerca de oito meses de seca no inverno (MEIRELLES; MOCHIUTTI, 1999).

Sua introdução no Brasil ocorreu por volta de 1967, no estado de São Paulo, de onde foi distribuída para várias regiões. É uma planta com hábito cespitoso, robusta, de 1,5 a 2,5 m de altura, com colmos iniciais de crescimento prostrados, mas com emissão de perfilhos predominantemente eretos, folhas largas, de coloração verde, variando de escuro a claro.

Os colmos floríferos são eretos, com perfilhamento nos nós, levando inflorescências do tipo panícula aberta que podem atingir até 40 cm de comprimento (NUNES et al., 1985). Seus rizomas são muito curtos e encurvados. Suas raízes são profundas, o que favorece sua sobrevivência durante períodos de seca prolongados (COSTA; OLIVEIRA et al., 2001).

A tolerância dessas plantas à acidez dos solos e a relativa adaptação à baixa fertilidade favoreceram a disseminação do gênero *Brachiaria.* Além

dessa característica, as braquiárias são apontadas como plantas razoavelmente tolerantes à seca, eficientes na cobertura do solo, principalmente pela sua capacidade de rebrota, dando ao gênero uma agressividade, com vantagens sobre as plantas nativas (PAULINO et al., 1994).

O grande interesse dos pecuaristas por esta espécie refere-se às mesmas apresentarem bom valor nutritivo, tolerância às principais espécies de cigarrinhas das pastagens, alta produção de massa seca, boa adaptabilidade aos solos do cerrado, respondem bem à adubação fosfatada, facilidade de estabelecimento, persistência, além de apresentarem poucos problemas de doenças e mostrarem bom crescimento durante a maior parte do ano, inclusive no período seco (SOARES FILHO, 1997; VALLE et al., 2000; COSTA et al., 2005).

Entretanto, a baixa disponibilidade de nutrientes na exploração da pastagem é seguramente um dos fatores que mais interferem, tanto no nível de produtividade, como na qualidade da forragem.

O lançamento de novas cultivares de gramíneas forrageiras resulta da demanda crescente pela busca por plantas mais competitivas, menos exigentes em fertilidade do solo, com menor sazonalidade de produção e maior resistência a pragas e doenças, entre outros fatores (SANTOS et al. 2006). A criação do capim-xaraés foi realizada com o objetivo de diversificar as pastagens de espécies forrageiras do gênero *Brachiaria*, além de oferecer opção de qualidade e desencorajar o monocultivo do capim-marandu.

A cultivar Xaraés é indicada para solos de média fertilidade, bem drenados e de textura média. Essa forrageira é uma planta cespitosa que pode enraizar nos nós basais e apresentar altura média de 1,5 m, estabelecimento rápido e rebrotação superior à da cultivar Marandu. O florescimento é tardio e concentrado em maio/junho e a produtividade de sementes puras chega a 120 kg ha^{-1} ano^{-1} (VALLE, et al., 2003).

A produtividade das gramíneas forrageiras está diretamente relacionada à sua capacidade de emitir folhas de meristemas remanescentes, após a desfolhação. Dessa forma, estudos básicos

envolvendo morfologia, fisiologia e ecofisiologia da cultivar Xaráes certamente contribuirão para o estabelecimento de melhor estratégia de manejo, otimizando a produção e utilização dessa forrageira (NABINGER, 1997).

Estudar estratégias de manejo, características produtivas, estruturais e nutricionais das plantas de clima tropical torna-se essencial para conhecer a dinâmica de produção das gramíneas forrageiras, e por meio de avaliações dessas características, gerar conhecimentos básicos para a definição de práticas adequadas de manejo, principalmente para gramíneas relativamente novas, como o capim-xaraés.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis-MT, Brasil. No período de agosto a dezembro de 2011. A espécie utilizada foi *Brachiaria brizantha,* cultivares Marandu e Xaraés (Figura 1).

FIGURA 1. Vista geral do experimento na casa de vegetação (A), curva de crescimento dos capins Marandu (B) e Xaraés (C).

O solo utilizado foi um LATOSSOLO Vermelho distrófico, coletado na profundidade de 0-20 cm, em área de reserva do cerrado nativo, peneirado em malha de 4 mm e homogeneizado para caracterização química e granulométrica (Tabela 1), de acordo com EMBRAPA (1997).

A cinza vegetal utilizada foi proveniente de caldeira de indústria de alimento (tabela 2), com pH em torno de 10,90 e caracterizada como fertilizante (DAROLT et al., 1993).

TABELA 1. Análises químicas e granulométricas de amostra do LATOSSOLO Vermelho na profundidade de 0-20 cm.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	V	M.O	Areia	Silte	Argila
$CaCl_2$	mg dm^{-3}		cmolc dm^{-3}			%	g dm^{-3}		g kg^{-1}	
4,0	1,2	40	0,2	0,1	1,3	7	25	476	83	441

TABELA 2. Composição química da cinza vegetal de caldeira.

N	P_2O_5 CNA+Água	K_2O	Zn	Cu	Mn CNA+Água	B	Ca	S
			%					
0,56	1,67	2,72	0,01	0,01	0,00	0,02	2,7	1,49

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituído por fatorial 6x2, correspondente a seis doses de cinza vegetal: 0, 3, 6, 9, 12 e 15 mg dm^{-3} e duas gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria brizantha* cultivares Marandu e Xaraés, respectivamente, com seis repetições. Cada parcela experimental consistiu em vasos plásticos com capacidade para 7 dm^3 de solo.

A cinza vegetal foi incorporada ao solo, permanecendo incubado por um período de 30 dias (Figura 2). A irrigação foi realizada pelo método gravimétrico, mantendo a umidade do solo a 60% da capacidade máxima de retenção de água, de acordo com Bonfim et al., 2003 (Figura 3).

FIGURA 2: Incorporação da cinza vegetal em LATOSSOLO Vermelho.

FIGURA 3. Irrigação e manutenção do solo a 60% da máxima capacidade de retenção de água no solo.

Amostras médias de dois lotes de sementes de *Brachiaria brizantha* foram submetidas ao teste de tetrazólio, de acordo com as regras para análise de sementes (MAPA, 2009); evidenciando 94% de sementes viáveis. Após o período de incubação da cinza vegetal, realizou-se a semeadura na profundidade aproximada de 2,5 cm, com 20 sementes por vaso (Figura 4). Quando as plantas atingiram 10 cm de altura, realizou-se o desbaste, com base nos critérios de tamanho, homogeneidade e arranjo dentro dos vasos, deixando-se cinco plantas por vaso.

Após o desbaste, todas as parcelas experimentais receberam adubação na dose de 200 mg dm^{-3}, utilizando a uréia como fonte de nitrogênio. A adubação nitrogenada foi repetida a cada corte, sendo a primeira realizada por ocasião do desbaste das plantas, e a segunda e terceira após cada corte. No primeiro crescimento das plantas após o desbaste, realizou-se a adubação com micronutrientes: boro, cobre, zinco e

molibdênio, cujas fontes foram respectivamente: ácido bórico, cloreto de cobre, cloreto de zinco e molibdato de sódio, nas respectivas doses de 1,39, 2,61, 2,03 e 0,36 mg dm^{-3} (BONFIM-SILVA et al., 2007).

FIGURA 4. Semeadura da *Brachiaria brizantha* cultivares Marandu (A) e Xaraés (B).

Aos 30 dias após o desbaste, mediu-se a altura das plantas, do solo até a curvatura do dossel forrageiro, com o auxílio de uma régua graduada, obtendo a média das plantas por vaso. O índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) foi realizado 30 dias após a germinação da braquiária, utilizando-se o ClorofiLOG CFL 1030 um medidor portátil do teor de clorofila (Figura 5).

FIGURA 5. Leituras indiretas do teor de clorofila, por meio do clorofilômetro, no primeiro corte dos capins Marandu e Xaraés.

O índice SPAD foi realizado a cada 30 dias, sendo efetuadas 10 leituras por unidade experimental, nas folhas diagnósticas recém-expandidas

+1 e +2 (BONFIM-SILVA; MONTEIRO, 2010), utilizando-se a média dos índices SPAD para cada vaso, de modo a evitar as nervuras das folhas e de forma que as mesmas estivessem sob condições adequadas de intensidade luminosa.

Foram realizados três cortes na parte aérea das plantas, com intervalo de 30 dias. O primeiro corte foi realizado 30 dias após a emergência das gramíneas forrageiras. Por ocasião do corte das plantas, foram realizadas a contagem de número de folhas e de perfilhos.

O corte da parte aérea das plantas forrageiras foi a 5 cm do colo da planta para o primeiro e segundo cortes, e rente ao colo da planta no terceiro corte, conforme descrito por Bonfim-Silva e Monteiro (2007).

Após o corte, o material vegetal foi colhido e pesado para a determinação de suas massas, sendo acondicionados em sacos de papel devidamente identificados e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65º C, por 72 horas, até atingir massa constante (SILVA; QUEIROZ, 2002). O mesmo procedimento foi repetido no segundo e terceiro cortes.

No terceiro corte, além da massa seca da parte aérea, realizou-se, também, a coleta de raízes das plantas. Essas foram separadas da parte aérea com auxílio de tesoura e lavadas com água corrente sob peneira de 1,00 e 0,25 mm, para retirada da terra (Figura 6).

As raízes foram acondicionadas em sacos de papel etiquetados, pesadas e secas em estufa, assim como realizado com a parte aérea das plantas. Em seguida, o material foi pesado e moído em moinho tipo Willey, utilizando peneiras com porosidade de 1 mm. As folhas e raízes foram utilizadas para avaliar o estado nutricional das plantas forrageiras.

Para a quantificação da massa seca da parte aérea foi considerada a somatória das massas das folhas e dos colmos. Para a determinação da relação folha/colmo, calculou-se a razão entre a produção das folhas e a produção de colmos de cada unidade experimental. Aplicou-se, também, para a relação entre massa seca da parte aérea e massa seca de raiz.

FIGURA 6. Raízes de *Brachiaria brizantha* adubadas com cinza vegetal.

O cálculo de eficiência no uso de cinza vegetal para a produção de massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés foi adaptado de Alvim et al. (1999), descrita pela equação:

$$EUCV = (PMS_n - PMS_o)/0{,}005CV$$

Onde:
EUCV: eficiência no uso de cinza vegetal;
PMS_n: produção de massa seca do tratamento n;
PMS_o: produção de massa seca da testemunha;
CV: Cinza vegetal.

As avaliações das concentrações de macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea e de raiz das gramíneas forrageiras foram realizadas por meio da metodologia semi-micro-Kjeldahl descrito por Malavolta et al. (1997), com a utilização da digestão sulfúrica, seguida de destilação pelo método volumétrico. A digestão nítrico-perclórica foi utilizada na preparação do extrato para a determinação dos macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea e raiz das gramíneas forrageiras, com exceção do nitrogênio.

A determinação da concentração de fósforo foi realizada por espectrofotometria com amarelo-de-vanadato. Foram também realizadas via espectrofotômetro, as determinações das concentrações de enxofre e boro

pelos métodos de turbidimetria do sulfato de bário e colorimetria da azometina H, respectivamente (MALAVOLTA et al.,1997).

Para a determinação da concentração de potássio, leituras do extrato vegetal foram realizadas via fotometria de emissão de chama. As concentrações de cálcio e magnésio foram determinadas por titulação pelo processo de quelatometria do EDTA. As concentrações de cada nutriente foram calculadas pela curva padrão.

Para a determinação da concentração dos micronutrientes foram realizadas leituras dos extratos em espectrofotômetro de absorção atômica. Os dados referentes à relação folha colmo no 1º e 2º cortes foram transformados para a obtenção da normalidade e homogeneidade das variâncias por raiz quadrada x+1.

Os cálculos de incrementos foram realizados comparando a testemunha (0 g dm^{-3}) com a dose máxima do intervalo experimental (15 g dm^{-3}) para ajustes ao modelo linear de regressão, que proporcionou a máxima produtividade, porém, para ajuste ao modelo de regressão quadrático, considerou-se a comparação entre a testemunha (0 g dm^{-3}) com a dose de cinza vegetal que proporcionou a máxima produtividade.

Os dados das variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância, aplicando-se regressão polinomial e teste de médias, até 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Sisvar (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1Características produtivas e estruturais dos capins Marandu e Xaraés

4.1.1Altura de plantas

A análise de variância demonstrou significância entre forrageiras e doses de cinza vegetal, com efeito de interação no primeiro e terceiro cortes e isolado entre ambas no segundo corte. No primeiro corte, as cultivares de *Brachiaria brizantha* ao serem analisadas no desdobramento dentro de cada dose de cinza vegetal, diferiram entre si quanto à altura de plantas no tratamento sem aplicação de cinza vegetal (testemunha) e nas duas últimas maiores doses de cinza vegetal: 12 e 15 g dm^{-3} (Tabela 3).

No segundo corte, a maior altura das plantas foi independente da adubação com cinza vegetal, revelando maior altura para o capim-xaraés com 97,67 cm (Tabela 4). Sendo importante ressaltar que, as diferenças entre alturas também pode ser explicada por o capim-xaraés possuir características genéticas que lhe confere porte ereto e mais elevado, assim, acredita-se que possivelmente isso tenha sido um dos fatores que favoreceu o destaque dessa forrageira em altura, quando comparada ao capim-marandu (SILVEIRA, 2006), embora, esse último possua hábito de crescimento cespitoso.

No último corte dos capins Marandu e Xaraés a altura de plantas apresentou dependência da adubação com cinza vegetal, porém, essas

gramíneas forrageiras apresentaram diferenças significativas em todos os tratamentos, exceto na dose de cinza vegetal de 9 g dm^{-3} (Tabela 3).

TABELA 3. Altura dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro e terceiro cortes.

Forrageiras	Altura de planta (cm)					
	Primeiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	54,58 a	63,33 b	81,00 b	86,33 b	86,17 a	78,00 b
Xaraés	25,17 b	64,67 b	82,83 b	81,00 b	78,83 b	85,67 a
CV%	7,9					
	Terceiro corte					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	55,40 a	66,00 b	79,83 b	82,33 b	84,83 b	84,83 b
Xaraés	38,40 b	87,00 a	89,33 a	88,00 b	97,17 a	94,67 a
CV%	9,49					

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

TABELA 4. Altura dos capins Marandu e Xaraés, no segundo corte.

	Marandu	Xaraés
	Segundo corte	
Altura de Plantas (cm)	86,51 b	97,67 a
CV (%)	10,75	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si na linha pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

Ao fixar as cultivares para o estudo das doses de cinza vegetal os resultados de altura de plantas dos três cortes foram ajustados ao modelo de regressão quadrático. No primeiro corte das gramíneas forrageiras, as maiores alturas dos capins Marandu (90,17 cm) e Xaraés (87,94 cm) foram proporcionadas pelas doses de cinza vegetal de 10,17 e 10,87 g dm^{-3}. Assim, foram observados incrementos na altura das plantas de 69,69% e 65,18%, para os capins Marandu e Xaraés, respectivamente (Figura 7A).

No segundo corte, a máxima altura de plantas (111,40 cm) foi proporcionada pela dose de cinza vegetal de 10,15 g dm^{-3}, com incremento na altura dos capins de 53,68% (Figura 7B).

No terceiro corte, as maiores alturas das gramíneas forrageiras (85,60 e 99,14 cm) foram observadas nas doses de cinza vegetal de 12,53 e 10,77 g dm^{-3}, incrementando a altura das cultivares em 35,79 e 52,92%, respectivamente, para os capins Marandu e Xaraés (Figura 7C).

Sbrissia (2004), trabalhando com capim-marandu em pasto sob lotação contínua com alturas de 10 a 40 cm, observou que as alturas que proporcionaram maiores produções de forragem estavam entre 20 e 40 cm. Porém, para Nantes (2009) a melhor altura para o capim-xaraés para a produção de forragem foi de 40 cm. De acordo com Bonfim-Silva et al. (2011a), a cinza vegetal pode reduzir o tempo em que a forrageira atinge a altura (50 cm), com aumento considerável na altura, e por isso, pode tornar-se uma alternativa de baixo custo no manejo das pastagens.

A determinação da altura de capins, entre outras, é uma característica importante para avaliação do potencial produtivo dessas gramíneas forrageiras (CANTO et al., 2001). Sendo assim, de acordo com Hernandéz et al. (1997) a altura de plantas é uma característica estrutural relevante para adoção de um manejo adequado.

Nos três cortes avaliados do presente estudo, as gramíneas forrageiras atingiram as máximas alturas de plantas, indicando que o manejo adotado para a determinação das doses de cinza vegetal utilizadas, foi um dos fatores contribuintes para obtenção da máxima produção.

Desse modo, verificou-se que o tratamento com a menor dose de cinza vegetal (3 g dm^{-3}) proporcionou altura de planta superior a 50 cm (Figura 7A, B e C). Isso possivelmente pode ser atribuído ao efeito residual de adubação da cinza vegetal, lembrando, que não houve a reaplicação desse resíduo no segundo e terceiro cortes. Assim, esse efeito residual de adubação provavelmente melhorou as condições de fertilidade do solo, proporcionando maiores alturas de plantas.

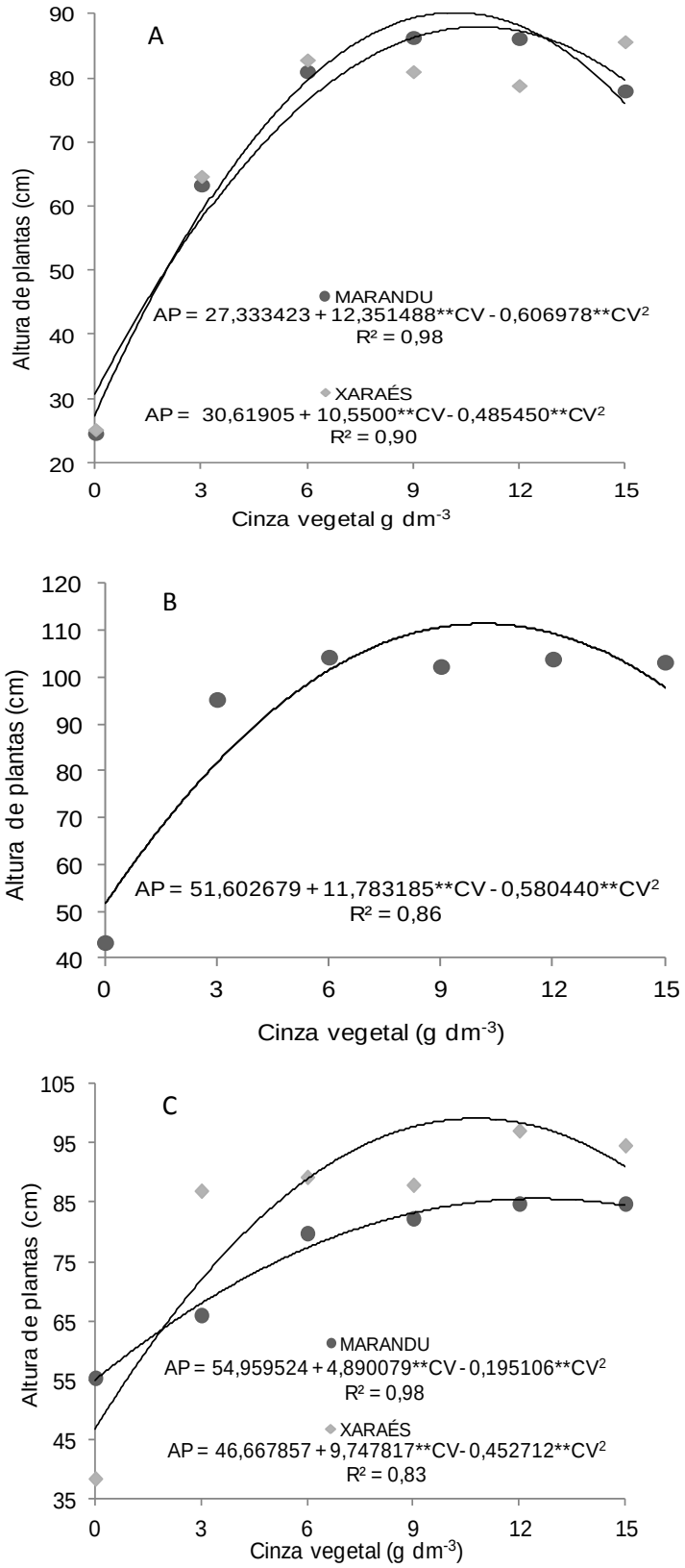

FIGURA 7. Altura de plantas dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.
AP = altura de planta. CV= cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

4.1.2 Número de folhas

A interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal foi significativa sobre a produção em número de folhas, tendo apresentado variação dentro das doses de cinza vegetal nos três cortes dos capins, com destaque para o capim-marandu nas doses de cinza vegetal 9, 12 e 15 g dm^{-3}, demonstrando assim, produções superiores em número de folhas quando comparado ao capim-xaraés (Tabela 5).

TABELA 5. Número de folhas dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro, segundo e terceiro cortes.

Forrageiras	Número de folhas					
	Primeiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	23,67 b	77,33 a	110,0 a	137,17 a	165,83 a	173,0 a
Xaraés	21,83 b	61,17 b	86,17 b	118,00 b	122,0 b	123,0 b
CV%	11,39					
	Segundo corte					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	30,17 b	117,33 b	127,33 b	242,00 a	258,67 a	230,83 a
Xaraés	19,50 b	119,17 b	140,67 b	176,67 b	180,83 b	191,00 b
CV%	13,62					
	Terceiro corte					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	49,40 b	151,33 a	203,83 a	303,67 a	298,17 a	319,00 a
Xaraés	29,80 b	112,83 b	143,50 b	180,50 b	200,00 b	217,17 b
CV%	12,01					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

Esses aspectos de produção em número de folhas dos capins Marandu e Xaraés são positivos do ponto de vista de manejo, pois, a emissão de novas folhas é um processo vital para a sobrevivência da espécie, bem como um importante parâmetro de avaliação para a eficiente cobertura do solo. Bem como os resultados de produção de perfilhos evidenciam que a cinza vegetal exerceu uma influência positiva na produção de folhas dos capins, pois, os resultados expressos, validam o uso desse resíduo no aumento de produção dessas forrageiras.

Fixando-se as cultivares para estudo das doses de cinza vegetal, os resultados foram ajustados aos modelos de regressão linear e quadrático para os três períodos avaliados. No primeiro corte houve ajuste ao modelo de regressão linear para o capim-marandu, assim, na produção de folhas desse capim foram verificados incrementos de 78,67%. Para o capim-xaraés houve ajuste ao modelo de regressão quadrático, sendo que a dose de cinza vegetal que proporcionou a maior produção em número de folhas (124,55) nesse período foi de 13,77 g dm^{-3} com incrementos na produção de 83,27% (Figura 8A).

Os resultados de número de folhas do segundo e terceiro cortes foram ajustados ao modelo de regressão quadrático. Portanto, as máximas produções em número de folhas dos capins Marandu (245,84) e Xaraés (190,41) no segundo corte foram expressas nas doses de cinza vegetal de 14,25 e 12,75 g dm^{-3}, com incrementos na produção de 89,85 e 85,84%, respectivamente, para as cultivares Marandu e Xaraés (Figura 8B).

No terceiro corte das gramíneas forrageiras, as doses de cinza vegetal que proporcionaram as maiores produções em número de folhas (318,03 e 213,41) foram 14,61 e 15 g dm^{-3}, com incrementos na produção de 84,88 e 82,76%, respectivamente, para as cultivares Marandu e Xaraés (Figura 8C).

Aumentos significativos na produção em número de folhas do capim-marandu também foram verificados por Bonfim-Silva et al. (2011a), ao estudar em condições controladas os efeitos da aplicação de cinza vegetal em *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu em LATOSSOLO Vermelho distrófico. Esses autores observaram produção significativa em número de folhas no primeiro e segundo crescimento dessa gramínea forrageira.

O número de folhas é uma característica que possibilita a restauração da área foliar das gramíneas forrageiras, após o corte ou pastejo, auxiliando na manutenção da produção e perenidade das gramíneas (CUNHA, 2011).

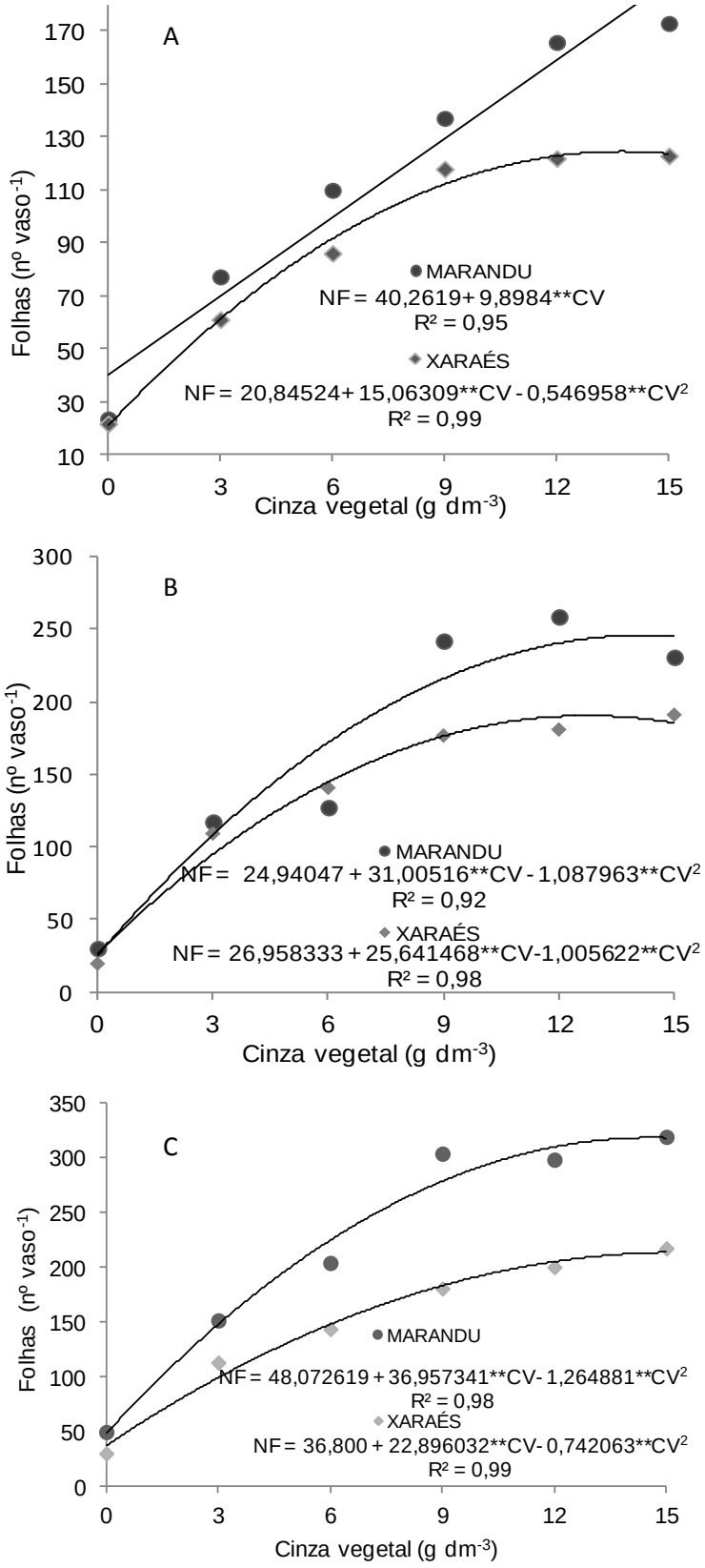

FIGURA 8. Número de folhas dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.
NF =número de folhas. CV = cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

Dessa forma, a produção em número de folhas dos capins Marandu e Xaraés em função das doses de cinza vegetal, colocou em evidência a importância desse resíduo como fornecedor de nutrientes às plantas forrageiras, pois, incrementos significativos (acima de 85%) foram observados na produção de folhas desses capins.

Aumentos significativos na produção em número de folhas do capim-marandu também foram verificados por Bonfim-Silva et al. (2011a), ao estudar em condições controladas os efeitos da aplicação de cinza vegetal em *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu em LATOSSOLO Vermelho distrófico. Esses autores observaram produção significativa em número de folhas no primeiro e segundo crescimento dessa gramínea forrageira.

O número de folhas é uma característica que possibilita a restauração da área foliar das gramíneas forrageiras, após o corte ou pastejo, auxiliando na manutenção da produção e perenidade das gramíneas (CUNHA, 2011). Dessa forma, a produção em número de folhas dos capins Marandu e Xaraés em função das doses de cinza vegetal, colocou em evidência a importância desse resíduo como fornecedor de nutrientes às plantas forrageiras, pois, incrementos significativos (acima de 85%) foram observados na produção de folhas desses capins.

4.1.3 Número de perfilhos

Para número de perfilhos houve significância entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal, com efeito de interação para o primeiro e terceiro cortes e isolado entre ambas para o segundo corte. No primeiro e terceiro cortes das cultivares de *Brachiaria brizantha* o número de perfilhos foi influenciado pelas doses de cinza vegetal e cultivares, sendo que no primeiro corte, os capins Marandu e Xaraés mostraram diferenças entre si dentro das doses de cinza vegetal (12 e 15 g dm^{-3}), revelando maiores produções no número de perfilhos do capim-marandu.

No terceiro corte a variação entre as gramíneas forrageiras ocorreu em maiores amplitudes, ou seja, houve variação em todos os tratamentos, iniciando na dose 3 g dm^{-3} até a máxima dose de cinza vegetal (15 g dm^{-3}),

indicando que as maiores diferenças entre as gramíneas forrageiras em relação à produção de perfilhos ocorreram nesse corte dos capins com acentuada produção do capim-marandu (Tabela 6).

TABELA 6. Número de perfilhos dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro e terceiro cortes.

Forrageiras	Número de perfilhos Primeiro corte Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	2,00 b	20,17 b	34,67 b	37,50 b	41,00 a	43,50 a
Xaraés	2,67 b	20,00 b	32,83 b	35,17 b	36,50 b	34,67 b
CV%			12,01			
	Terceiro corte					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	19,20 b	42,17 a	56,17 a	87,83 a	85,00 a	107,33 a
Xaraés	13,40 b	33,83 b	47,33 b	61,00 b	67,17 b	76,17 b
CV%			11,51			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si na coluna, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

Para o estudo das doses de cinza vegetal, os resultados da produção no número de perfilhos foram ajustados aos modelos de regressão linear e quadrático. No primeiro corte maiores produções em números de perfilhos (43,13 e 37,97) foram observados nas doses de cinza vegetal de 12,85 e 11,08 g dm^{-3}, proporcionando incrementos na produção de 92,98 e 91,04%, respectivamente, para os capins Marandu e Xaraés (Figura 9A).

No segundo corte dos capins Marandu e Xaraés, a máxima produção em número de perfilhos (53,94) foi proporcionada pela maior dose de cinza vegetal do intervalo experimental (15 g dm^{-3}) , com incremento na produção de 86,10% (Figura 9B). A produção do número de perfilhos no terceiro corte, foi incrementada em 78,60 e 76,0%, para os capins Marandu e Xaraés, respectivamente (Figura 9C).

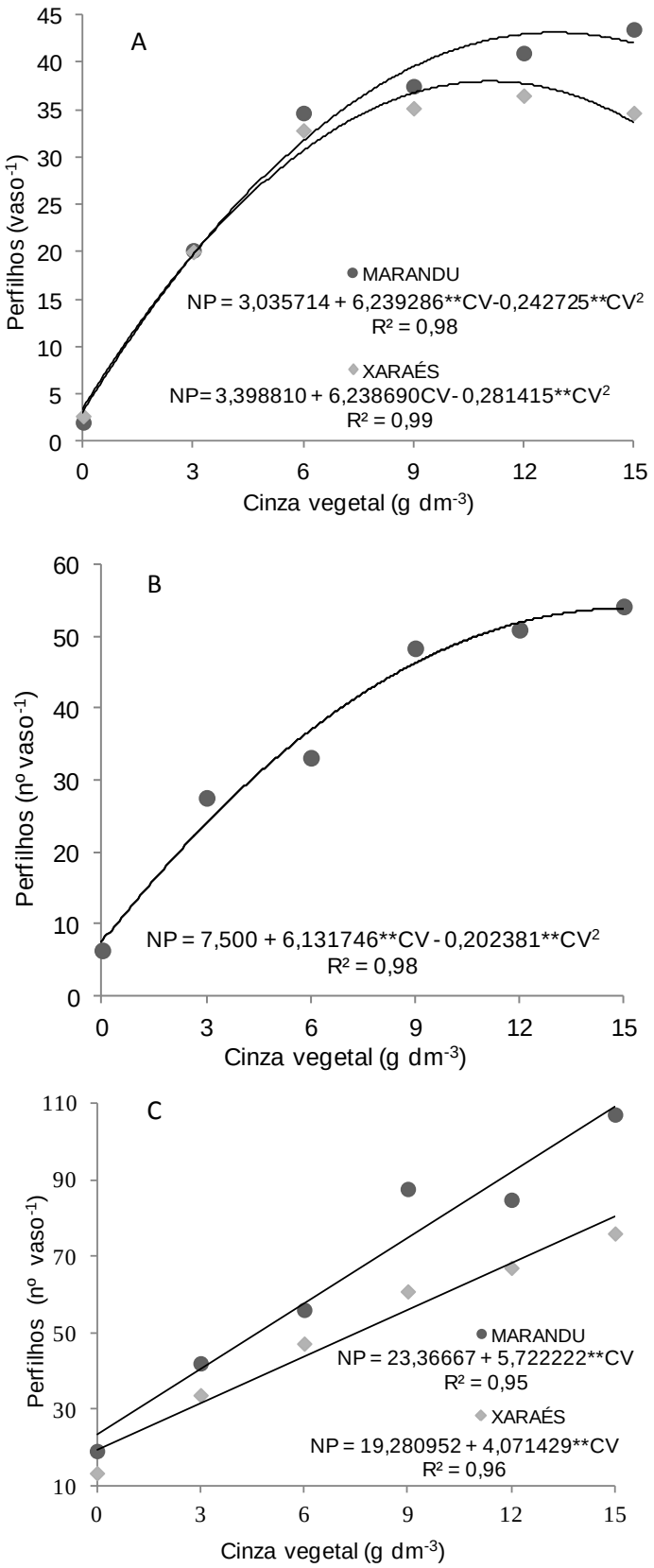

FIGURA 9 Número de perfilhos dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal,no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.
NP =número de perfilhos. CV = cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

De acordo com os resultados da análise de variância do presente estudo, nos três cortes, a utilização de cinza vegetal como fertilizante mostrou resultados significativos para a produção em número de perfilhos dos capins Marandu e Xaraés. Dessa maneira, torna-se importante ressaltar, que a produção de perfilhos é uma característica estrutural de suma importância, servindo como parâmetro indicativo do crescimento da gramínea forrageira.

A produção de perfilhos é controlada pela disponibilidade de água, luz, temperatura e nutrientes, além do estádio de desenvolvimento da planta (GOMIDE 1994). A capacidade de originar novos perfilhos auxilia o estabelecimento e a perenidade das gramíneas forrageiras, assegura maior proteção do solo contra a ação de fatores de ambiente, confere maior resistência a pragas e doenças, controla a ausência de plantas daninhas e determina a produção de forragem (PEDREIRA et al., 2001).

Deste modo, o número de perfilhos é indicativo de vigor ou persistência das gramíneas nas pastagens. A proeminência da produção de perfilhos pela planta é o fator principal determinante da produção, e isso depende diretamente do estádio vegetativo da planta (SILSBURY, 1966). O número de perfilhos é o principal fator, quando a planta se encontra no estádio vegetativo, fase em que o aparecimento de perfilhos é intenso, porém, na fase reprodutiva, o seu surgimento se cessa. Além disso, o aumento em peso da planta é alcançado apenas pelo crescimento dos perfilhos existentes (DA SILVA; PEDREIRA 1997).

Contudo, no presente estudo, a adubação com cinza vegetal foi um fator determinante que influenciou na maior produção de perfilhos dos capins Marandu e Xaraés, contribuindo, com o aumento na produção, vigor e persistência dessas forrageiras.

4.1.4 Massa seca de folhas

A produção de massa seca de folhas foi influenciada pela adubação com cinza vegetal, no segundo e terceiro cortes. Os fatores estudados (forrageiras e doses de cinza vegetal) apresentaram significância, com efeito

de interação no segundo e terceiro cortes e isolado entre ambas no primeiro corte dos capins. No primeiro corte, o capim-marandu produziu (12,65 g vaso^{-1}) massa seca de folhas em maior quantidade que o capim-xaraés (Tabela 7).

TABELA 7. Massa seca de folhas dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro corte.

Massa seca de folhas (g vaso $^{-1}$)	Marandu	Xaraés
	Primeiro corte	
	12,65 a	11,88 b
CV(%)	12,28	

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV% = coeficiente de variação.

As doses de cinza vegetal influenciaram a produção de massa de folhas no segundo e terceiro cortes. Assim, dentro de cada dose de cinza vegetal, o capim-xaraés respondeu expressivamente, diferenciando-se do capim-marandu no segundo corte (exceto na dose 12 g dm^{-3}) a partir da menor dose de cinza vegetal (3 g dm^{-3}), mantendo médias elevadas em produção de massa seca de folhas até a maior dose de cinza vegetal (15 g dm^{-3}). No terceiro corte, dentre os tratamentos, a diferenciação entre os capins ocorreram nas doses de cinza vegetal 6, 12 e 15 g dm^{-3} (Tabela 8).

TABELA 8. Massa seca de folhas dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no segundo e terceiro cortes.

Forrageiras	Massa seca de folhas (g vaso^{-1}) Segundo corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	0,35 b	15,11 b	22,93 b	31,22 b	35,18 b	33,29 b
Xaraés	1,40 b	20,56 a	28,08 a	41,40 a	36,79 b	46,00 a
CV%	14,96					
	Terceiro corte					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	3,61 b	9,28 b	18,42 b	33,50 b	32,43 b	36,50 b
Xaraés	1,50 b	14,03 b	25,07 a	36,55 b	49,26 a	55,20 a
CV%	18,05					

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV% = coeficiente de variação.

Nos três cortes houve significância com interação entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a produção de massa seca de folhas dos capins Marandu e Xaraés. Os resultados foram ajustados aos modelos de regressão linear e quadrático. Assim, no primeiro corte a dose de cinza vegetal de 13,82 g dm^{-3} foi responsável pela maior produção de massa seca de folhas (18,92 g), incrementando a produção em 98,60% (Figura 10A).

No segundo corte das gramíneas, as doses de cinza vegetal que conduziram às maiores produções de massa seca de folhas (capim-marandu com 34,45 e capim-xaraés 43,60 g $vaso^{-1}$) foram 13,17 e 14,46 g dm^{-3}, proporcionando incrementos nas produções na ordem de 98,59 e 93,51%, (Figura 10B).

No último corte as máximas produções na massa seca de folhas não foram atingidas, pois houve resposta linear dessa variável, que foram proporcionais ao aumento das doses de cinza vegetal. Dessa maneira, ao comparar o tratamento sem adição de cinza vegetal com a dose de cinza vegetal de 15 g dm^{-3}, incrementos na massa seca de folhas na ordem de 88,78 e 95,30% foram obtidos, respectivamente, para os capins Marandu e Xaraés (Figura 10C).

Diante dos resultados de produção em massa seca de folhas dos capins Marandu e Xaraés, verificou-se que a cinza vegetal exerceu efeito positivo na *Brachiaria brizantha,* aumentando sua produção. Assim, esses resultados demonstraram a importância desse resíduo na produção de massa seca de folhas para essas forrageiras.

Os capins Marandu e Xaraés apresentaram maiores quantidades de massa seca de folhas nos três períodos de avaliação, sendo essa uma característica desejável, visto que, o acúmulo de folhas é benéfico para a forrageira e para o animal, pois constituem a porção mais nutritiva da planta e mais facilmente colhida pelos animais em pastejo (GOMIDE, 1996).

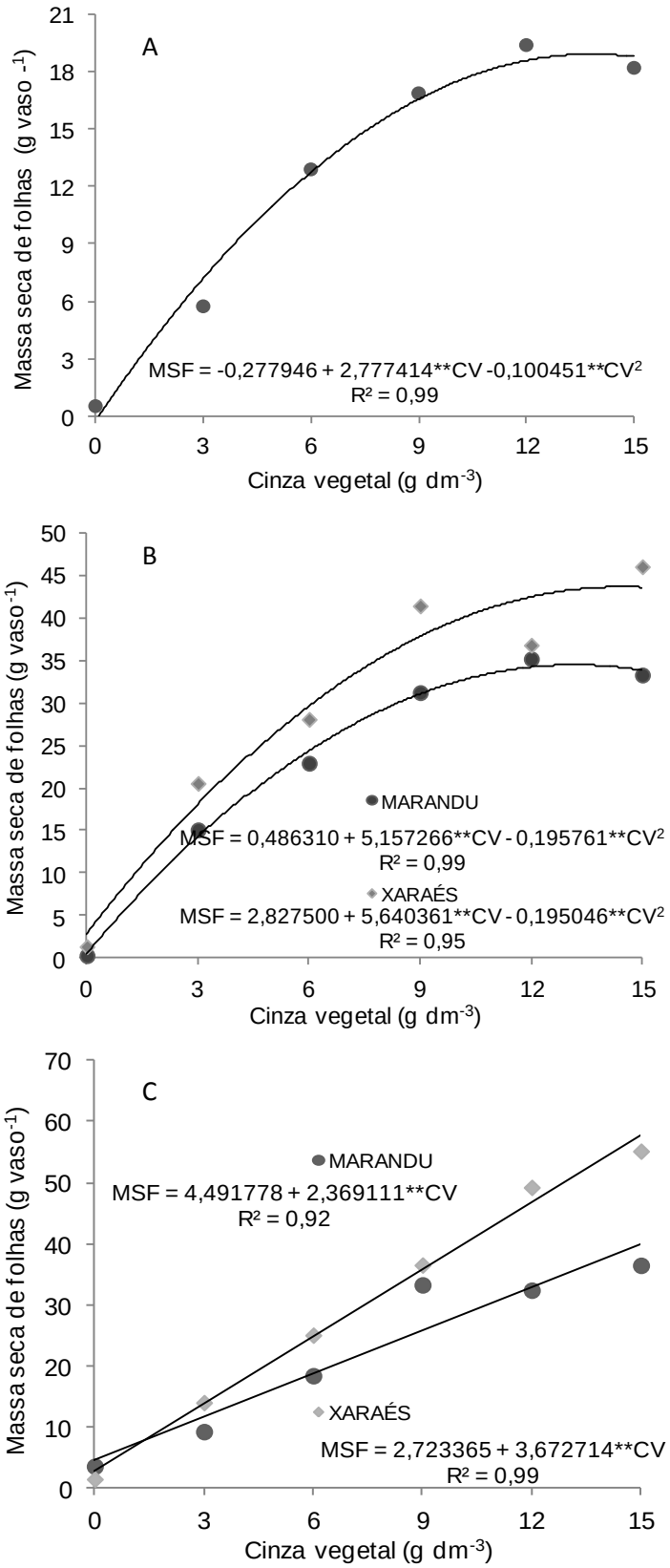

FIGURA 10 Produção de massa seca de folhas dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.MSF = massa seca de folhas. CV= cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

4.1.5 Massa seca de colmos

Houve diferença significativa com efeito de interação e isolados entre forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a produção de colmos. No primeiro corte, a produção de massa seca de colmos apresentou efeito isolado entre os fatores. Assim, o capim-marandu sobressaiu em produção, quando comparado ao capim-xaraés (Tabela 9).

TABELA 9. Massa seca de colmos dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro corte.

	Marandu	Xaraés
Massa seca de colmos	Primeiro corte	
(g vaso $^{-1}$)	7,55 a	6,55 b
CV(%)	12,38	

Médias seguidas da mesma letra em linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV% = coeficiente de variação.

No segundo corte houve efeito isolado entre os fatores. Porém para gramíneas forrageiras não houve diferença significativa. As médias observadas de produção em massa seca de colmos aumentaram significativamente do primeiro (Tabela 9) para o segundo corte (17,43 e 18,47 respectivamente para os capins Marandu e Xaraés), extinguindo assim a variação entre as médias dos capins nesse corte.

De acordo com Gomide (1996), à medida que a gramínea cresce, há aumento de sua massa por meio do acúmulo de folhas e colmos, fato observado no presente estudo (Tabelas de 8 a 10).

A produção de massa de colmos no terceiro corte foi influenciada pela adubação com cinza vegetal e cultivares. Dessa forma, no terceiro corte o capim-xaraés foi superior ao capim-marandu em relação à produção de massa seca de colmos, nas doses de cinza vegetal 9, 12 e 15 g dm^{-3} (Tabela 10).

TABELA 10. Massa seca de colmos dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.

Forrageiras	Massa seca de colmos (g vaso^{-1}) Terceiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	1,63 b	6,89 b	15,26 b	21,65 b	27,65 b	33,26 b
Xaraés	0,89 b	10,86 b	18,35 b	32,53 a	40,42 a	48,35 a
CV%	20,68					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

Fixando-se as cultivares para estudo das doses, cujo resultado foi ajustado aos modelos de regressão linear e quadrático, no primeiro corte dos capins, observou-se que a dose de cinza vegetal que proporcionou maior produção de massa seca de colmos, para ambas as forrageiras, foi de 14,05 g dm^{-3}, com incrementos na produção de 96,94% (Figura 11A).

No segundo e terceiro cortes os resultados foram ajustados ao modelo de regressão linear. Sendo que no segundo corte, foi verificado incremento na produção de massa seca de colmos de 91,35% (Figura 11B). No terceiro corte os incrementos obtidos na produção foram de 95,52 e 98,10%, respectivamente, para os capins Marandu e Xaraés, quando comparado o tratamento sem cinza vegetal com a dose máxima do intervalo experimental (Figura 11C).

A produção de massa seca de colmos no segundo e terceiro cortes apresentou crescimento linear de acordo com o aumento das doses de cinza vegetal, exceto no primeiro corte, onde houve redução na produção de massa seca de colmos a partir da dose de cinza vegetal 14,05 g dm^{-3}.

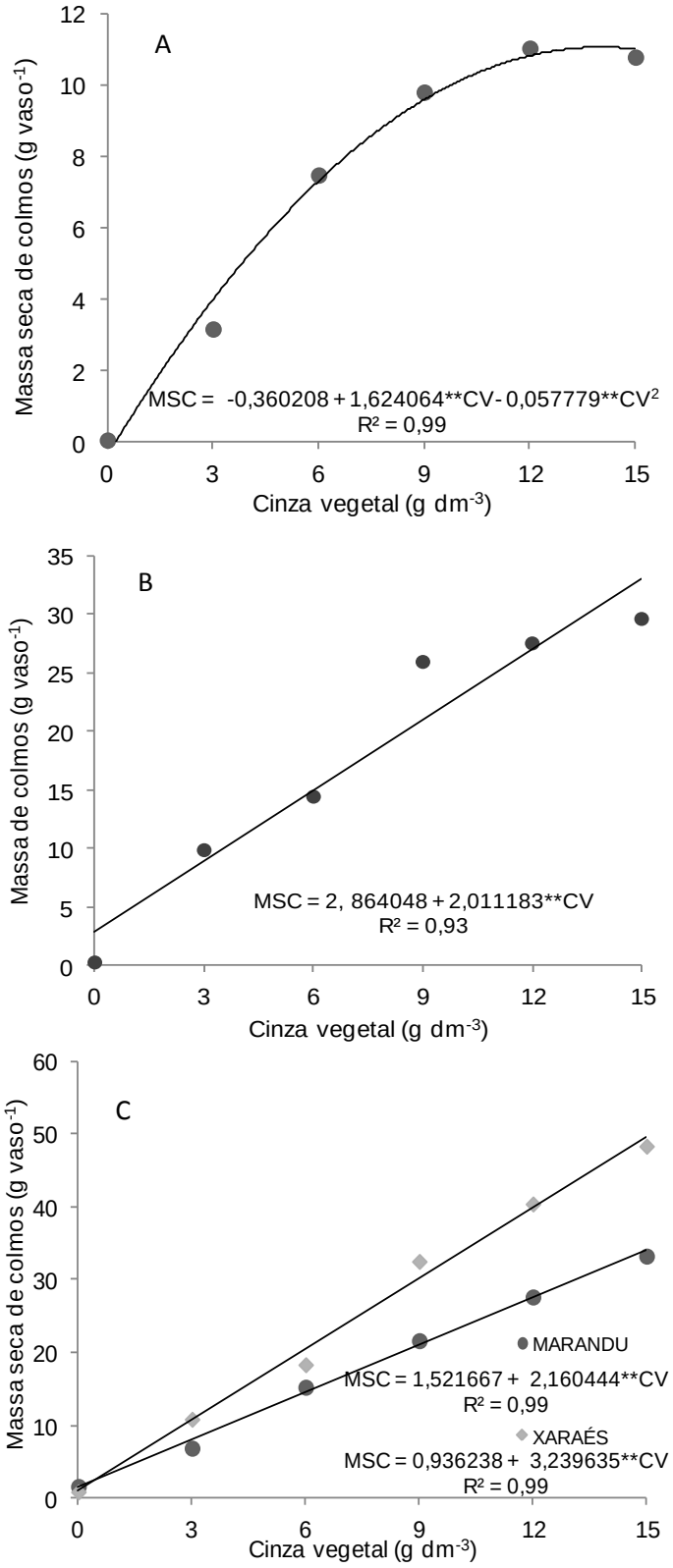

FIGURA 11 Produção de massa seca de colmos dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.

MSC= massa seca de colmos. CV = cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

4.1.6 Massa seca da parte aérea

Para a produção da parte aérea das gramíneas, houve significância com efeito de interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal e isolado entre ambas. Para os capins no primeiro corte não houve interação entre os fatores, porém, produções de massa seca da parte aérea foram observadas para o capim-marandu de 1,73 g vaso^{-1} a mais que o capim-xaraés (Tabela 11).

TABELA 11. Massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro corte.

	Marandu	Xaraés
Massa seca parte aérea (g vaso $^{-1}$)	Primeiro corte	
	20,16 a	18,43 b
CV(%)	10,63	

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = coeficiente de variação.

Houve significância com efeito de interação entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal sobre massa seca da parte aérea dos capins no segundo e terceiro cortes. Variações entre os capins foram observadas nas doses 3, 6, 9 e 15; e 6, 9, 12 e 15 g dm^{-3}, no primeiro e segundo cortes, respectivamente (Tabela 12).

TABELA 12. Massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no segundo e terceiro cortes.

Forrageiras	Massa seca da parte aérea (g vaso^{-1}) Segundo corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	0,39 b	23,64 b	35,76 b	56,41 b	63,18 b	63,24 b
Xaraés	1,92 b	31,74 a	44,05 a	68,10 a	63,85 b	75,28 a
CV%	12,52					
	Terceiro corte					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	5,24 b	16,17 b	33,68 b	54,96 b	60,09 b	68,09 b
Xaraés	2,39 b	24,89 b	43,42 a	69,08 a	89,68 a	103,54 a
CV%	17,09					

Médias seguidas de mesma letra em coluna não diferem entre si em pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. CV% = coeficiente de variação.

Os resultados de produção para massa seca da parte aérea no primeiro corte foram ajustados aos modelos de regressão linear e quadrático. A produção de massa seca da parte aérea (29,93 g) atingiu o ponto de máxima na dose de cinza vegetal de 13,90 g dm^{-3}, com incremento de 97,98%, quando comparado a dose que proporcionou a máxima produção de massa seca da parte aérea com a ausência de adubação (Figura 12A).

No segundo corte, foram realizados ajustes ao modelo de regressão quadrático, as maiores produções foram observadas nas doses de cinza vegetal de 15 e 14,89 g dm^{-3}. Essas doses proporcionaram incrementos na produção de massa seca da parte aérea na ordem de 99,80 e 95,51%, respectivamente, para os capins Marandu e Xaraés (Figura 12B).

Aumentos lineares na produção de massa seca da parte aérea dos capins Marandu (64,70 g) e Xaraés (72,88 g) foram observados, de acordo com a elevação das doses de cinza vegetal, incrementando a produção em 91,34 e 96,59%, respectivamente (Figura 12C).

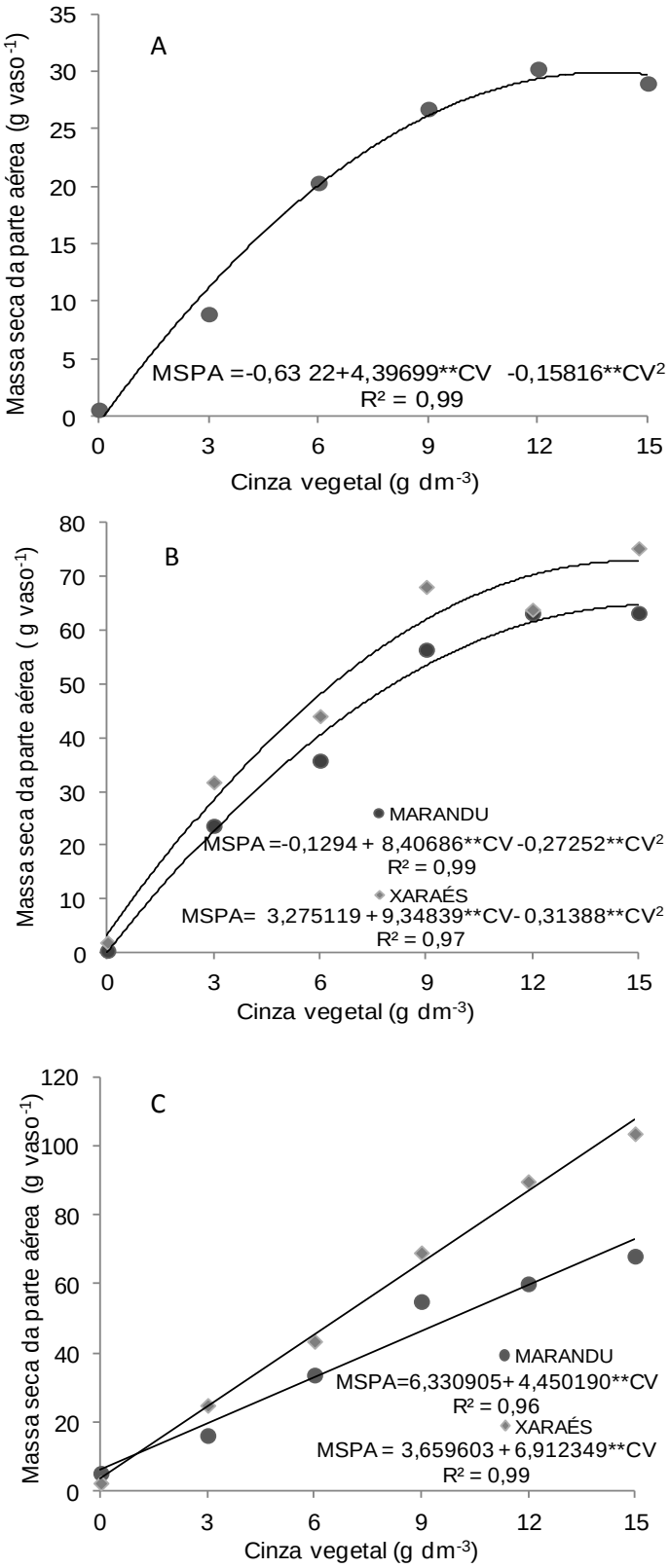

FIGURA 12 Produção de massa seca da parte aérea de *Brachiaria brizantha* no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes, em função das doses de cinza vegetal.

MSPA = massa seca da parte aérea. CV = cinza vegetal.** significativo a 1% de probabilidade.

No presente estudo, foi observado que as máximas produções de massa seca da parte aérea dos capins avaliados ocorreram no segundo corte. Desse modo, considerando o primeiro e segundo cortes, as doses de cinza vegetal que proporcionaram esses resultados, estão entre 13 e 15 g dm^{-3}. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram obtidos por Bonfim-Silva e Monteiro (2006) ao estudarem o capim-braquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre. Esses autores obtiveram resposta quadrática para massa seca da parte aérea, por ocasião do primeiro, segundo e terceiro cortes.

Incrementos significativos na produção de massa por meio da adubação com cinza vegetal foram obtidos por Patterson et al. (2004), ao estudarem o efeito desse resíduo na cultura de cevada. Esses estudos corroboram com os resultados do presente estudo, evidenciando que a cinza vegetal exerceu efeito positivo sobre a produção dessas culturas.

4.1.7 Massa seca de raiz

A análise de variância revelou significância entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal com efeito de interação entre ambas, sobre a produção de massa seca de raiz. No estudo das forrageiras dentre as doses de cinza vegetal, foi observado que o capim-marandu produziu massa seca de raiz em quantidades superiores ao capim-xaraés. Dessa maneira, as gramíneas apresentaram variações nas suas produções de massa seca de raiz nas doses de cinza vegetal 0, 9, 12 e 15 g dm^{-3} (Tabela 13).

No estudo das doses de cinza vegetal sobre produção de massa seca de raiz os resultados foram ajustados ao modelo de regressão linear, com incremento na produção de 93,37 e 85,27%, respectivamente, para os capins Marandu e Xaraés (Figura 13).

TABELA 13. Massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.

Forrageiras	Massa seca de raiz (g vaso^{-1}) Terceiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	10,16 a	10,80 b	17,13 b	43,09 a	56,76 a	57,07 a
Xaraés	1,62 b	17,83 b	23,75 b	33,17 b	32,10 b	42,91 b
CV%	21,53					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

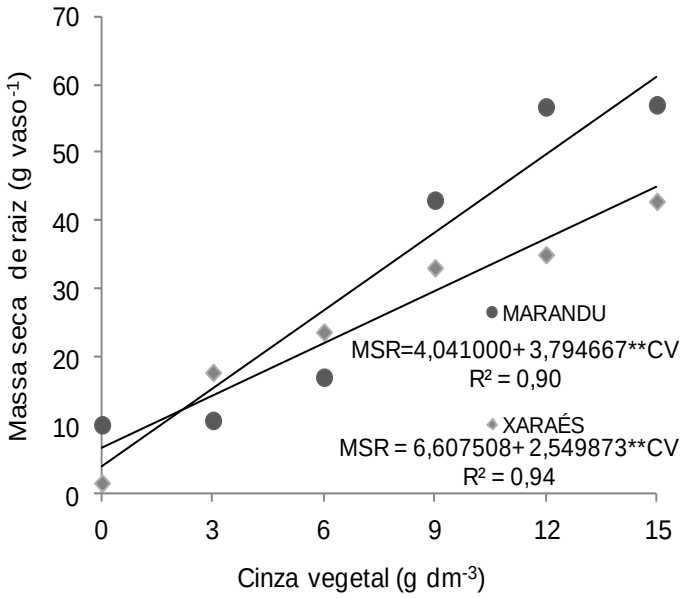

FIGURA 13 Produção de massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal.
MSR = massa seca de raiz. CV = cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

A produção de massa da parte aérea das plantas possui dependência intrínseca com o sistema radicular, sendo essencial que esse seja bem desenvolvido, pois de acordo com Ennos (1985), duas das principais funções das raízes das plantas são a absorção de nutriente e água do solo e o suporte mecânico da planta.

De acordo com a curva de resposta da produção de massa seca de raiz (Figura 13), observa-se que há aumento linear na produção de acordo com as doses de cinza. A influência da adubação com cinza na produção de raiz dos capins pode estar associada ao efeito residual da cinza vegetal que

possivelmente melhorou as condições de absorção de nutrientes pelas raízes das plantas, indicando que a cinza vegetal influenciou positivamente na produção de raízes dos capins Marandu e Xaraés.

4.1.8 Relação folha/colmo

Para relação folha/colmo das cultivares de *Brachiaria brizantha,* houve significância com efeito de interação entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal no primeiro e segundo cortes e efeito isolado entre ambas no terceiro corte. No primeiro corte as gramíneas forrageiras não apresentaram diferenças significativas na relação folha/colmo (cv.marandu 1,75 e xaraés 1,76). Entretanto, no segundo e terceiro cortes, os capins Marandu e Xaraés revelaram diferenças significativas dentro de cada dose de cinza vegetal, com destaque para o capim-marandu, na dose 0 g dm^{-3} no segundo corte, e nas doses de cinza vegetal 0 e 9 g dm^{-3}, no terceiro corte (Tabela 14).

TABELA 14. Relação folha/colmo dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no segundo e terceiro cortes.

Forrageiras	Relação folha/colmo Segundo corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	3,09 a	1,49 b	1,43 b	1,23 b	1,33 b	1,27 b
Xaraés	1,78 b	1,53 b	1,50 b	1,43 b	1,36 b	1,43 b
CV%	23,63					
	Terceiro corte					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	2,30 a	1,28 b	1,21 b	1,57 a	1,25 b	1,16 b
Xaraés	1,68 b	1,29 b	1,42 b	1,13 b	1,22 b	1,15 b
CV%	21,31					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

Fixando-se cultivares para estudo das doses de cinza vegetal, houve ajuste dos resultados da relação folha/colmo ao modelo de regressão quadrático para os três cortes, exceto para o capim-xaraés no terceiro corte, cujo resultado foi descrito pelo modelo de regressão linear. Assim, no

primeiro corte foi observada a mínima relação folha/colmo na dose de cinza vegetal 9,96 g dm^{-3} (Figura 14A).

No segundo corte a relação folha/colmo do capim-xaraés não foi significativo. Contudo, para o capim-marandu, a dose de cinza vegetal que proporcionou a menor relação folha/colmo foi 10,48 g dm^{-3} (Figura 14B).

O ponto de mínima relação folha/colmo do capim-marandu no terceiro corte, foi proporcionada pela dose de cinza vegetal de 11,08 g dm^{-3}. Para o capim-xaraés, o ajuste dos resultados da relação folha colmo foi descrito por modelo de regressão linear, registrando no terceiro corte dos capins, um decréscimo de 40,90% na relação folha/ colmo (Figura 14C).

No presente estudo, foi observada nos três cortes das gramíneas forrageiras, que a testemunha (sem aplicação de cinza vegetal) apresentou elevada relação folha/colmo quando comparado aos demais tratamentos (com aplicação de cinza vegetal).

A elevada relação/folha colmo da testemunha (cinza vegetal 0 g dm^{-3}) expressa em alta produção de massa, possivelmente pode estar relacionada ao desbalanço nutricional ocorrido no solo pela concentração de nitrogênio. Pois, os tratamentos que receberam a aplicação de cinza vegetal, continham nutrientes provenientes desse resíduo, que incorporado ao solo proporcionou um aparente equilíbrio entre os nutrientes deste ultimo, disponibilizando-os assim, posteriormente às plantas.

A relação folha/colmo é considerada uma das características estruturais de suma importância, sendo essas relações em conjunto com a altura do dossel são consideradas características influenciadas pelo manejo, e que por sua vez determinam a eficiência de uso da forragem (DA SILVA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2007).

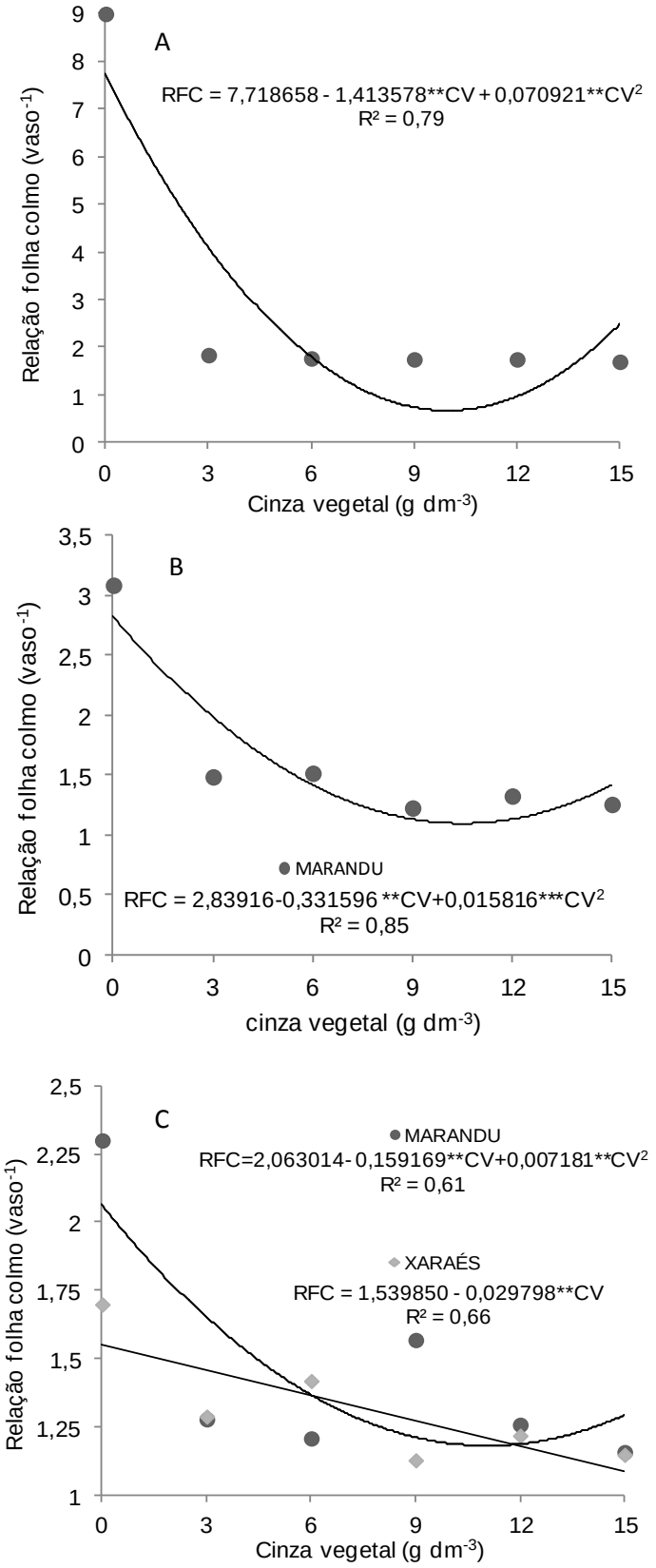

FIGURA 14 Relação folha/colmo dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.

RFC = relação folha colmo. CV = cinza vegetal. **significativo a 1% de probabilidade.

No primeiro corte dos capins, foi observado que a relação folha/colmo (0,67) encontra-se abaixo da relação mínima considerada crítica, que segundo Pinto et al. (1994) é igual a 1. Portanto, no segundo e terceiro cortes, a relação folha/colmo dos capins são superiores a 1, sendo essa relação de 1,25 no segundo corte para ambas as forrageiras e 1,18 para o capim-marandu no terceiro corte.

Os resultados de relação folha/colmo dos capins Marandu e Xaráes no segundo e terceiro cortes, do ponto de vista do manejo de plantas forrageiras, indica benefícios, visto que, a relação folha/colmo constitui importante característica na avaliação de qualidade de forragens, tendo em vista o predomínio de folhas que é o componente forrageiro de melhor qualidade.

4.1.9 Relação massa seca da parte aérea e raiz

Os resultados de relação da parte aérea e raiz foram significativos, com efeito de interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal. Os capins Marandu e Xaraés diferenciaram entre si, em relação à parte aérea e raiz nas doses de cinza vegetal 0, 3, 6 e 12 g dm^{-3}, sendo que o capim-marandu demonstrou melhor relação entre as massas nas doses 3 e 6 (Tabela 15).

TABELA 15. Relação massa seca da parte aérea e raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro cortes.

Forrageiras	Relação massa seca da parte aérea e raiz Terceiro corte					
	Cinza vegetal (g kg^{-1})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	0,07 b	1,03 a	1,27 a	0,65 b	0,55 b	0,56 b
Xaraés	0,32 a	0,42 b	0,85 b	0,82 b	0,90 a	0,65 b
CV%	28,77					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, em pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

Contudo, isso indica que as forrageiras sofreram influências distintas, quando submetidas à adubação com cinza vegetal, na relação entre massa

seca parte da parte aérea e raiz. Isso possivelmente está relacionado à contribuição desse resíduo para o potencial produtivo nas relações entre massas dos capins Marandu e Xaraés.

Fixando-se doses de cinza para estudo das cultivares, o capim-marandu demonstrou maior relação da parte aérea e raiz (1,64) na dose de cinza vegetal de 7,97 g dm^{-3}, com incremento de 53,30% (Figura 15). O resultado da relação parte aérea e raiz do capim-xaraés foi ajustado ao modelo de regressão linear. Assim, observou-se incremento na produção de massa de raiz desse capim de 47,58%, comparando o tratamento sem cinza vegetal com a dose máxima de 15 g dm^{-3}, sendo que nessa dose (15 g dm^{-3}) verificou-se relação de 2,66 entre parte aérea da cultivar Xaraés (Figura 15).

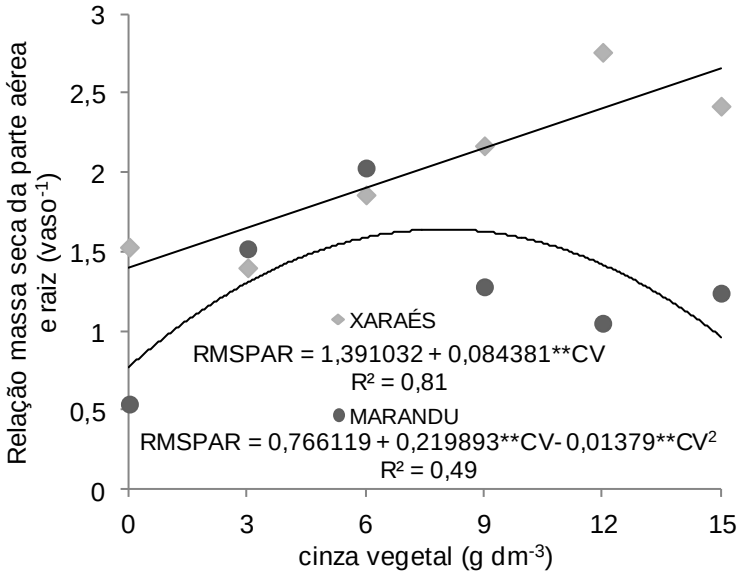

FIGURA 15 Relação massa seca da parte aérea e massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
RMSPA = relação massa seca da parte aérea e massa seca de raiz. CV = cinza vegetal. **significativo a 1% de probabilidade.

Dessa forma, torna-se importante o desenvolvimento adequado do sistema radicular, pois esse sofre as influências resultantes das interações solo-planta e atmosfera, que refletirá na parte aérea, seja no desenvolvimento, seja na produção. Essas informações são corroboradas por Pedreira et al. (2004) ao constatar que as raízes são as primeiras partes

da planta a sofrerem os efeitos de um manejo inadequado, pois entre os vários fatores que afetam o crescimento radicular, a fertilidade do solo e o manejo inadequado estão entre os principais.

De acordo com os resultados da relação de massas dos capins Marandu e Xaraés, verificou-se também, que a produção de raízes não afetou a produção de massa seca da parte aérea, visto que, segundo Youngner (1972), o nível de reservas é um reflexo do balanço energético da planta e ocorre acúmulo quando a disponibilidade supera a quantidade utilizada no crescimento e respiração.

É importante observar que a relação parte aérea e raiz, também pode auxiliar no entendimento de como os fatores químicos e do meio ambiente afetam e modificam o crescimento da planta. Esta relação é influenciada por espécie vegetal, idade, estádio de desenvolvimento morfológico e pelo meio em que a planta está se desenvolvendo (AUNG, 1974).

Mesquita et al. (2004), ao estudar os teores críticos de fósforo em três solos para o estabelecimento dos capins Mombaça, Marandu e Andropogon em vasos, observaram que em LATOSSOLO Vermelho distrófico (na dose 0 g dm^{-3} de P) a relação massa seca parte aérea e raiz desses capins respectivamente foram 1,66; 1,66 e 1,70; aumentando a relação de acordo com a adubação.

4.2 Eficiência no uso da cinza vegetal

4.2.1 Eficiência no uso de cinza vegetal na produção de massa seca da parte aérea

Para os resultados de eficiência no uso de cinza vegetal para a produção de massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, houve significância com efeito isolado entre forrageiras e doses de cinza vegetal. O capim-xaraés mostrou-se mais eficiente na produção de massa seca da parte aérea em função das doses de cinza vegetal, pois produziu 24,51% a mais que o capim-marandu (Tabela 16).

TABELA 16. Eficiência no uso da cinza vegetal na massa seca da parte aérea acumulada em três cortes.

Eficiência no uso da cinza vegetal (g MS g cinza)	Marandu	Xaraés
	13,34 b	16,61 a
CV%	13,64	

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade CV% = Coeficiente de variação.

Em geral, a eficiência pode expressar a relação entre produção obtida e nutrientes aplicados (FAGERIA, 1998). Diante dessa referência é importante ressaltar que a cinza vegetal possui em sua constituição macro e micronutrientes necessários às plantas, e que, de acordo com sua origem, podem estar presente em maiores ou menores concentrações (VAMVUKA; ZÓGRAFOS, 2004).

Valle et al. (2000) referencia que o capim-xaraés apresenta potencial genético para bom crescimento e alta produção de massa seca. Desse modo, as referências desses autores foram confirmadas no presente estudo.

Para o estudo das doses, o resultado de eficiência no uso da cinza vegetal foi ajustado ao modelo de regressão linear decrescente. Essa resposta revela que aumentos da doses de cinza vegetal na adubação diminui a eficiência de sua utilização (Figura 16).

Para a somatória de massa seca da parte aérea dos três cortes, houve interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal. No desdobramento das gramíneas forrageiras dentro de cada dose de cinza vegetal, o capim-xaraés foi detentor das maiores médias para a produção da parte aérea nas doses 9, 12 e 15 g dm^{-3} (Tabela 17).

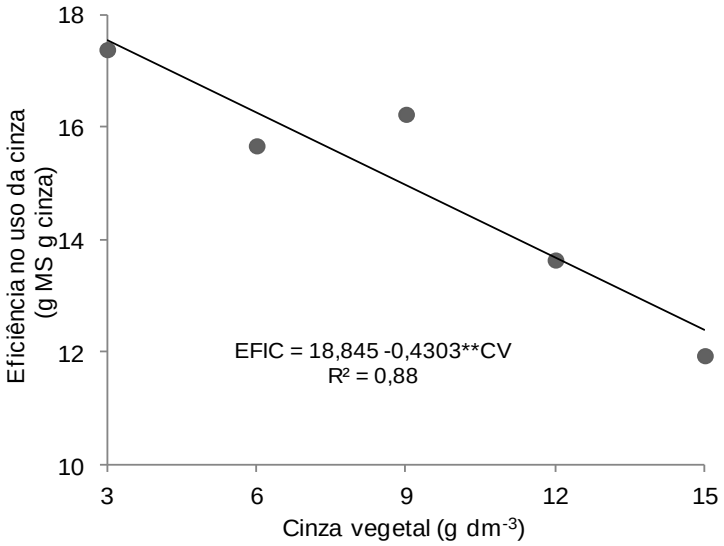

FIGURA 16. Eficiência no uso de cinza vegetal na produção de massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, acumulada em três cortes, em função das doses de cinza vegetal.
EFIC = eficiência no uso da cinza vegetal. CV = cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

TABELA 17. Massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés acumulada em três cortes em função das doses de cinza vegetal.

Forrageiras	Massa seca da parte aérea (g vaso^{-1}) Três cortes (Σ)					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	5,43 a	50,04 a	90,28 a	138,92 b	154,36 b	161,89 b
Xaraés	4,38 a	63,94 a	101,32 a	164,49 a	185,01 a	206,19 a
CV%			12,49			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação. Σ= Somatória.

Fixando as cultivares para estudos das doses, os resultados de produção de massa seca da parte aérea foram ajustados ao modelo de regressão linear. Assim, foram verificados incrementos na produção de massa seca da parte aérea de 89,85 e 91,78%, respectivamente, para os capins Marandu e Xaraés, quando comparado o tratamento sem cinza vegetal com o tratamento que recebeu a maior dose de cinza vegetal de 15 g dm^{-3} (Figura 17).

De acordo com os resultados da análise de variância, houve aumento linear na produção de massa seca da parte aérea para ambas as

forrageiras, demonstrando que o manejo adotado para as quantidades de nutrientes fornecidos por meio da cinza vegetal foram favoráveis ao desenvolvimento e produção desses capins.

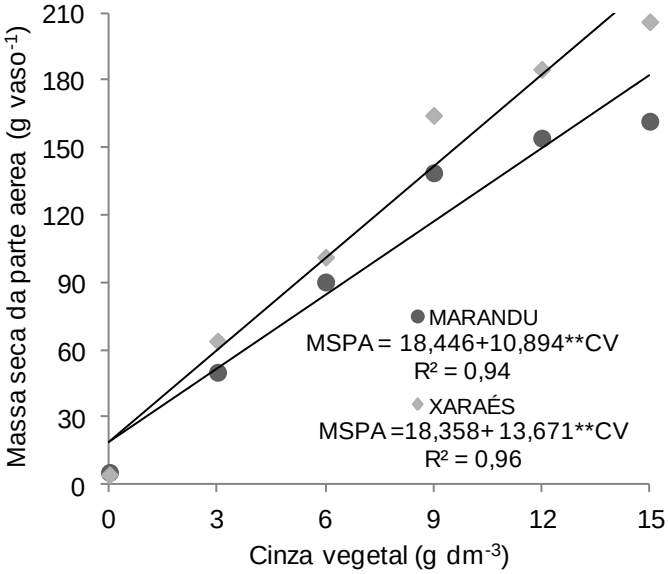

FIGURA 17. Produção de massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, acumulada em três cortes, em função das doses de cinza vegetal. MSPA = massa seca da parte aérea. CV= cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

Aumentos na produção de massa seca da parte aérea também foram verificados por Bonfim-Silva et al. (2011b) ao estudarem o efeito de cinza vegetal (com as mesmas doses do presente estudo) em condições controladas em *Crotalaria juncea* no LATOSSOLO Vermelho distrófico. Esses autores observaram resposta quadrática para a produção da parte aérea, com produção máxima na dose de cinza vegetal de 14,02 g dm^{-3}.

4.2.2 pH do solo

Para o pH do solo, houve significância com efeito isolado entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal. As gramíneas forrageiras no primeiro e segundo cortes, não apresentaram diferenças significativas (capim-marandu 5,79; 4,58 e Xaraés 5,76 e 4,56; respectivamente). No terceiro corte houve diferença significativa. O capim-xaraés apresentou

média superior de pH do solo (4,46), quando comparado ao capim-marandu (4,17).

Para os resultados de pH com regressão polinomial, houve ajuste dos resultados ao modelo de regressão linear no primeiro e segundo cortes. No terceiro corte não houve significância para doses de cinza. No primeiro corte observou-se elevação de 5,28 para 6,26 unidades de pH, e no segundo corte de 4,36 para 4,78 unidades de pH (Figura 18A e B).

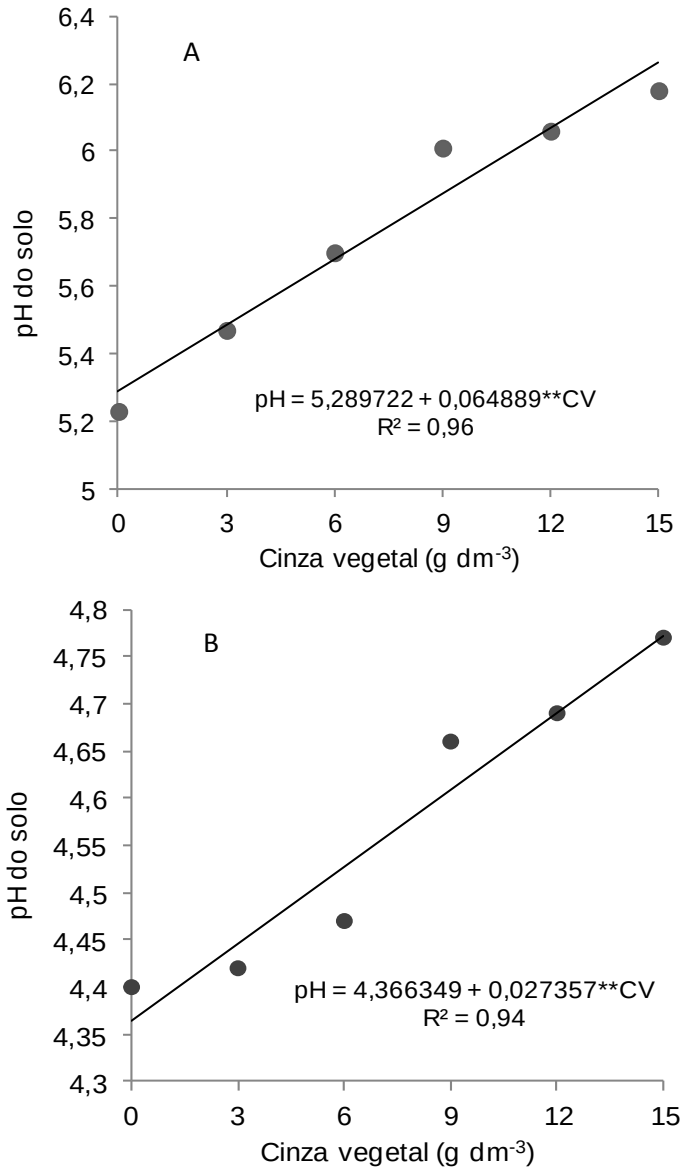

FIGURA 18 pH do solo, no primeiro (A) e segundo (B) cortes dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal.
pH = pH do solo. CV = cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

Considerando o primeiro e segundo cortes, as amplitudes de variação entre a mínima e máxima unidades de pH foram de 4,36 até 6,26; comparando a dose sem adubação com cinza vegetal com a dose máxima do intervalo experimental. Isso demonstrou que as doses de cinza vegetal alteraram significativamente o pH do solo, proporcionando o seu respectivo aumento com o acréscimo das somas das bases. Sendo essas detentoras de maiores concentrações de carbonatos de cálcio e potássio (LOUÉ, 1978) o que torna a cinza vegetal com alto poder neutralizante. Dessa maneira, verificou-se que a elevação das unidades de pH ocorreram de acordo com o aumento das doses de cinza vegetal.

A elevação do pH do solo, proporcional às doses de cinza vegetal, ocorreram principalmente pela reação da cinza no solo, durante o período de incubação, onde os carbonatos presentes nesse resíduo contribuíram para o aumento do pH, sendo essa observação corroborada com Ferreira et al. (2012).

De acordo com Fageria et al. (1990), é difícil definir o pH ótimo, devido a dinâmica do sistema solo-planta, mas a maioria das culturas apresentam adequada produção em solos com pH em torno de 6,0. Desse modo, a faixa do pH do solo no primeiro corte no presente estudo, atende a faixa considerada ótima para a maioria das culturas.

Para as gramíneas forrageiras, de modo geral o pH do solo ideal seria de 5,0 a 6,5; correspondendo a saturação por base de 40 a 70% (RAIJ, 1983). Porém, para solos do Cerrado há necessidade de manter o pH do solo acima de 5,5, devido a saturação do solo por alumínio ocorrer preferencialmente em saturação menor que 40% (RAIJ et al., 1996).

No segundo corte, os valores de pH foram menores do que no primeiro corte, devido, possivelmente, a interação entre solo e forrageira, onde a troca de íons entre a forrageira e o solo propiciou a acidificação do mesmo. Entre as características químicas da cinza vegetal, duas que merecem destaque são sua alta alcalinidade (LOUÉ, 1978) e o seu valor

neutralizante, o que lhe confere propriedades de neutralização e correção do pH do solo.

4.3 Características nutricionais dos capins Marandu e Xaraés

4.3.1 Índice SPAD

Para índice SPAD, a análise de variância mostrou significância, com efeito de interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal somente no primeiro corte, sendo que o capim-xaraés demonstrou maiores índices SPAD nas doses de cinza vegetal de 0 e 12 g dm^{-3}. Para o capim-marandu o melhor resultado foi obtido na dose de 3 g dm^{-3}, não apresentando assim, variações nas demais doses (Tabela 18).

TABELA 18. Índice SPAD dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro corte.

Forrageiras	Ïndice SPAD Primeiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	15,23 b	43,52 a	49,06 a	49,83 a	50,36 b	51,48 a
Xaraés	20,82 a	39,58 b	49,73 a	51,98 a	54,88 a	52,30 a
CV%	6,73					

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade.CV% = Coeficiente de variação.

No segundo e terceiro cortes dos capins, para as gramíneas forrageiras, não houve significância. Contudo, as médias observadas nesses cortes (capim-marandu 48,16; 48,38 e Xaraés 47,54 e 47,01; no primeiro e segundo cortes, respectivamente) aproximaram-se das médias (>50) obtidas para índice SPAD em *Brachiaria brizantha,* referenciados por Santos Júnior (2001); Lavres Júnior e Monteiro (2006).

Nos três cortes os resultados de índice SPAD dos capins Marandu e Xaraés ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático, alcançando seus pontos máximos em índice SPAD. No primeiro corte houve interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal, onde as maiores índices SPAD (53,57 e 56,28) foram proporcionados pelas doses de cinza vegetal de 10,77 e

10,92 g dm^{-3} com incrementos de 55,03 e 68,86%, respectivamente, para os capins Marandu e Xaraés (Figura 19A).

No segundo corte houve efeito isolado entre os fatores. A dose de cinza vegetal de 9,44 g dm^{-3} proporcionou o maior índice SPAD (52,39) nos capins, assim, foi observado incremento no índice de 25,46% (Figura 19B).

No terceiro corte, a dose de cinza vegetal responsável pelo maior índice SPAD (49,13), para ambas as forrageiras, foi de 9,65 g dm^{-3}, com incremento de 9,37% (Figura 19C).

Lavres Júnior e Monteiro (2006), estudando a diagnose nutricional de nitrogênio no capim Aruana, em condições controladas, observou, no primeiro crescimento do capim, resposta quadrática dos índices SPAD, com ponto máximo de 52,6 unidades SPAD.

Santos Júnior (2001), estudando o capim-marandu em solução nutritiva e em diferentes idades de crescimento em condições controladas, observou resposta quadrática do índice SPAD (54,03) aos 35 dias de crescimento, na dose de 267 mg L^{-1}.

No presente estudo, os índices SPAD observados para as gramíneas forrageiras, tanto no primeiro quanto no segundo cortes, estão em concordância aos índices SPAD relatados por esses autores, nos capins Aruana e Marandu.

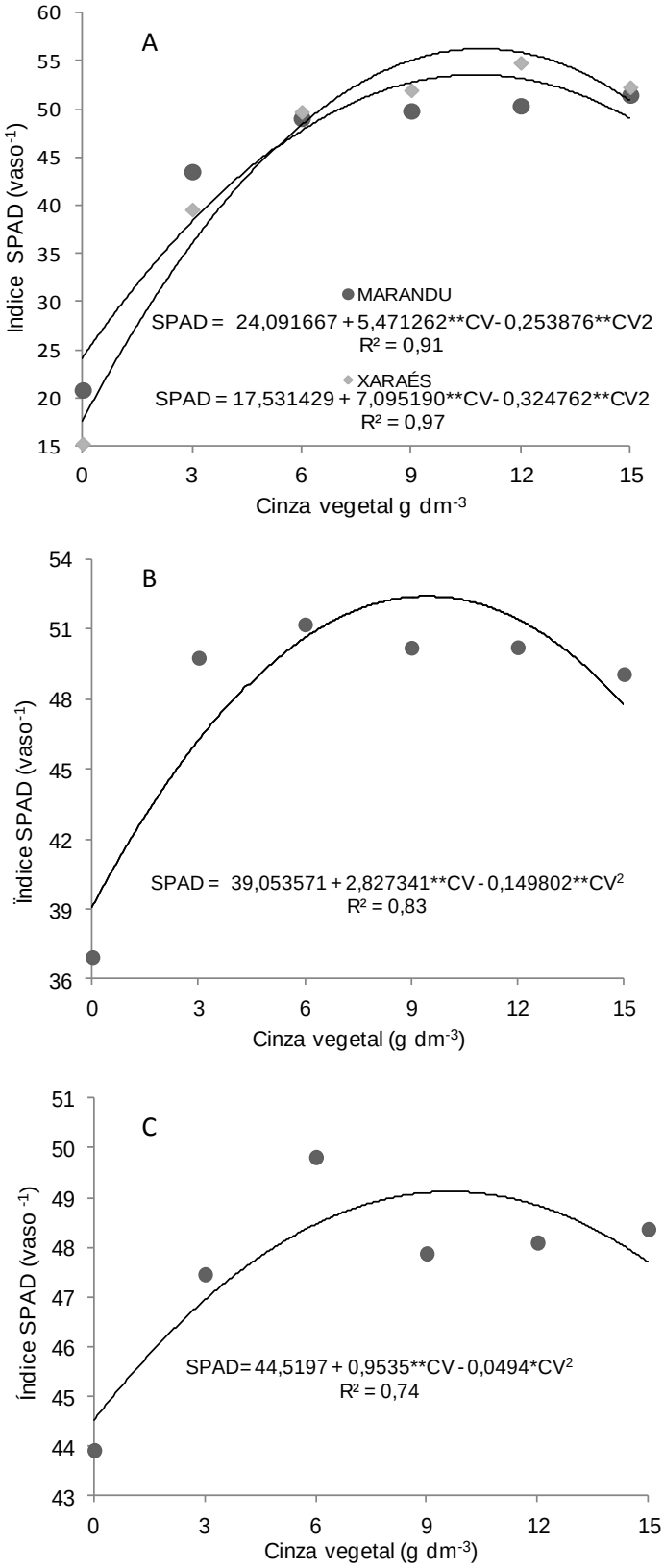

FIGURA 19. Índice SPAD dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A) e segundo (B) e terceiro (C) cortes.
SPAD = Índice SPAD. CV= cinza vegetal. **, * significativo a 1 e até 5% de probabilidade, respectivamente.

4.4 Concentrações de macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea e raiz dos capins Marandu e Xaraés

4.4.1 Nitrogênio

Houve significância para os três cortes das plantas, com efeito de interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal no primeiro e segundo cortes sobre a concentração de nitrogênio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés. Todavia, no terceiro corte houve efeito isolado entre os fatores, com significância apenas para doses de cinza vegetal.

O capim-xaraés apresentou médias superiores na concentração de nitrogênio em relação às médias do capim-marandu no primeiro corte, com variações nas doses de cinza vegetal de 9, 12 e 15 g dm^{-3}. No segundo corte as diferenças significativas entre esses capins só não ocorreram nas doses 6 e 12 g dm^{-3} (Tabela 19).

TABELA 19. Nitrogênio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses cinza vegetal, no primeiro e segundo cortes.

	Nitrogênio (g kg^{-1})					
	Primeiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	9,63 b	11,37 b	12,06 b	11,54 b	11,36 b	11,03 b
Xaraés	8,17 b	10,69 b	12,25 b	22,20 a	21,57 a	21,32 a
Cv%	15,56					
	Segundo corte					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	26,40 b	23,08 b	22,98 b	22,39 a	19,91 b	21,05 a
Xaraés	31,73 a	27,80 a	19,20 b	17,36 b	18,26 b	17,00 b
CV%	15,60					

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV%= Coeficiente de variação.

Os resultados dos dados de concentração de nitrogênio na parte aérea submetidos à análise de variância foram ajustados ao modelo de regressão linear para os três cortes das plantas, exceto para a cv. Xaraés no

segundo corte, onde o resultado foi descrito por modelo de regressão quadrático.

No primeiro corte dos capins foram observados incrementos de 65,13% para a cultivar Xaraés; entretanto, para o capim-marandu, os resultados não se ajustaram a nenhum modelo (Figura 20A). A curva de resposta das gramíneas forrageiras no segundo corte revelou decréscimo de 26,31% na concentração de nitrogênio na massa seca da parte aérea do capim-marandu. Contudo, para o capim-xaraés a dose de cinza vegetal de 12,38 g dm^{-3} foi a que proporcionou a menor concentração de nitrogênio da parte aérea. Assim, foi observado decréscimo na concentração de nitrogênio na parte aérea dessa gramínea de 51,79% (Figura 20B).

No terceiro corte os resultados da concentração de nitrogênio na parte aérea dos capins foram ajustados ao modelo de regressão linear. Desse modo, observou-se decréscimo de 65,05% na concentração de nitrogênio (Figura 20C), quando comparado à dose sem cinza vegetal com a dose máxima de15 g dm^{-3} (Figura 20C).

No primeiro corte os resultados de concentração de nitrogênio na massa seca da parte área dos capins, ajustados ao modelo de regressão polinomial, revelou elevação na concentração de nitrogênio do capim-xaraés, de 8,29 para 23,77 g kg^{-1}, conforme ocorreu o aumento das doses de cinza vegetal. Essa elevação evidenciou que os processos fisiológicos e metabólicos que ocorrem nas plantas estiveram em plena atividade.

De acordo com Werner (1986), o nitrogênio é o principal nutriente para manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, sendo essencial na formação das proteínas, cloroplastos e outros compostos que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos constituintes da estrutura vegetal.

Costa et al. (2009), avaliando a concentração de nitrogênio na massa seca da parte aérea do capim-marandu, em função das doses de nitrogênio (até 300 kg ha^{-1}), numa média de três cortes por ano, obtiveram ajuste linear para a concentração de nitrogênio. Assim, esses autores verificaram concentração de nitrogênio, de 18,86 g kg $^{-1}$, na maior dose, no primeiro ano

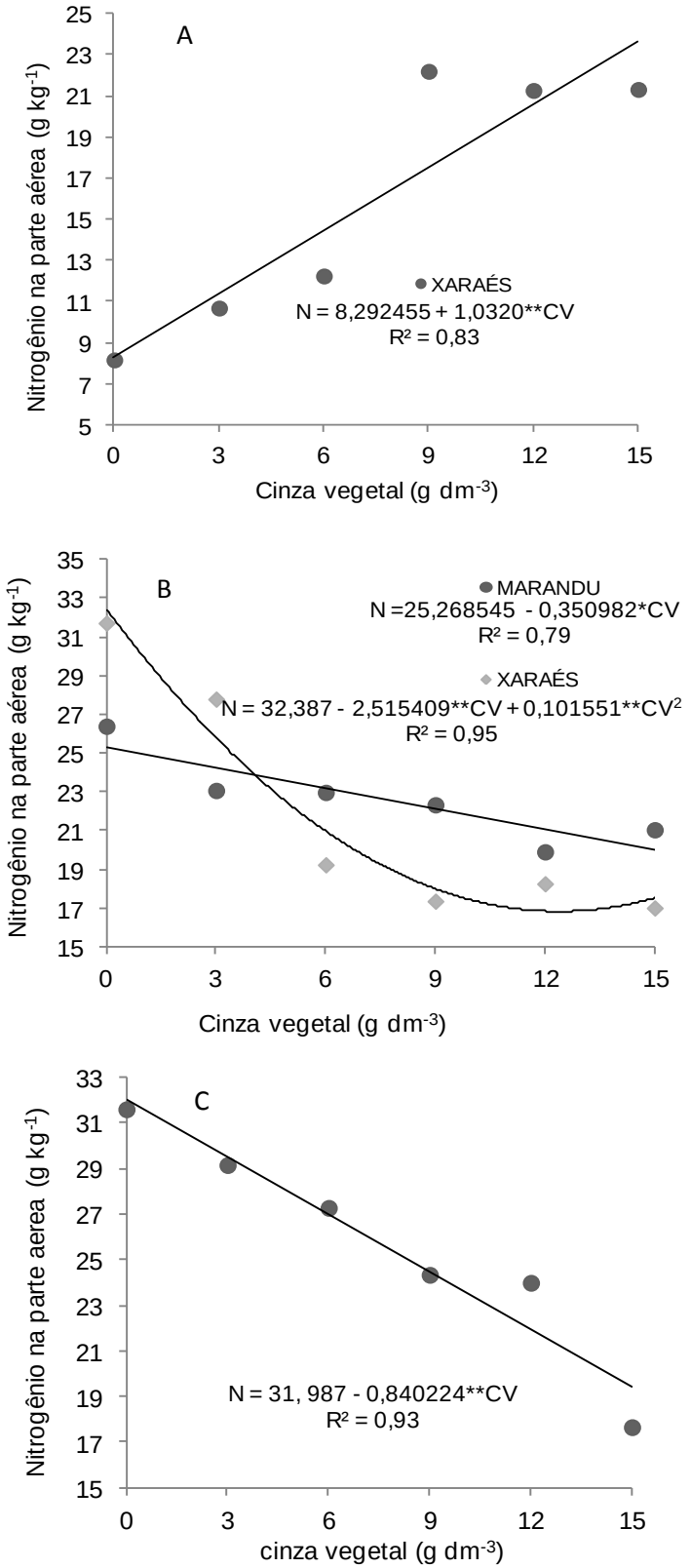

FIGURA 20- Nitrogênio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.

N = nitrogênio. CV = cinza vegetal. **, * significativo a 1 e até 5% de probabilidade, respectivamente.

de avaliação. Oliveira et al. (2005a) e Cesar et al. (2006), constataram concentrações de nitrogênio foliar de 19,50 e 19,80 g kg^{-1}, respectivamente, para os capins Marandu e Xaraés, nas doses de nitrogênio de 210 e 200 kg ha^{-1}.

No segundo corte foi observada redução na concentração de nitrogênio de 25,27 para 20 g kg^{-1}. Da mesma forma, no terceiro corte essa redução foi mais acentuada, de 31,99 para 19,38 g kg^{-1}, para ambas as forrageiras. Tal efeito pode ser justificado, tal que, no segundo e terceiro cortes houve uma diminuição dos nutrientes provenientes da cinza vegetal (uma vez que ela não foi reaplicada). Atribui-se ainda essa redução na concentração de nitrogênio na massa seca da parte aérea dos capins, ao próprio nutriente, por este manter uma dinâmica complexa e diferenciada dos demais nutrientes, podendo ser reduzida ou limitada à assimilação do mesmo pelas plantas (MALAVOLTA et al., 2006). Ainda conforme esse autor, alguns nutrientes além de funcionar como ativadores enzimáticos, também podem inibir sistemas enzimáticos, afetando assim, a velocidade de muitas reações no metabolismo vegetal (MALAVOLTA et al., 1997).

Considerando os três cortes das plantas, apesar do decréscimo na concentração de nitrogênio no segundo e terceiro cortes, os valores de concentração de nitrogênio nos três cortes estão de acordo com a faixa proposta por Werner et al. (1996), onde esses valores oscilam entre 13 e 20 g kg^{-1} em folhas de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu.

De acordo com essa faixa, a concentração de nitrogênio na massa seca da parte aérea no primeiro corte, passou a estar adequada somente a partir da dose de cinza vegetal de 6 g dm^{-3}. Dessa forma, o presente estudo atendeu à faixa proposta por Werner et al. (1996), considerada adequada para a cultura, mesmo com a redução na concentração de nitrogênio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés no último corte.

A análise de variância mostrou interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal para a concentração de nitrogênio na massa seca de raiz do capim-marandu. Assim, em relação à diferenciação entre os capins Marandu e Xaraés na concentração de nitrogênio na massa seca de raízes das

plantas, o capim-marandu somente não se diferenciou do capim-xaraés nas doses de cinza vegetal de 12 e 15 g dm^{-3} (Tabela 20).

TABELA 20. Nitrogênio na massa seca de raízes dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte**.**

Forrageiras	Nitrogênio (g kg^{-1}) Terceiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	19,30 a	18,85 a	17,02 a	14,32 a	11,64 b	10,01 b
Xaraés	11,09 b	12,0 b	12,28 b	11,37 b	10,71 b	9,40 b
CV%	17,72					

Médias seguidas de letras na coluna minúsculas diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

Para a concentração de nitrogênio na massa seca de raiz, houve significância, com efeito isolado entre forrageiras e doses de cinza vegetal. Houve ajuste dos resultados ao modelo de regressão linear. Contudo, para o capim-xaraés, os resultados não se ajustaram a nenhum modelo. Decréscimos de 99,70% na concentração de nitrogênio na massa seca de raiz do capim-marandu foram observados, ao se comparar a dose sem aplicação de cinza com a dose máxima de cinza vegetal (Figura 21).

A concentração de nitrogênio na massa seca de raiz do capim-marandu decresceu de 20,24 para 10,13 g kg^{-1}. Esses valores são inferiores aos encontrados por Batista e Monteiro (2006), os quais ao avaliarem a concentração e o acúmulo de nitrogênio no capim-marandu constataram interação entre doses de nitrogênio e enxofre em solução nutritiva. Esses autores verificaram que a concentração de nitrogênio na massa seca de raiz variou de 2,4 a 29,5 g kg^{-1}.

Bonfim-Silva e Monteiro (2010), ao estudarem doses de nitrogênio e enxofre em folhas diagnósticas e em raízes do capim-braquiária, observaram concentração de nitrogênio nas raízes desse capim de 8,42 g kg^{-1}, na maior dose utilizada (400 mg dm^{-3}).

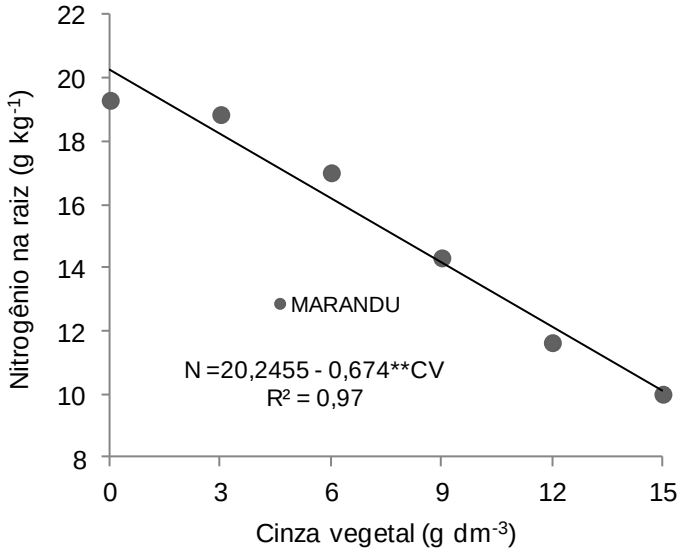

FIGURA 21- Nitrogênio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
N = nitrogênio. CV = cinza vegetal ** significativo a 1% de probabilidade.

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas. Por ser um elemento afetado por uma dinâmica complexa e que não deixa efeito residual direto das adubações, o manejo adequado da adubação nitrogenada é considerado dos mais difíceis (RAIJ, 1991).

O uso de cinza vegetal promoveu alterações significativas na concentração de nitrogênio na massa seca de raiz do capim-marandu, implicando que mais pesquisas devem ser realizadas sobre a influência desse resíduo na nutrição mineral de gramíneas forrageiras.

4.4.2 Fósforo

A análise de variância mostrou significância, com efeito isolado entre forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a concentração de fósforo na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés. Nas cultivares de *Brachiaria brizantha,* a concentração de fósforo na massa seca da parte aérea foi aumentando do primeiro para o terceiro corte em ambas as forrageiras. O capim-marandu revelou médias superiores às médias de concentração de fósforo do capim-xaraés, evidenciando as diferentes habilidades das forrageiras na absorção e assimilação de fósforo (Tabela 21).

TABELA 21. Fósforo na massa seca da parte áerea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro, segundo e terceiro cortes.

	Marandu	Xaraés
Fósforo	Primeiro corte	
(g kg^{-1})	0,40 a	0,26 b
CV%	32,46	
	Segundo corte	
	1,37 a	0,93 b
CV%	33,61	
	Terceiro corte	
	1,92 a	1,27 b
CV%	24,41	

Médias seguidas de letras minúsculas em linha diferem entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. CV% = coeficiente de variação.

No estudo das doses de cinza vegetal os resultados foram ajustados ao modelo de regressão linear. Desse modo, foi observado incremento de 38,78% na concentração de fósforo para ambas as forrageiras (Figura 22).

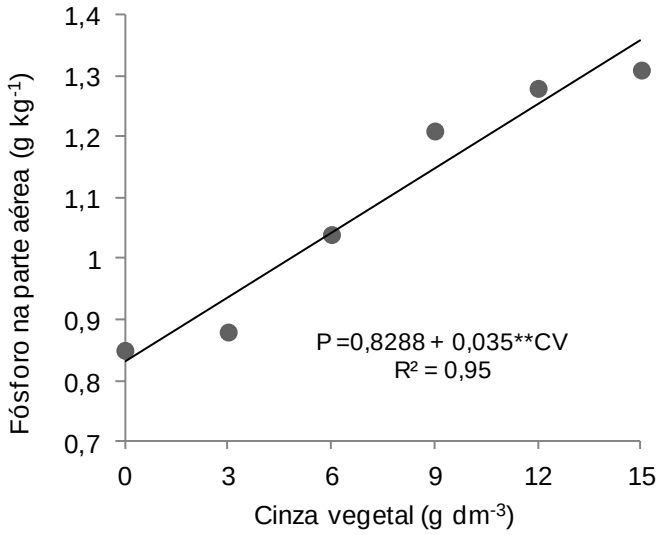

FIGURA 22- Fósforo na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
P = fósforo. CV= cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

De acordo com Werner et al.(1997), a concentração de fósforo na massa seca da parte aérea da *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu está entre 0,8 e 3,0 g kg^{-1}. Todavia, Malavolta et al. (1997), citam que o fósforo

requerido pelas plantas para seu ótimo crescimento, varia de 1 a 5 g kg^{-1} na massa seca, isso dependendo da espécie vegetal e do órgão da planta analisado.

Corroborando os valores da concentração de fósforo propostos por Werner (1996), as médias para a concentração de fósforo na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no terceiro corte, do presente trabalho, estão dentro da faixa de concentração de fósforo considerada ótima para as forrageiras. Contudo, esses resultados, coadunam em uma escala inferior com os de Monteiro et al (1995), em cultivo de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu em solução nutritiva, aos 50 dias após o transplante, aplicando 31 mg L^{-1} de fósforo. Esses autores verificaram 2,4 g kg^{-1} na concentração de fósforo na massa seca da parte aérea da *B. brizantha*, sendo esses teores considerados acima da média.

Malavolta (1987) e Raij et al. (1997), constataram que os teores totais de fósforo para algumas culturas podem variar de 1,0 a 5,0 g kg^{-1}. Contudo, ao analisar a concentração de fósforo na massa seca da parte área dos capins Marandu e Xaraés (Tabela 21), verificou-se que somente a partir do segundo corte do capim-marandu, as médias obtidas pela análise de variância estão dentro dessas amplitudes descritas por esses autores. Esse fato, ainda pode ser atribuído ao requerimento do fósforo pelas forrageiras para a formação do sistema radicular, resultando em menor concentração desse nutriente na parte aérea das gramíneas.

Houve significância com efeito isolado entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a concentração de fósforo na massa seca de raízes dos capins Marandu e Xaraés. As gramíneas forrageiras não apresentaram diferenças significativas quando comparadas entre si, em relação à concentração de fósforo na massa seca de raiz (capim-marandu 1,37 e Xaraés 1,27 g kg^{-1}).

Para os resultados de concentração de fósforo na massa seca de raízes dos capins Marandu e Xaraés analisados por meio de regressão polinomial, houve ajustes ao modelo de regressão quadrático. Foi observado

ponto de máxima na dose de cinza vegetal de 12 g dm^{-3}, incrementando a concentração de fósforo na raiz desses capins em 25,17% (Figura 23).

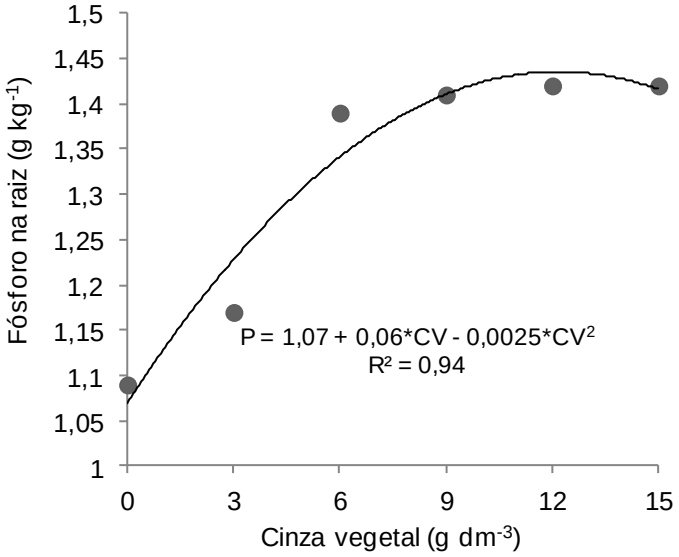

FIGURA 23- Fósforo na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
P = fósforo. CV= cinza vegetal. * significativo até 5% de probabilidade.

Monteiro et al. (1995), trabalhando com capim-marandu em solução nutritiva, observaram 1,7 g kg^{-1} na concentração de fósforo na raiz desse capim. No entanto, os resultados obtidos por esses pesquisadores são superiores ao resultado do presente experimento (de 1,43 g kg^{-1}), na concentração de fósforo na raiz dos capins Marandu e Xaraés. É corroborado pela literatura que o fósforo é importante para os processos energéticos das plantas, estimulando o crescimento e a formação do sistema radicular, sendo elemento estrutural responsável por alguns processos metabólicos das plantas (MALAVOLTA, 1987).

Entre os nutrientes com a maior capacidade de limitar a produtividade das plantas, o fósforo está entre eles, apesar de ser absorvido em menores quantidades que o nitrogênio e o potássio, resultando em teores mínimos em folhas (RAIJ, 1991). O fósforo é o nutriente mais citado como a principal causa da baixa produtividade das pastagens em solos ácidos de baixa fertilidade, sendo considerado o nutriente mais importante para a formação de pastagens em solos da região do Cerrado (VILELA et al., 2002).

Assim, a deficiência desse nutriente no solo tem primeiramente efeito sobre o estabelecimento e desenvolvimento das forrageiras, comprometendo a capacidade de suporte das pastagens e, assim, podendo afetar o valor nutritivo da mesma (HOFFMANN et al., 1995).

4.4.3 Potássio

Houve significância entre forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a concentração de potássio na massa seca da parte aérea, com interação no primeiro corte e efeitos isolados entre os fatores no segundo e terceiro cortes, sendo que nesses dois últimos cortes não houve significância das gramíneas forrageiras. No primeiro corte as gramíneas forrageiras apresentaram variações quando adubadas com cinza vegetal, nas doses de 3 e 6 g dm^{-3}, sendo que o capim-marandu expressou médias superiores as do capim-xaraés (Tabela 22).

TABELA 22. Potássio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses com cinza vegetal, no primeiro corte.

Forrageiras	Potássio (g kg^{-1}) Primeiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	16,55 b	23,33 a	25,24 a	26,10 b	26,40 b	27,46 b
Xaraés	17,64 b	20,27 b	22,13 b	24,77 b	28,21 b	30,34 b
CV%	10,82					

Médias seguidas de letras minúsculas na colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

Ao comparar as médias do segundo (capim-marandu 12,30 e Xaraés 12,42 g kg^{-1}) e terceiro corte (cv.marandu 10,23 e Xaraés 10,71 g kg^{-1}), notifica-se que houve redução dos valores na concentração de potássio na massa seca da parte aérea desses capins. Ao fixar as cultivares para o estudo das doses de cinza, no primeiro corte das gramíneas forrageiras, os resultados de concentração de potássio da parte aérea foram ajustados aos modelos de regressão linear e quadrático.

No primeiro corte, a máxima concentração de potássio na massa seca da parte aérea do capim-marandu foi proporcionada pela dose de cinza vegetal de 11,93 g dm^{-3}. Foram obtidos incrementos na concentração potássio de 36,12 e 42,37% para os capins Marandu e Xaraés, respectivamente (Figura 24A).

No segundo corte das plantas a concentração de potássio na parte aérea dos capins foi descrita por modelo de regressão linear decrescente. Assim, foram observados decréscimos de 17,99% na concentração de potássio da parte aérea dos capins (Figura 24B).

No terceiro corte os resultados de concentração de potássio foram ajustados ao modelo de regressão linear. Desse modo, foi observado que a concentração de potássio na parte aérea dos capins Marandu e Xaraés cresceu linearmente de 9,48 a 11,46 g kg^{-1}, com incremento na ordem de 17,28% (Figura 24C), ao comparar a testemunha com a maior dose de cinza vegetal.

Comparando as curvas de resposta de cada corte, verifica-se que no primeiro corte as concentrações de potássio aumentaram conforme as doses de cinza vegetal, em uma proporção de 17,48 para 27,37 g kg^{-1}. Esses valores estão abaixo dos encontrados por Mattos e Monteiro (1998) em condições controladas com adubação mineral via solução nutritiva, onde os autores observaram concentrações de potássio nas folhas de *Brachiaria brizantha* entre 22 a 29 g kg^{-1}, entre as doses de 0 e 485 mg L^{-1}.

Todavia, em relação ao capim-xaraés, a elevação na concentração de potássio no primeiro corte variou entre 17,47 e 30,32 g kg^{-1}, ao comparar a dose sem cinza com a máxima dose de cinza vegetal. No segundo corte houve redução na concentração de potássio para ambas as forrageiras, de 13,38 para 11,34 g kg^{-1}, observando que no terceiro corte a concentração aumentou linearmente. Decréscimos na concentração de potássio na massa seca da parte aérea do capim-marandu, também foram encontrados por Mattos e Monteiro (1998), os quais verificaram que a quantidade de potássio nas folhas não-expandidas decresceu de 20% para 10% no primeiro corte e de 26% para 9% no segundo corte.

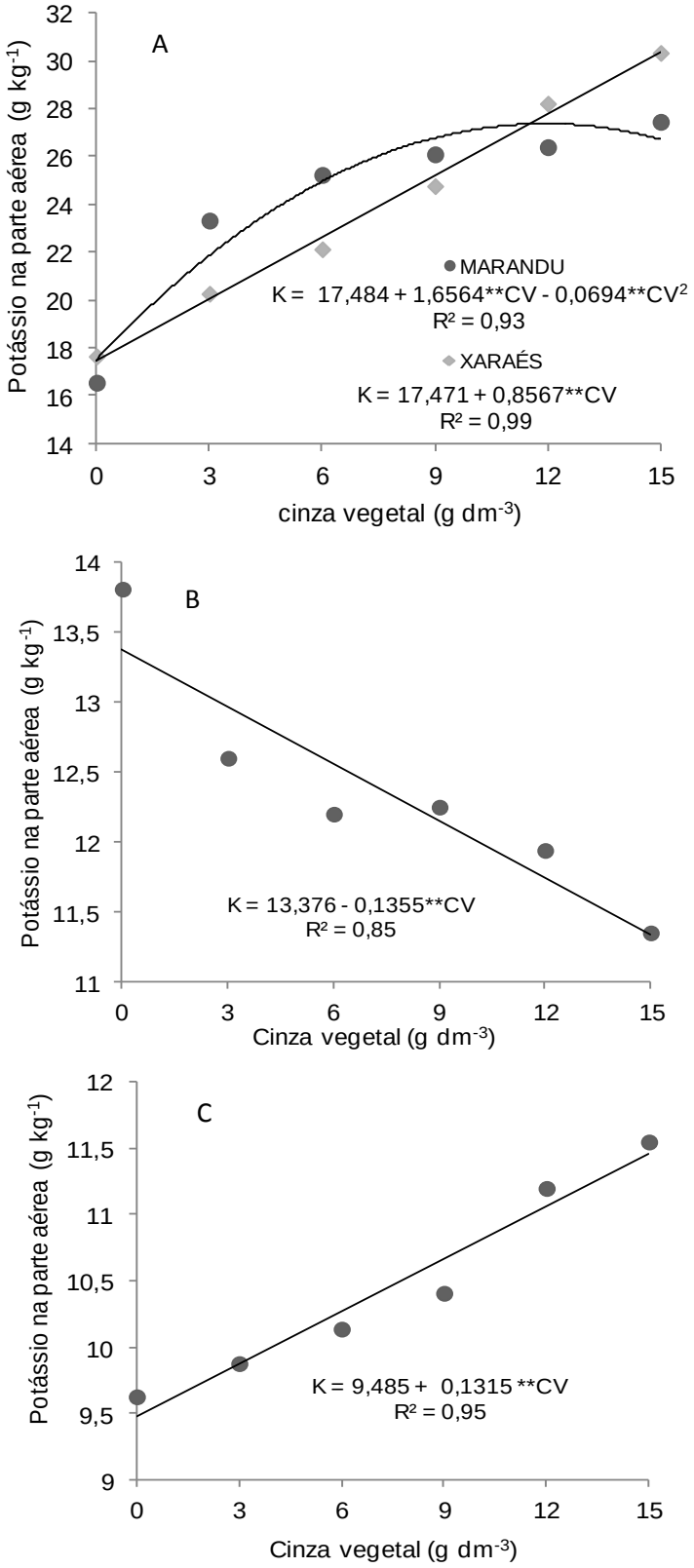

FIGURA 24- Potássio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.

K = potássio. CV = cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

Na literatura as concentrações de potássio nas plantas variam de acordo com o tipo de solo, disponibilidade hídrica, temperatura, espécie vegetal e disponibilidades de nutrientes para as plantas. Conforme Werner et al. (1997), as concentrações consideradas adequadas em folhas novas e verdes compreende a faixa de 12 a 30 g kg^{-1} para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Contudo, Ferrari Neto (1991) especifica como adequado concentrações de 11 g kg^{-1} de potássio, em toda a parte aérea da planta de *Brachiaria brizantha.* Nos três cortes dos capins, as concentrações de potássio na massa seca da parte aérea das forrageiras (capim-marandu) estão de acordo com os valores propostos por Ferrari Neto (1991) de 11 g kg^{-1}, citado anteriormente. Redução na concentração de potássio, no presente estudo, também foram obervados no segundo corte. Isso pode ser atribuído aos nutrientes provenientes da cinza vegetal não estarem prontamente disponíveis, acarretando na menor concentração desse nutriente na parte aérea das plantas. Porém, no terceiro corte, esses resultados de concentração de potássio encontraram-se dentro da faixa considerada adequada para as forrageiras.

Houve significância com efeito isolado entre forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a concentração de potássio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, com significância para doses de cinza. As cultivares de *Brachiaria brizantha* não apresentaram variação na concentração em massa seca de raiz, quando comparadas entre si, pois, o capim-marandu obteve concentração de potássio de 25,46 e o capim-xaraés de 25,70 g kg^{-1}.

Por meio da análise de variância com regressão polinomial para doses de cinza vegetal, verificou-se significância dos fatores com efeito isolado, e ajuste ao modelo de regressão quadrático. Houve maior concentração de potássio na massa seca de raiz, para ambas as forrageiras, com máxima concentração na dose de cinza vegetal de 13,58 g dm^{-3}, com incrementos de 35,93%, quando comparado à dose sem cinza com a dose

que proporcionou a maior concentração de potássio na parte aérea dos capins (Figura 25).

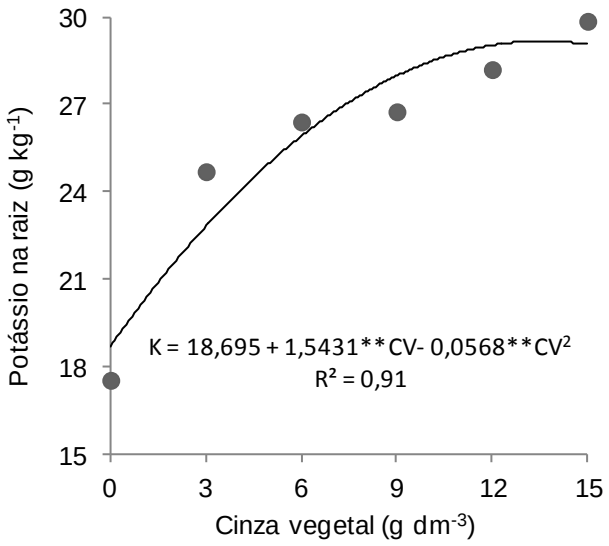

FIGURA 25- Potássio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
K = potássio. CV = cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade.

Monteiro et al. (1995), trabalhando com adubação química, encontraram 25 g kg^{-1} de potássio na raiz do capim-marandu, com dose de 234 mg L^{-1} de potássio. Desse modo, no presente experimento, a concentração de potássio na raiz das forrageiras foi de 29,17 g kg^{-1}, sendo esse valor superior ao encontrado por esses autores. Tal fato, provavelmente, deveu-se à constituição da cinza vegetal utilizada nesse experimento, possuir quantidades elevadas de potássio, quando comparada aos demais nutrientes presentes na mesma.

4.4.4 Cálcio

A análise de variância monstrou significância entre forrageiras e doses de cinza vegetal, com efeito de interação e isolado entre ambas. Para os capins Marandu e Xaraés, no primeiro corte, a concentração de cálcio na massa seca da parte aérea foi influenciada pelas doses de cinza vegetal, e a

variação entre os capins Marandu e Xaraés ocorreu na dose máxima de cinza vegetal de 15 g dm^{-3} (Tabela 23).

TABELA 23. Cálcio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro corte.

	Cálcio (g kg^{-1}) Primeiro corte					
Forrageiras	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	3,19 a	4,30 a	4,72 a	5,55 a	5,83 a	5,27 b
Xaraés	3,26 a	4,37 a	4,65 a	4,71 a	5,97a	7,08 a
CV%			15,59			

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

TABELA 24. Cálcio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no segundo corte.

	Segundo corte	
Cálcio (g kg^{-1})	Marandu	Xaraés
	5,17 b	6,49 a
CV%	28,04	

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

No terceiro corte das gramíneas forrageiras não houve significância dos fatores, porém, as médias de concentração de cálcio foram de 1,98 e 2,08 g kg^{-1}, respectivamente para os capins Marandu e Xaraés. Para o estudo do fator doses de cinza vegetal, os resultados de concentrações de cálcio na massa seca da parte aérea, dos capins nos três cortes, foram ajustados aos modelos de regressão linear e quadrático. No primeiro corte, a maior concentração de cálcio na parte aérea do capim-marandu foi proporcionada pela dose de cinza vegetal de 11,79 g dm^{-3}, com incrementos de 43,76 e 51,05%, respectivamente, para os capins Marandu e Xaraés (Figura 26A).

No segundo corte, a concentração de cálcio foi ajustada ao modelo de regressão linear. Assim, foi observado incremento de 42,54% na

concentração de cálcio na parte aérea das gramíneas forrageiras, quando se comparou à dose sem adubação com cinza vegetal com a maior dose de cinza vegetal de 15 g dm^{-3} (Figura 26B).

Para a concentração de cálcio na parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no terceiro corte, verificou-se efeito isolado entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal. Os resultados foram ajustados ao modelo de regressão linear. Incremento na concentração de cálcio de 69,44% foi observado, quando se comparou o tratamento sem cinza vegetal com a dose máxima do intervalo experimental (Figura 26C).

Conforme os resultados obtidos nesse trabalho, verificou-se que a concentração de cálcio na massa seca da parte aérea dos capins variou entre de 3,15 e 7,40 g kg^{-1}, no primeiro e segundo cortes. Portanto, verificou-se, também, que a adubação com cinza vegetal proporcionou a elevação do pH do solo, disponibilizando, assim, a assimilação do cálcio pelas plantas, estando este presente, de forma significativa, na parte aérea das gramíneas forrageiras avaliadas.

Segundo Werner et al. (1996), a concentração de cálcio em *Brachiaria brizantha* varia de 3 a 6 g kg^{-1}. Desse modo, os resultados do presente estudo foram superiores aos valores apresentados autor citado anteriormente. Esses resultados ainda foram superiores aos resultados obtidos por Batista (2002), ao estudar o capim-marandu, em reposta a doses de nitrogênio e enxofre, em solução nutritiva. Essa autora observou resposta quadrática, e a concentração de cálcio na parte aérea desse capim no primeiro corte variou entre 3 a 6,8 g kg^{-1}.

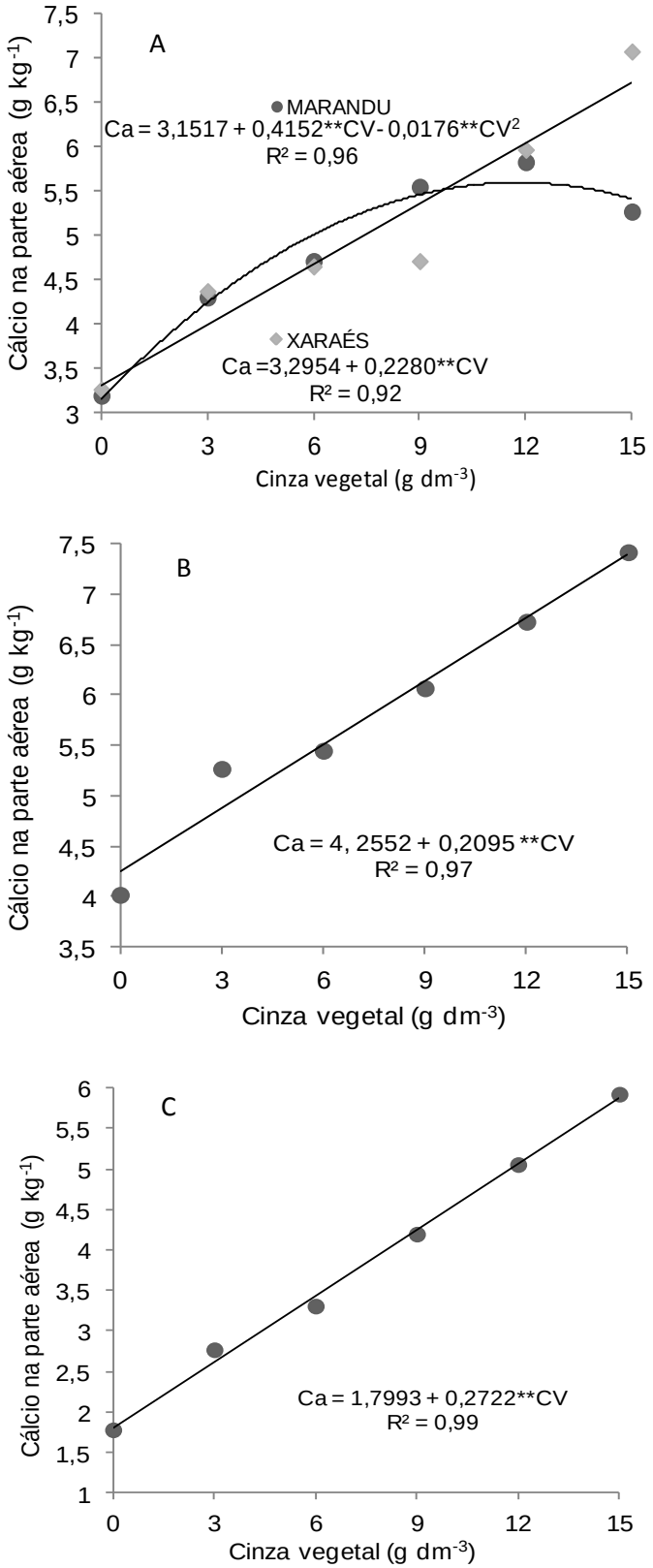

FIGURA 26- Cálcio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C).

Ca = cálcio. CV = cinza vegetal. **significativo a 1% de probabilidade.

Monteiro et al. (1995), estudando o capim-marandu com e sem nutrientes em solução nutritiva, observaram que a concentração de cálcio na parte aérea, variou de 0,9 a 8,5 g kg^{-1}, do tratamento com omissão de cálcio para o tratamento completo. Sousa Filho et al. (2000), observaram concentração de cálcio na parte aérea de 5,22 g kg^{-1}, avaliando a capacidade de absorção de nutrientes do capim-marandu, em função do pH, em solução nutritiva.

Costa et al. (2006), estudando intervalos de cortes e produção de massa seca e a composição químico-bromatológica do capim Xaraés, observaram concentração de cálcio de 4,82 e 4,27 g kg^{-1}, respectivamente, aos 30 e 60 dias de crescimento, respectivamente. Costa et al. (2008), estudando o capim-xaraés, em função de doses de nitrogênio e potássio, em condições controladas, observaram resposta quadrática para a concentração de cálcio na parte aérea desse capim.

A maioria dos solos tropicais é pobre em bases: cálcio, magnésio e potássio (OLIVEIRA et al., 2005). Desse modo, observou-se que o fornecimento de cálcio por meio da adubação com cinza vegetal, alterou a proporção desse nutriente na planta ou em partes dela, desempenhando, assim, um grande papel na regulação do metabolismo dessas plantas.

Por meio da análise de variância, verificou-se significância, com efeito de interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a concentração de cálcio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés. As doses de cinza vegetal de 12 e 15 g dm^{-3}, foram responsáveis pelas diferenças dos valores na concentração de cálcio na massa seca de raiz das cultivares de *Brachiaria brizantha*, quando foram comparadas as duas forrageiras entre si (Tabela 25).

TABELA 25. Cálcio nas raízes dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.

Forrageiras	Cálcio (g kg^{-1}) Terceiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	2,21 a	4,16 a	4,93 a	6,03 a	7,49 a	10,44 a
Xaraés	3,26 a	4,02 a	5,13 a	5,27 a	5,20 b	5,21 b
CV%			21,49			

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

Para a concentração de cálcio na massa seca de raiz dos capins, houve ajustes aos modelos de regressão linear e quadrático. A concentração de cálcio na massa seca de raiz do capim-marandu apresentou resposta linear, com incremento de 77,73% na concentração de cálcio na raiz desse capim. A máxima concentração de cálcio na massa seca de raiz do capim-xaraés foi proporcionada pela dose de cinza vegetal de 11,27 g dm^{-3}, com incremento de 39,93% na concentração de cálcio (Figura 27).

Monteiro et al. (1995), estudando o capim-marandu em solução nutritiva, submetido a tratamentos com omissão de nutrientes e a tratamento completo, observaram nas raízes desse capim, variação na concentração de cálcio de 0,8 (tratamento omisso) a 4,6 g kg^{-1} (tratamento com cálcio).

O cálcio é um elemento de suma importância para o crescimento de tecidos meristemáticos e para o crescimento e funcionamento apropriado dos ápices radiculares. Esse macronutriente influi indiretamente no rendimento das culturas ao melhorar as condições de crescimento das raízes (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

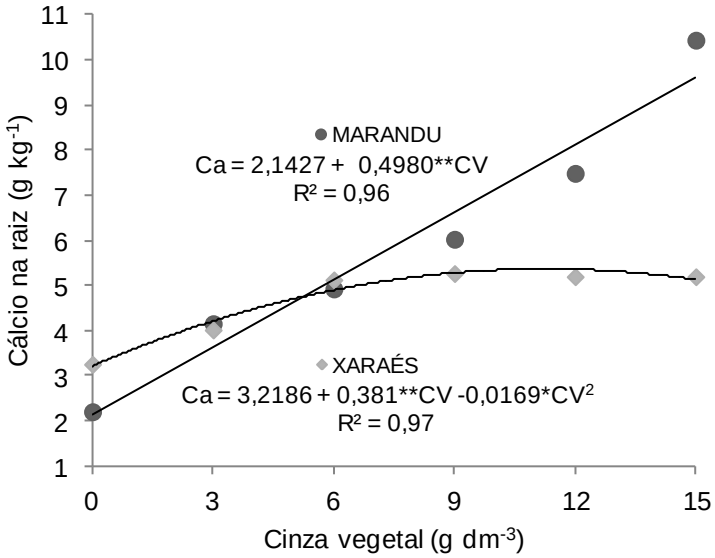

FIGURA 27- Cálcio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
Ca = cálcio. CV = cinza vegetal. ******, *significativo a 1 e até 5% de probabilidade, respectivamente.

De acordo com Van Raij (1991), as raízes das plantas necessitam de cálcio no próprio ambiente de absorção de água e nutrientes, para a sua sobrevivência. Desse modo, Dechen e Nachtigall (2007), referenciam que um sintoma comum da deficiência de cálcio é o pequeno crescimento de raízes, sendo que as mesmas se tornam escuras e acabam morrendo.

Contudo, esses aspectos de deficiência de cálcio não foram observados nesse experimento, visto que há implicações diretas do adequado fornecimento de cálcio por meio da cinza vegetal. Cabe ainda ressaltar, com relação à adubação com cinza vegetal que os teores de cálcio contidos nesse resíduo foram satisfatórios. O conhecimento dessas concentrações é fundamental para uma avaliação correta das doses de cinza vegetal a serem utilizadas ou complementadas para melhores produções das culturas.

4.4.5 Magnésio

Para a concentração de magnésio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, a análise de variância mostrou significância, com

efeito isolado entre forrageiras e doses de cinza vegetal. Não houve diferenças significativas para as cultivares de *Brachiaria brizantha,* quando comparadas entre si, em relação à concentração de magnésio na massa seca da parte aérea, no primeiro (capim-marandu 1,21 e Xaraés 1,47 g kg^{-1}) e segundo cortes (cv.Marandu 2,44 e Xaraés 2,48 g kg^{-1}).

Embora os capins Marandu e Xaraés, não tenham apresentado diferenças significativas, no primeiro e segundo cortes, verificou-se que as médias de concentração de magnésio na massa seca da parte aérea, das cultivares de *Brachiaria brizantha* no segundo corte, foram superiores às médias observadas no primeiro corte. Entretanto, no terceiro corte houve mudança no quadro de significância devido à diferenciação das gramíneas (Tabela 26).

TABELA 26. Magnésio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro corte.

	Primeiro corte	
Magnésio (g kg^{-1})	Marandu	Xaraés
	1,50 b	1,78 a
CV%	13,74	

Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

De acordo com a análise de variância para os resultados de concentração de magnésio na massa seca da parte aérea, foi verificada significância para os três cortes, com ajuste dos resultados aos modelos de regressão linear e quadrático. As doses de cinza vegetal de 11,23 e 7,72 g dm^{-3} proporcionaram as máximas concentrações de magnésio na massa seca da parte aérea de ambas às forrageiras, com incrementos de 29,07 e 47,24%, no primeiro e segundo cortes, respectivamente (Figura 28A e B).

No terceiro corte, verificou-se incremento de 49,88% na concentração de magnésio na parte aérea dos capins Marandu e Xaraés. Assim, a concentração de magnésio na parte aérea desses capins respondeu

linearmente, em função das doses de cinza vegetal, variando de 1,09 para 2,23 g kg^{-1} (Figura 28C).

No presente estudo, observou-se que houve elevação na concentração de magnésio na massa seca da parte aérea das gramíneas forrageiras de 1,06 para 3,10 g kg^{-1}, do primeiro para o segundo corte. Monteiro et al. (1995), em estudos com concentração de nutrientes em massa seca do capim-marandu, em solução nutritiva, constataram teores de magnésio que variaram de 0,2 a 4,9 g kg^{-1}, respectivamente para o tratamento sem aplicação de magnésio e o tratamento com magnésio.

Batista e Monteiro (2010), avaliando variações nas concentrações de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu, adubado com doses de nitrogênio e de enxofre, observaram respostas linear (terceiro corte) e quadrática (primeiro e segundo cortes). Dessa maneira, verifica-se que as respostas obtidas por esses autores são semelhantes aos do presente estudo. Assim, os mesmos autores observaram concentrações de magnésio nas lâminas de folhas recém-expandida do capim-marandu, de 8,40 e 3,52 g kg^{-1}, respectivamente, para o primeiro e segundo cortes.

Costa et al. (2007), em condições controladas, observaram concentrações de magnésio de 3,10 e 3,22 g kg^{-1} (respectivamente, aos 30 e 60 dias) na massa seca da parte aérea do capim-xaraés. Em estudos com nutrição mineral do capim-marandu submetido a doses e fontes de nitrogênio por três anos, Costa et al. (2010) observaram variação na concentração de magnésio de 2,36 a 2,83 g kg^{-1}, entre a testemunha e a maior dose (300 kg ha^{-1} ano^{-1}).

Contudo, Werner et al. (1997) relatam que as concentrações consideradas ideais para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu estão entre 1,5 e 4,0 g kg^{-1}. Todavia, observa-se que no presente experimento, os resultados de concentração de magnésio na massa seca da parte aérea das gramíneas forrageiras atendem à faixa considerada ideal por esses autores.

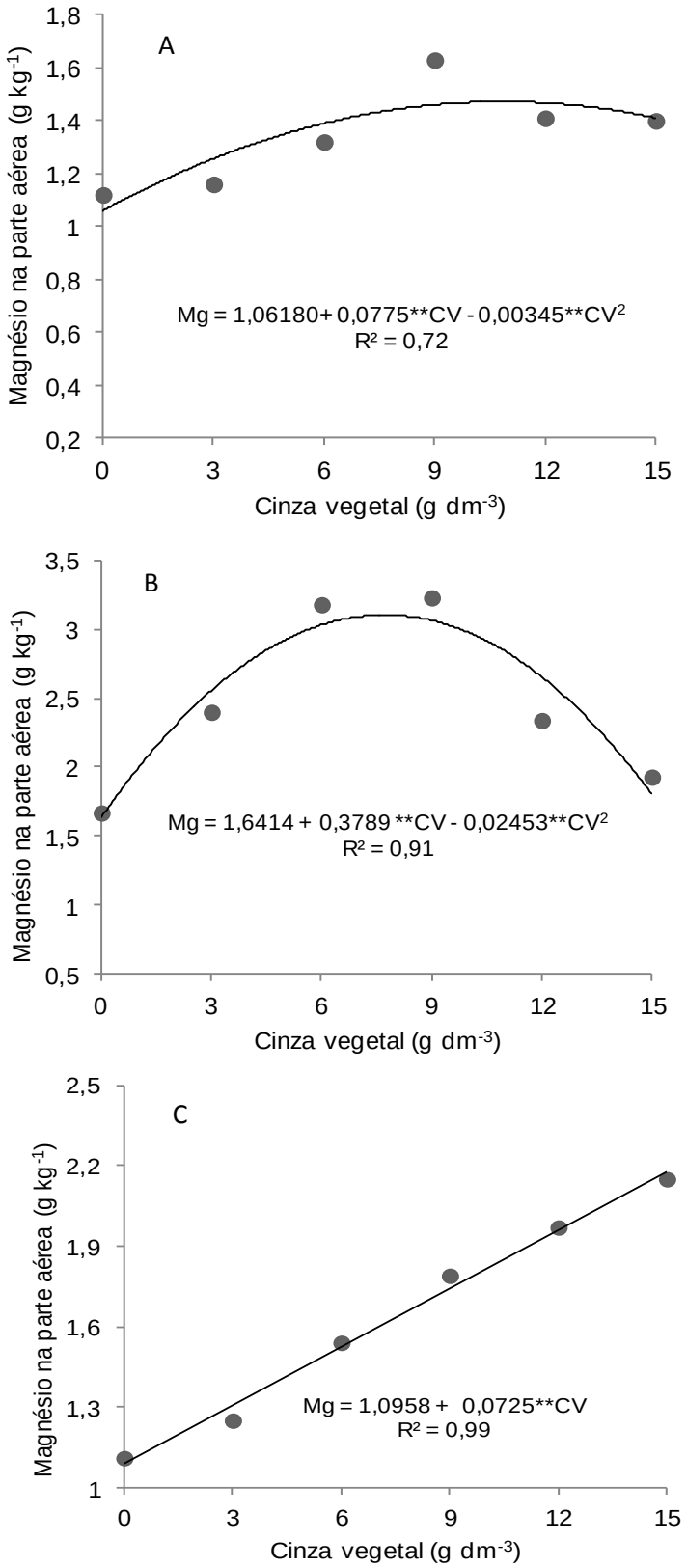

FIGURA 28- Magnésio na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro cortes (C).

Mg = magnésio. CV = Cinza vegetal. **significativo a 1% de probabilidade.

Para a concentração de magnésio na raiz dos capins Marandu e Xaraés, houve significância, com efeito isolado entre forrageiras e doses de cinza vegetal. As gramíneas apresentaram diferenças significativas quando comparadas entre si. Assim sendo, a cultivar Xaraés revelou média superior, quando comparada com a outra cultivar (Tabela 27).

TABELA 27. Magnésio na massa seca de raízes dos capins Marandu e Xaraés, no terceiro corte.

Magnésio ($g\ kg^{-1}$)	Terceiro corte	
	Marandu	Xaraés
	1,59 b	1,89 a
CV%	15,15	

Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV%= coeficiente de variação.

Na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, houve significância, com efeito isolado entre essas forrageiras e doses de cinza vegetal. Os resultados da concentração de magnésio foram ajustados ao modelo de regressão linear. Assim, a concentração de magnésio na massa seca de raiz das gramíneas aumentou de 1,36 para 2,12 g kg^{-1}, em ambas forrageiras. Dessa maneira, foi observado incremento de 35,89% na concentração de magnésio na raiz dessas cultivares de *Brachiaria brizantha* (Figura 29).

A concentração de magnésio na massa seca de raiz de capim-marandu cultivado em solução nutritiva foi verificada por Monteiro et al. (1995), com variação de 0,4 a 3,5, do tratamento sem magnésio para o tratamento com o nutriente. Contudo, Van Raij (1991) relata que as exigências de magnésio pelas culturas, são relativamente modestas. Assim como o enxofre, o magnésio em folhas de plantas normais varia pouco entre espécies, estando em geral na faixa de 0,2 a 0,4%. Cabe ainda ressaltar a importância do papel desempenhado pelo magnésio como molécula central da clorofila e da sua participação no processo da fotossíntese.

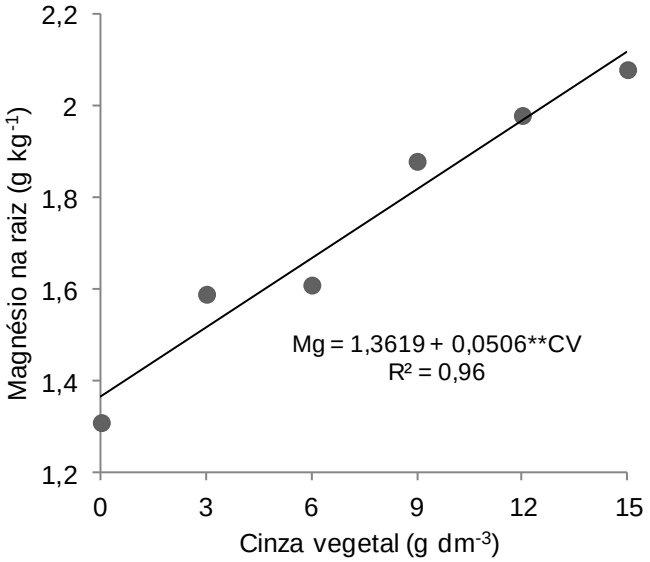

FIGURA 29- Magnésio na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
Mg = magnésio. CV = cinza vegetal.**significativo a1% de probabilidade.

4.4.6 Enxofre

A concentração de enxofre na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés não foi influenciada pelas doses de cinza vegetal. Assim, houve significância somente para forrageiras no segundo corte. As médias de concentração de magnésio das cultivares no primeiro corte são de 0,91 e 0,94 g kg^{-1} e, no terceiro cortes de 0,91 e 0,93 g kg^{-1}, respectivamente para os capins Marandu e Xaraés. No segundo corte, as gramíneas apresentaram diferença significativa, conferindo ao capim-xaraés média superior à da cultivar Marandu (Tabela 28).

TABELA 28. Enxofre na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no segundo corte.

	Segundo corte	
	Marandu	Xaraés
Enxofre (g kg^{-1})	0,87 b	0,94 a
CV%	7,06	

Médias de letras minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV%= coeficiente de variação.

As médias observadas para a concentração de enxofre na parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, nos três cortes, foram inferiores aos valores

referenciados por Werner et al. (1997), pois, conforme esses autores os valores de concentrações de enxofre consideradas adequadas na massa seca da parte aérea da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu estão entre 1,5 e 3,0 g kg^{-1}. A concentração de enxofre na massa seca de raiz das gramíneas forrageiras não apresentou diferença significativa, revelando concentração de enxofre de 0,94 (para o capim-marandu) e 0,95 g kg^{-1} (para o capim-xaraés).

4.4.7 Boro

Houve significância com efeito de interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a concentração de boro na parte aérea dos capins Marandu e Xaraés no primeiro e segundo cortes e efeito isolado entre os fatores no terceiro corte das plantas. Em relação aos valores médios de concentração de boro observados dentro de cada dose de cinza vegetal, no primeiro corte houve variação entre os capins em todos os tratamentos, sendo que nesse corte, o capim-xaraés apresentou maiores concentrações desse nutriente na maioria das doses.

No segundo corte, as gramíneas forrageiras somente não se diferenciaram nas doses de cinza vegetal 3 e 6 g dm^{-3} (Tabela 29). No terceiro corte, ao comparar as duas forrageiras quanto à concentração de boro na massa seca da parte aérea, o capim-xaraés revelou média superior ao do capim-marandu (Tabela 30).

No primeiro e segundo cortes, os resultados da concentração de boro na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, foram ajustados aos modelos de regressão linear e quadrático. A maior concentração de boro na parte aérea do capim-marandu no primeiro corte foi proporcionada pela dose de cinza vegetal de 11,51 g dm^{-3}, com incrementos de 14,69% na concentração de boro na massa seca da parte aérea. Para o capim-xaraés, foram verificados incrementos de 30,25% na concentração de boro na massa seca da parte aérea (Figura 30A).

TABELA 29. Boro na massa seca da parte aérea dos Capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro e segundo cortes.

Forrageiras	Boro (mg kg^{-1}) Primeiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	29,36 b	32,36 b	33,18 b	34,00 b	35,12 b	34,01 b
Xaraés	34,41 a	35,94 a	43,37 a	43,37 a	47,48 a	46,42 a
CV (%)	6,54					
	Segundo corte					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	31,95 b	33,24 a	33,84 a	33,99 a	34,43 a	35,34 a
Xaraés	42,58 a	35,25 a	32,77 a	31,08 b	27,82 b	26,62 b
CV (%)	6,88					

Médias seguidas de letras minúsculas em coluna diferem entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. CV% = coeficiente de variação.

TABELA 30. Boro na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraes, no terceiro corte.

Boro (mg kg^{-1})	Terceiro corte	
	Marandu	Xaraés
Forrageiras	34,74 b	37,80 a
CV (%)	7,61	

Médias seguidas de letras minúsculas em linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV% = coeficiente de variação.

No segundo corte, os resultados para a concentração de boro na parte aérea dos capins foram ajustados ao modelo de regressão linear. Houve incrementos da ordem de 8,37% para o capim-marandu e decréscimos de 58,62% para o capim-xaraés (Figura 30B).

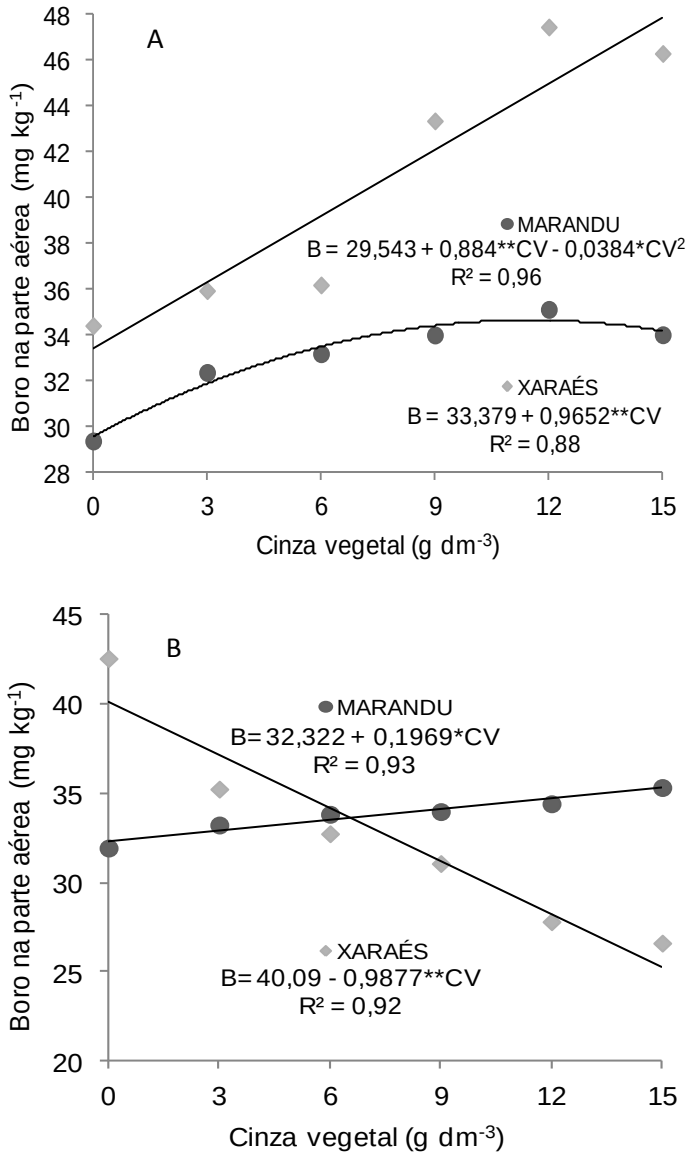

FIGURA 30- Boro na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de vegetal, no primeiro (A) e segundo (B) cortes.
B = boro. CV = cinza vegetal. **, * significativo a1 e até 5% de probabilidade.

O ponto de máxima concentração de boro na massa seca da parte aérea do capim-marandu foi observado no primeiro corte, sendo que no segundo corte, para o capim-xaraés os resultados indicaram diminuição na concentração de boro em função das doses de cinza vegetal aplicadas (Figura 30). As concentrações de boro na parte aérea do capim-xaraés variaram entre 33,37 para 47,84 mg kg^{-1} no primeiro corte, apresentando redução de 40,09 para 25,27 mg kg^{-1} no segundo corte.

A concentração de boro nas plantas varia amplamente de espécie para espécie (FAGERIA et al., 1990), dependendo da classe de solo, pode-se encontrar variações de 10 a 100 mg kg^{-1} na massa seca de folhas (DECHEN et al., 1991), sendo que, para pastagem natural geralmente a faixa é de 15 a 70 mg kg^{-1} (MOTTA et al*.,* 2007) com variações de médias entre 5 a 15 mg kg^{-1} (TYFFANY et al*.,*2000). Para o capim-marandu as concentrações estão em torno de 25 a 50 mg kg^{-1} (WERNER et al., 1997).

De acordo com Pauletti (2004), de maneira geral para plantas forrageiras, a concentração de boro pode variar de 5 a 30 mg kg^{-1}. Para Malavolta (1992), concentrações menores que 10 mg kg^{-1} são consideradas baixas para a grande maioria das culturas. Assim, os valores médios para a concentração de boro na parte aérea das gramíneas forrageiras do presente estudo podem ser considerados adequados, visto que os resultados corroboram com autores que apresentaram faixas de concentrações de boro consideradas apropriadas.

Os sintomas de deficiência de boro em gramíneas ocorrem em menores proporções que em não-gramineas (BASTOS; CARVALHO, 2004). Dessa forma, quando há deficiência, os pontos de crescimento são afetados e podem morrer (DECHEN et al., 1991), assim como a paralisação do crescimento dos tecidos meristemáticos da parte aérea e raiz. Entretanto, no presente estudo, não foram observados sintomas visuais de deficiência, tendo em vista as plantas estejam bem nutridas em boro.

Houve significância com efeito isolado entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a concentração de boro nas raízes dos capins Marandu e Xaraés. Esses quando comparados entre si na concentração de boro o capim-marandu apresentou médias superiores (Tabela 31).

TABELA 31. Boro na massa seca de raízes dos capins Marandu e Xaraés, no terceiro corte.

Boro (mg kg^{-1})	Terceiro corte	
	Marandu	Xaraés
	37,05 a	33,09 b
CV%	7,37	

Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV%= Coeficiente de variação.

Para a concentração de boro na raiz dos capins Marandu e Xaraés, houve significância, com efeitos isolados entre os fatores. No entanto, foi observado aumento linear na concentração de boro, com incremento de 10,65% evidenciando que houve suprimento de boro necessário para a manutenção da atividade meristemática das raízes (Figura 31).

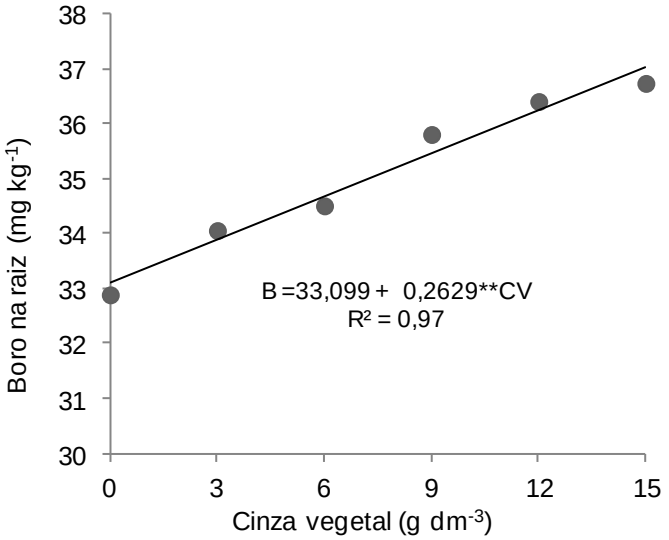

FIGURA 31- Boro na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
B = boro. CV = cinza vegetal. ** significativo até 5% de probabilidade.

As concentrações de boro na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, variaram entre 33,09 e 37,03 mg kg^{-1}. As raízes geralmente são os primeiros órgãos da planta a apresentarem deficiência de boro (PINHO et al., 2008), por ser esse nutriente essencial para que haja o crescimento normal da raízes (VIEGAS et al., 2004).

4.4.8 Cobre

A análise de variância demonstrou significância dos fatores com efeito isolado entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal, no primeiro e segundo cortes (com significância somente para forrageiras) e interação entre ambas, no terceiro corte.

A concentração de cobre na parte aérea das forrageiras no primeiro corte, foi mais expressiva no capim-marandu, invertendo assim, no segundo corte para o capim-xaraés (Tabela 32). No terceiro corte, as gramíneas variaram suas médias dentro de todas as doses de cinza vegetal, sendo que, o capim-xaraés respondeu com maiores médias que o capim-marandu em todas as doses de cinza vegetal, incluindo a testemunha (Tabela 33).

TABELA 32. Cobre na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro e segundo cortes.

	Marandu	Xaraés
Cobre (mg kg^{-1})	Primeiro corte	
	13,38 a	10,51 b
CV%	36,02	
	Segundo corte	
	8,34 b	14,55 a
CV%	39,3	

Médias seguidas de letras minúsculas diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

TABELA 33. Cobre na massa seca da parte aérea dos capins Marandu, em função das doses de cinza vegetal e Xaraés, no terceiro corte.

Forrageiras	Cobre (mg kg^{-1}) Terceiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	8,57 b	9,63 b	9,68 b	9,96 b	11,07 b	11,90 b
Xaraés	24,12 a	25,24 a	26,52 a	35,29 a	37,46 a	37,74 a
CV (%)	20,88					

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

Desse modo, em relação aos resultados da concentração de cobre na massa seca da parte aera dos capins em estudo, para as doses de cinza

vegetal dentro de cada forrageira, não houve significância no primeiro e segundo cortes. Entretanto, no terceiro corte houve significância, com efeito isolado entre forrageiras e doses de cinza vegetal com ajuste ao modelo de regressão linear para o capim-xaraés, enquanto que para o capim-marandu os resultados não se ajustaram a nenhum modelo.

Assim, foi observado incremento de 41,40% na concentração de cobre na massa seca da parte aérea do capim-xaraés, ao comparar a maior dose de cinza vegetal com o tratamento sem a aplicação desse resíduo (Figura 32).

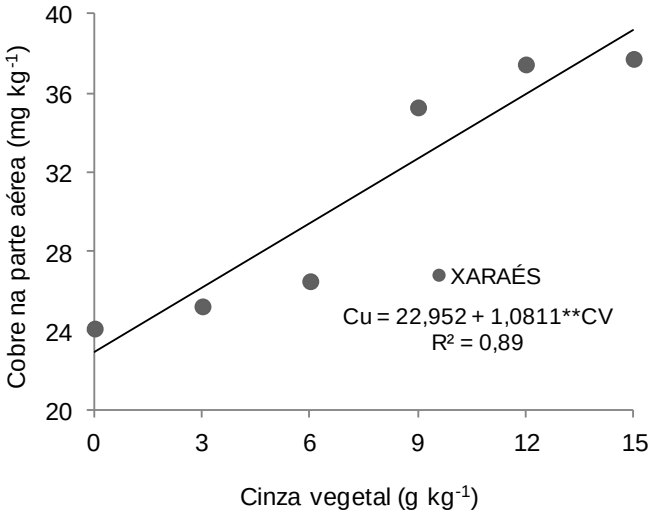

FIGURA 32- Cobre na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
Cu= cobre. CV = cinza vegetal. ****** significativo a 1% de probabilidade.

A concentração de cobre na parte aérea das cultivares de *Brachiaria brizantha,* no primeiro e segundo cortes, variaram entre 8 e 14 mg kg^{-1}. Esses valores são superiores aos valores de concentração de cobre referenciados por Abreu et al. (2007), entre 4 e 12 mg kg^{-1} para o capim-marandu.

No terceiro corte foi observado aumento na concentração de cobre de 22,95 para 39,17 mg kg^{-1}, Desse modo, esses resultados são destacadamente superiores aos valores de concentração de cobre referenciados por esse autor (ABREU et al., 2007).

Primavesi et al. (2006), estudando o capim-marandu e duas fontes de nitrogênio verificaram variações de 7 a 10 mg kg^{-1} nas concentrações de cobre. No entanto, Costa et al. (2008), trabalhando com capim-xaraés e doses de nitrogênio e potássio, observaram acréscimos de 31,01% na concentração de cobre na parte aérea da gramínea forrageira. Prado (2008) relata que dentre as culturas, em geral a braquiária possui alta exigência em cobre, haja vista que a ordem de exigências para os demais nutrientes pode variar, de acordo com a cultura e até entre cultivar/híbrido.

Malavolta et al. (1997), relatam que o cobre é um nutriente que participa diretamente dos processos biológicos das plantas, como ativador de enzimas envolvidas nos processos de fotossíntese, respiração, relação hormonal, entre outros.Todavia, ainda há poucos trabalhos sobre as respostas de gramíneas forrageiras, especificamente sobre *Brachiaria brizantha* e a aplicação de cobre, considerando as várias condições de solo e clima.

Diante desse contexto, considerando o aumento na concentração de cobre da parte aérea no terceiro corte dos capins avaliados no presente experimento, torna-se importante referenciar que, de acordo com Malavolta et al. (2006), os sintomas de toxicidade de cobre, de forma geral, iniciam nas raízes das plantas, causando redução da ramificação, engrossamento, menor crescimento, evoluindo assim as folhas mais velhas, logo as intermediárias e, por último, as folhas mais novas. Por outro lado, um aspecto importante a ser observado é que no presente estudo não foi observada ocorrência de nenhum desses sintomas de toxicidade.

Mengel e Kirkby (1982) verificaram na cultura do milho, que a toxicidade em tecidos foliares manifesta-se em concentração de cobre superior a 70 mg kg^{-1}. Sob esse prisma, a capacidade da gramínea em variar a concentração de micronutrientes em tecido foi demonstrado por Shu et al. (2002), que constataram elevados teores de cobre, tanto na parte aérea (22 mg kg^{-1}), como em raízes (45 mg kg^{-1}) de *Cynodon dactylon*, sem que o capim exibisse qualquer sintoma de toxicidade desses nutrientes.

A análise de variância revelou significância com efeito isolado entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a concentração de cobre em massa seca de raiz, com significância somente para forrageiras. O capim-xaraés apresentou maiores médias na concentração de cobre quando comparado ao capim-marandu (Tabela 34).

TABELA 34. Cobre nas raízes dos capins Marandu e Xaraés, no terceiro corte.

	Marandu	Xaraés
	Terceiro corte	
Cobre (mg kg^{-1})	13,20 b	42,48 a
CV%	19,40	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

4.4.9 Ferro

No primeiro e segundo cortes dos capins Marandu e Xaraés, houve significância com efeito isolado entre gramíneas forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a concentração de ferro na massa seca da parte aérea, sem dessa variável significância no terceiro corte. Nos três cortes dos capins, o capim-marandu foi aumentando a concentração de ferro na massa seca da parte aérea, conforme houve a sucessão dos cortes da parte aérea das plantas. Dessa forma, o capim-marandu no terceiro corte equiparou-se em médias com o capim-xaraés, sendo que esse último apresentou as maiores médias para a concentração de ferro, no primeiro e segundo cortes (Tabela 35).

TABELA 35. Ferro na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e

Xaraés, no primeiro e segundo cortes.

	Marandu	Xaraés
Ferro	Primeiro corte	
(mg kg^{-1})	201,20 b	384,17 a
CV%	21,48	
	Segundo corte	
	302,00 b	345,19 a
CV%	19,27	

Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. NS: Não significativo pelo teste F a 0,05 de probabilidade. CV%= Coeficiente de variação.

No terceiro corte dos capins as médias de concentração de ferro na parte aérea desses capins foram de 387 e 387,40 g kg^{-1}, respectivamente para os capins Marandu e Xaraés. Estudando os resultados da concentração de ferro na parte aérea das forrageiras, por meio da análise de regressão, no primeiro corte, os resultados foram ajustados ao modelo de regressão linear. Foi observado incremento de 26,53% na concentração de ferro na parte aérea, para ambos os capins (Figura 33).

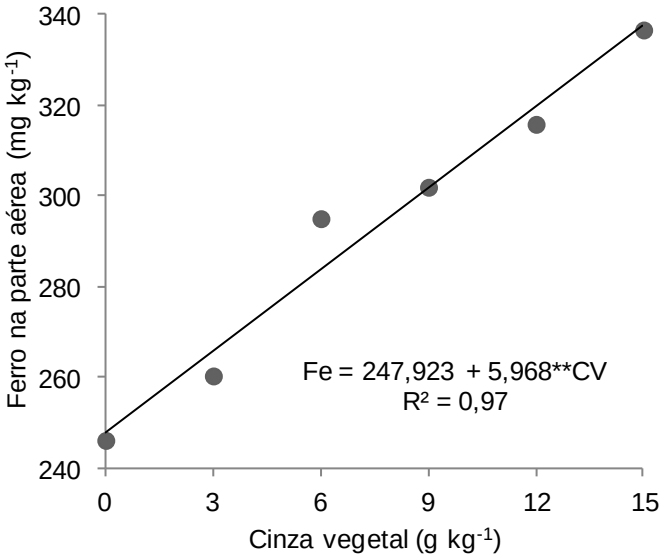

FIGURA 33- Ferro na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro corte.
Fe= ferro. CV = cinza vegetal. **** significativo a 1% de probabilidade.

Ao fixar doses para o estudo das forrageiras, verificou-se, ainda, que a concentração de ferro no presente estudo considerando os três períodos de avaliação, variou entre 201,20 e 387,40 mg kg^{-1} (Tabela 35). Assim, ao fixar forrageiras para o estudo das doses de cinza vegetal a variação ocorre entre 247,92 e 337,74 (Figura 33).

Segundo Abreu et al. (2007), a concentração adequada de ferro na parte aérea do capim *Brachiaria brizantha* deve estar entre 50 e 250 mg kg^{-1}. Primavesi et al. (2005), estudando o efeito de doses e de fontes de nitrogênio na composição mineral de capim-marandu, verificaram concentrações de ferro na parte aérea desse capim que variaram entre 196 a 239 mg kg^{-1}. Dessa forma, observou-se que os resultados da concentração de ferro nas gramíneas forrageiras do presente estudo foram superiores aos valores referenciados pelos autores citados anteriormente.

Aumentos nas concentrações de ferro em capins, também foram estudados por Costa et al. (2008), que observaram resposta linear da concentração de ferro na massa seca do capim-xaraés, submetidos a doses de nitrogênio, sendo que as concentrações de ferro variaram de 143,3 a 273,8 mg kg^{-1}.

Não houve significância dos fatores (forrageiras e doses de cinza vegetal) sobre a concentração de ferro na massa seca de raiz, porém, as médias observadas na concentração de ferro nos capins Marandu e Xaraés foram de 536,31 e 525,76 g kg^{-1}, respectivamente.

4.3.10 Manganês

Por meio da análise de variância, verificou-se significância, com efeito isolado entre forrageiras e doses de cinza vegetal, no primeiro e segundo cortes e interação entre os fatores no terceiro corte sobre a concentração de manganês na massa seca da parte aérea dos capins.

No primeiro corte os capins diferenciaram-se, sendo que ao capim-xaraés apresentou média superior na concentração de manganês em relação ao capim-marandu, tendo esse último, média superior no terceiro corte em relação ao capim-xaraés (Tabela 36).

No segundo corte, ao fixar doses de cinza vegetal para estudo das cultivares, os capins diferenciaram-se na concentração de manganês na parte aérea, nas doses de cinza vegetal de 0 e 12 g dm^{-3} (Tabela 37).

Houve significância, com interação entre forrageiras e doses de cinza vegetal e efeito isolado entre ambas sobre a concentração de manganês em massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés. No primeiro corte, houve ajustes dos resultados ao modelo de regressão linear. Dessa forma, no primeiro corte foi observada redução de 34,27% na concentração de manganês na parte aérea desses capins (Figura 34A).

TABELA 36. Manganês na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, no primeiro e terceiro cortes.

	Marandu	Xaraés
	Primeiro corte	
Manganês (mg kg^{-1})	135,84 b	166,40 a
CV%	26,5	
	Terceiro corte	
	273,34 a	237,92 b
CV%	14,6	

Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

TABELA 37. Manganês na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no segundo corte.

	Manganês (mg kg^{-1}) Segundo corte					
Forrageiras	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	199,73 a	170,56 a	170,56 a	178,90 a	141,40 b	191,39 a
Xaraés	158,03 b	178,90 a	184,73 a	171,40 a	203,90 a	191,40 a
CV%	16,43					

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV% = Coeficiente de variação.

No segundo corte houve interação entre forrageiras e cinza vegetal com ajustes aos modelos de regressão linear e quadrático. A concentração de manganês na parte aérea do capim-xaraés foi incrementada em 19,25%. Todavia, no tocante ao capim-marandu, houve redução na concentração de

manganês na ordem de 23,23%, proporcionada pela dose de cinza vegetal de 8,97 g dm^{-3} (Figura 34B).

No último corte houve efeito isolado entre forrageiras e doses de cinza vegetal. Houve redução de 33,26% na concentração de manganês para ambas as forrageiras (Figura 34C).

A concentração de manganês na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés decresceu, de 182,37 para 119,87 mg kg^{-1}, no primeiro corte, para ambas as forrageiras (Figura 34A). No segundo corte houve resposta quadrática, com ponto de mínima em 163,42 mg kg^{-1} para o capim-marandu (Figura 34B). No terceiro corte observou-se decréscimo, com resposta linear para ambas as forrageiras, averiguando redução de 292,9 para 219,18 mg kg^{-1} (Figura 34C). Werner et al. (1996), e Abreu et al. (2007) relatam que as concentrações de manganês consideradas ideais na parte aérea da *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu estão entre a faixa de 40-250 mg kg^{-1}.

Nesse contexto, é relevante abordar que, apesar da redução na concentração de manganês na parte aérea das gramíneas forrageiras, no primeiro e terceiro cortes do presente estudo, os valores de concentração de manganês estiveram muito próximos aos valores considerados adequados pelos autores supracitados.

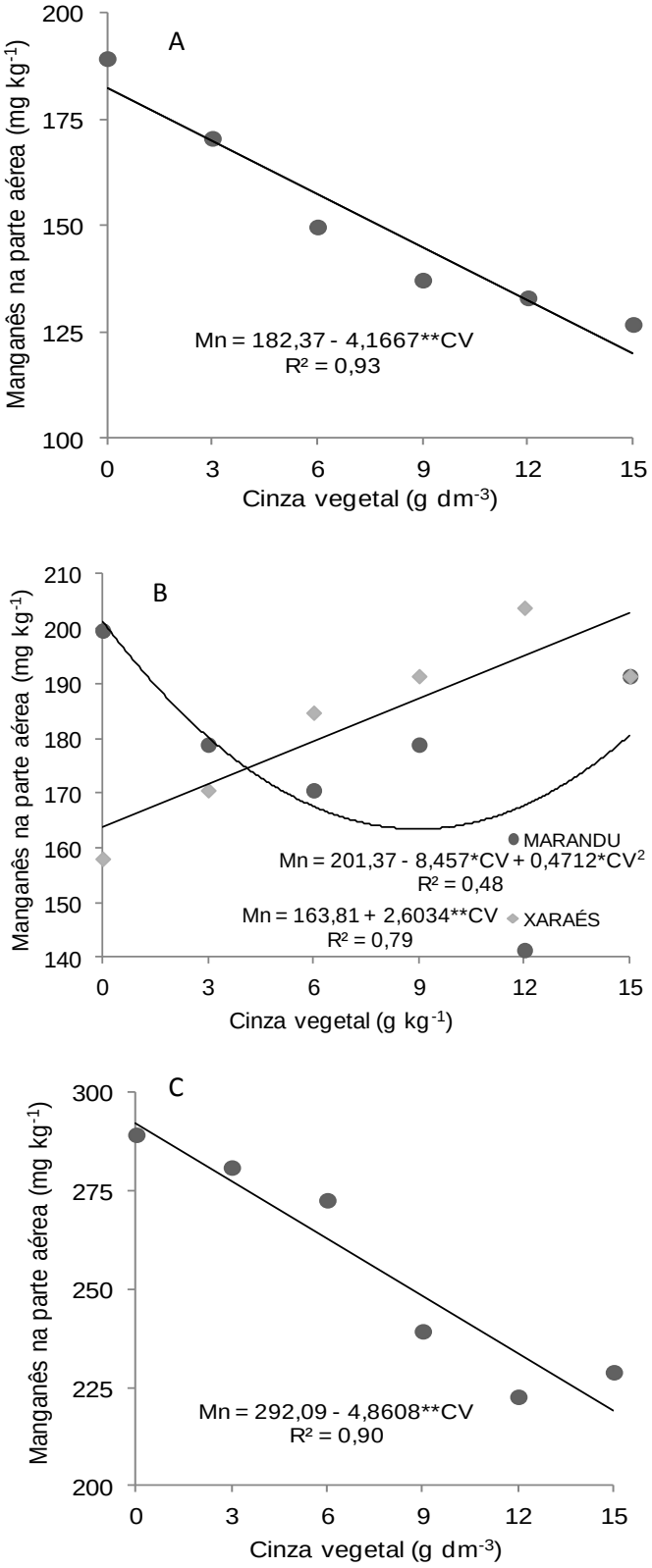

FIGURA 34- Manganês na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) cortes.

Mn= manganês. CV = cinza vegetal. ****,*** significativo a 1 e até 5% de probabilidade, respectivamente.

A concentração de manganês na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés foi significativa, com efeito de interação entre forrageiras e cinza vegetal. No desdobramento das forrageiras dentro de cada nível de cinza vegetal, as variaçoes nas médias ocorreram nas doses de cinza vegetal de 0 e 3 g dm^{-3}, com destaque para o capim-marandu (Tabela 38).

TABELA 38. Manganês na massa seca de raízes dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.

Forrageiras	Manganês (mg kg^{-1}) Terceiro corte					
	Cinza vegetal (g dm^{-3})					
	0	3	6	9	12	15
Marandu	294,73 a	178,90 a	170,56 a	187,23 a	183,6 a	241,40 a
Xaraés	124,73 b	166,39 b	191,40 a	195,56 a	183,0 a	203,94 a
CV%	19,87					

Médias seguidas de letras minúsculas diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey, até 5% de probabilidade. CV% = coeficiente de variação.

No desdobramento de cinza vegetal dentro de cada forrageira, os resultados da concentração de manganês na massa seca de raízes dos capins foram ajustados aos modelos de regressão linear e quadrático. Foi observado incremento na ordem de 30,67% para a cultivar Xaraés, quando comparada à dose sem adição de cinza vegetal com a maior dose desse resíduo (15 g dm^{-3}). Porém, no capim-marandu, verificou-se redução de 71,90% na concentração de manganês com ponto de mínima proporcionado pela dose de cinza vegetal de 8,14 g dm^{-3} (Figura 35).

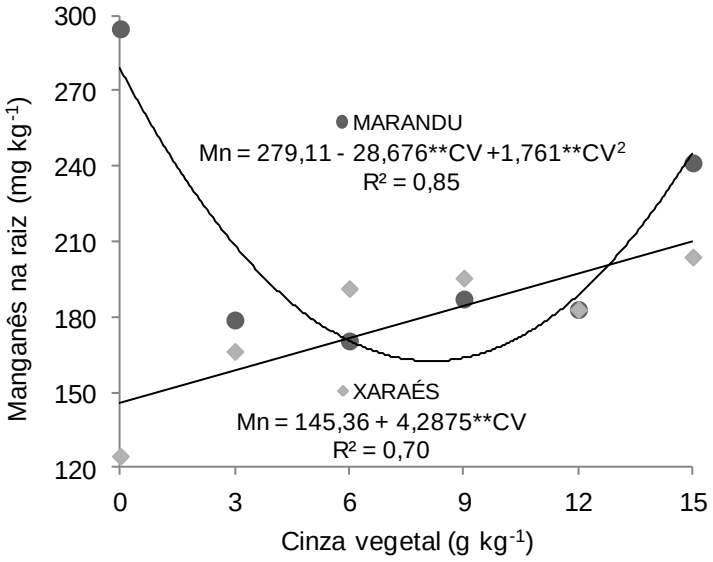

FIGURA 35- Manganês na massa seca de raiz dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
Mn= manganês. CV = cinza vegetal. ****,** significativo a 1% de probabilidade.

O manganês, apesar de ser requerido em menor quantidade pela planta, desempenha papel como constituinte e ativador enzimático. De acordo com Prado (2008), a deficiência de manganês diminui a elongação celular, podendo reduzir o crescimento radicular, indicando inibição do metabolismo e ainda menor fluxo de carboidratos para as raízes. Plantas em adequada faixa de concentração de manganês são mais resistentes a doenças e pragas, uma vez que esse elemento participa do processo de lignificação constituindo barreira física ao patógeno.

Assim sendo, Abreu et al. (2007) citam que a região dos Cerrados tem mostrado respostas mais acentuadas ao uso de micronutrientes; e entre eles notadamente o manganês.

3.4.11 Zinco

Houve significância (somente no terceiro corte) com efeito isolado entre cultivares de *Brachiaria brizantha* e doses de cinza vegetal sobre a concentração de zinco na parte aérea das gramíneas forrageiras. Dessa forma, ao comparar as forrageiras entre si, nos três cortes respectivamente (capim-marandu: 23,10; 19,74 e 21,12 mg kg^{-1}; capim-xaraés: 22,82; 21,41 e

20,64 mg kg^{-1}), as médias de concentração de zinco estão dentro da faixa considerada adequada, pois conforme Werner et al. (1997), essas concentrações de zinco podem variar de 20 a 50 mg kg^{-1}.

No terceiro corte, o resultado da concentração de zinco foi ajustado ao modelo de regressão linear, apresentando assim, redução na concentração de zinco na parte aérea das plantas de 23,77 para 18,01 mg kg^{-1} (Figura 36).

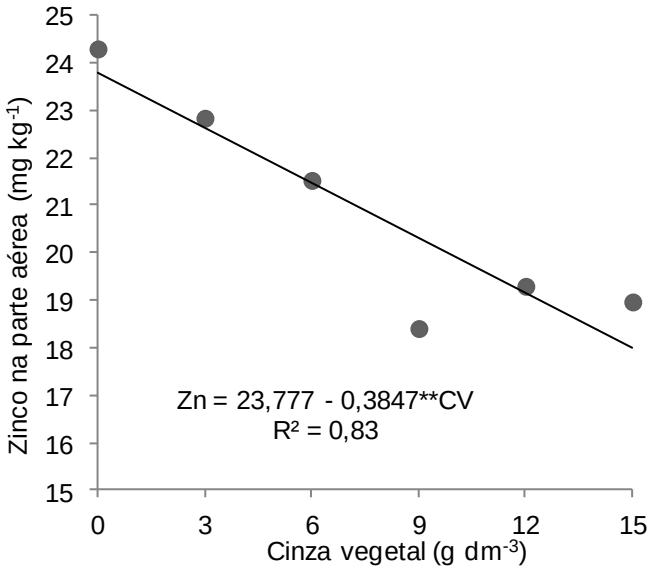

FIGURA 36- Zinco na massa seca da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
Zn= zinco. CV = cinza vegetal. ** significativo a 1% de probabilidade

Na planta, a concentração de zinco pode variar em decorrência das espécies e de fatores do solo. Essas concentrações estão entre 20 a 50 mg kg^{-1} (DECHEN et al., 1991; WERNER et al., 1997). Considerando todo o intervalo experimental do presente estudo, até a dose de cinza vegetal de 9 g dm^{-3}, a concentração de zinco na parte aérea das gramíneas forrageiras atende a faixa preconizada pelos autores. Valores de concentração de zinco superiores aos obtidos nesse estudo (entre 140 e 181 mg kg^{-1}), foram observados por Beraldo et al. (2012), na produção de massa seca do capim-marandu.

Plantas deficientes em zinco normalmente apresentam redução no crescimento e não alongamento dos internódios. Muitas enzimas

dependentes de zinco estão envolvidas no metabolismo das folhas. Segundo Dechen et al. (1991), em valores inferiores a 20 mg kg^{-1} de zinco na planta, frequentemente provocam deficiências.

De acordo com os resultados, a ausência de resposta dos capins Marandu e Xaraés, adubados com cinza vegetal, na concentração de zinco na parte aérea das gramíneas forrageiras, no primeiro e segundo cortes, pode ser atribuída à concentração média de zinco na dose sem aplicação de cinza vegetal (testemunha), conforme corroborado por Hernandes et al. (2009), ao estudar em resposta desse micronutriente em capim-tanzânia.

A análise de variância demonstrou que houve diferença significativa com efeito isolado entre forrageiras e doses de cinza vegetal sobre a concentração de zinco na produção de massa seca de raízes dos capins Marandu e Xaraés, com significância somente para doses de cinza.

Os capins responderam de forma semelhante, quando comparados qualitativamente. Assim, a concentração de zinco na massa seca de raízes não apresentou diferença significativa com médias de 21,09 e 20,73 mg kg^{-1}, respectivamente para os capins Marandu e Xaraés

No estudo das doses de cinza vegetal, o resultado da concentração de zinco na massa seca de raízes das gramíneas forrageiras, foi descrito por modelo de regressão quadrático. O ponto de máxima concentração de zinco, foi observado na dose de cinza vegetal de 4,10 g dm^{-3}, indicando que a partir dessa dose de cinza vegetal, observou-se decréscimo na concentração de zinco na produção de massa seca de raízes dos capins Marandu e Xaraés (Figura 37).

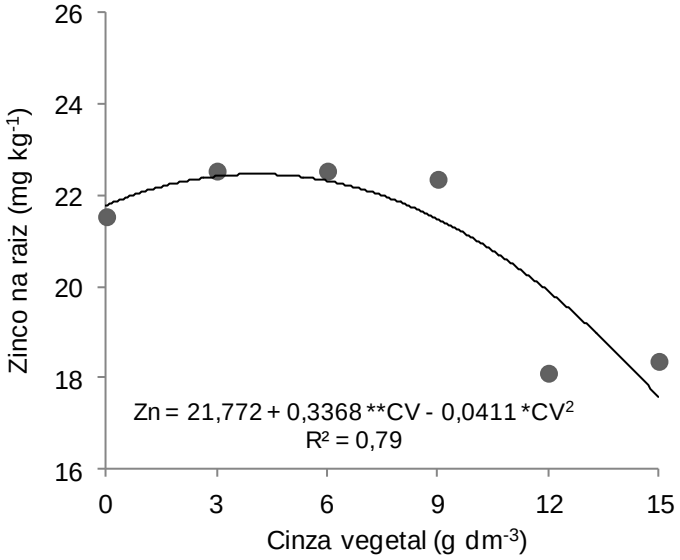

FIGURA 37- Zinco na massa seca de raízes dos capins Marandu e Xaraés, em função das doses de cinza vegetal, no terceiro corte.
Zn= zinco. CV = cinza vegetal. **, * significativo a 1 e até 5% de probabilidade.

Valores de concentração de zinco próximos ao obtidos neste trabalho, foram obtidos por Monteiro et al. (1995), ao estudar macro e micronutrientes, em tratamentos completos (com zinco) e tratamentos sem o nutriente. Assim, no tratamento completo, esses autores observaram concentração de zinco de 20 mg kg^{-1} nas raízes do capim-marandu.

5 CONCLUSÕES

A cinza vegetal como corretivo e fertilizante melhora as características químicas do solo.

As gramíneas forrageiras respondem diferentemente em função da adubação com cinza vegetal, devido às características próprias de cada cultivar.

As doses de cinza vegetal que proporcionam as maiores produções da parte aérea dos capins Marandu e Xaraés em LATOSSOLO do Cerrado em estão entre 7 e 15 g dm^{-3}.

As máximas concentrações de macro e micronutrientes na parte aérea e raiz dos capins Marandu e Xaraés foram observadas entre as doses de cinza vegetal 4 a 12 g dm^{-3}

As doses de cinza vegetal entre 4 e 15 g dm^{-3}, foram as doses que proporcionam os melhores resultados nas características produtivas, estruturais e nutricionais dos capins Marandu e Xaraés.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Análise de plantas para avaliar a disponibilidade de micronutrientes. IN: **Fertilidade do solo**. NOVAES, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, B.; NEVES, J. C. L. 1ª Ed. Cap. IX, p.676-680. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; VERNEQUE, R. S.; BOTREL, M. A. Resposta do Tifton 85 a doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.12, p.2345-2352, 1999.

AUNG, L. H. Root-shoot relationships. In: Carson, E. W. The plant root and its environment. Proceedings of an institute sponsored by the Southern Regional Education Board, 1971, Charlottesville, Virginia. **Proceedings**... Charlottesville: The university press of Virginia, 1974, p. 29-62.

BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J. G. Absorção radicular e redistribuição do boro pelas plantas, e seu papel na parede celular. **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida**. Seropédica, EDUR, v. 24, n.2, Jul.-Dez.,p. 47-66, 2004.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Sistema radicular do capim-marandu, considerando as combinações de doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:821-828, 2006.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:151-161, 2010.

BATISTA, K.; **Respostas do capim-marandu a combinações de doses de nitrogênio e enxofre**. 2002.104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo- Piracicaba, 2002.

BERALDO, J. M. G.; PRADO, R. M.; CORTEZ, J. W. M.; MELLO, A. J. R.; TANIGUCHI, C. A. K. Produção e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de zinco no solo. **Revista Biotemas**, 25 (2), junho de 2012.

BONFIM, E. M. S.; FREIRE. F. J.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, T. J. A.; FREIRE, M. B. G. S. Avaliação de extratores para determinação de fósforo disponível de solos cultivados com *Brachiaria brizantha*. *Acta* **Scientiarum Agronomy***,* Maringá, v. 25, no. 2, p. 323-328, 2003.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1289-1297, jul./ago. 2006.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.39, n.8, p.1641-1649, 2010.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A.; SILVA, T.J.A. Nitrogênio e enxofre na produção e no uso de água pelo capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p 909-317, 2007.

BONFIM-SILVA, E.M; SILVA, T. J. A; CABRAL, C. E. A; VALADARES, E. M.; GOLDONI. Características morfológicas e estruturais de capim-marandu adubado com cinza vegetal em Latossolo Vermelho do Cerrado **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-**Goiânia, v.7, n.12, p. 1-9, 2011a.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; GUIMARÃES, S. L. C.; POLIZEL, A.C. Desenvolvimento e produção de Crotalária juncea adubada com cinza vegetal. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.7, n.12, p.1-10, 2011b.

BONFIM-SILVA, E. M; SILVA, T. J. A.; SANTOS, C. C.; CABRAL, C. E. A.; SANTOS, I. B. Características produtivas e eficiência no uso de água em rúcula adubada com cinza vegetal. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-Goiânia**, v.7, n.13, 2011c.

CANTO, M. W.; CECATO, U.; PETERNELLI, M.; JOBIM, C.C.; JÚNIOR, J. A.; RIGOLON, L. P.; WATFE, E.; BARRIONUEVO, C.V.; NUNES, B. R. C. Efeito da altura do capim-tanzânia diferido nas características da pastagem no período do inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30 n.4, p. 1186-1193, 2001.

CESAR, A. S. M.; PERNA JÚNIOR, F.; TONETTI, P. A.; SILVA, L. H. O.;SGAMBATTI, M. B. D. R.; KOKUBO, M. S.; HERLING, V. R. Algumas características agronômicas e fisiológicas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés adubada com doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais**... João Pessoa: SBZ, 2006.

CHIRENJE, T.; MA, L. Q. Impact of high-volume wood-fired boiler ash amendment on soil properties and nutrients. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, n.1-2, p. 1-17, 2002.

COELHO, P.; COSTA, M. **Combustão**. Edições Orion, Amadora, 2007. 714p.

COSTA, J. M.; OLIVEIRA, E. F. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Campo Mourão – Cascavel, Coamo – Coodetec, 2001. 93p.

COSTA, K. A. P.; ARAÚJO, J. L.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; FIGUEIREDO, S. C.; GOMES, K. W. Extração de macronutrientes pela fitomassa do capim-xaraés em função de doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1162-1166, jul, 2008.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, M. A.; Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 115-123, jan./mar. 2009.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia***,* v.62, n.1, p.192-199, 2010.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V. OLIVEIRA, I. P.; RODRIGUES, R. B.; MEDEIROS, L. S. Doses de nitrogênio na composição bromatológica de Brachiaria brizantha cv. Marandu em estágio moderado de degradação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007 Jaboticabal. **Resumos...**Jaboticabal: SBZ, UNESP, 2007.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60 p.

COSTA, N. L.; RODRIGUES, A. N. A.; PAULINO, V. T. Efeito da adubação fosfatada sobre o rendimento de forragem e composição química de *Paspalum atratum* BRA-009610.**Revista Cientifica Eletrônica de Agronomia**,v.4,n.8,p.1-5, 2005.

CUNHA, F. F; RAMOS, M. M.; ALENCAR, C. A. B.; OLIVEIRA, R. A.; ARAÚJO, R. A. S.; CECON, P. R.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.

Número de folhas do capim-xaraés em diferentes manejos e doses de adubação, intervalos de desfolha e estações Anuais. **Bioscience Journal,** Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 271-282, Mar./Apr. 2011.

DAROLT, M. R.; BIANCO NETO, V.; ZAMBON, F. R. A. Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivo de solo na cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 11, n.1, p.38-40,1993.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n.4, p.121-138, 2007.

DA SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, p.1-62, 1997.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Funções de micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 271-281.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos a nutrição de plantas. IN: **Fertilidade do solo**. NOVAES, R. F.; ALVAREZ, V. V. H ; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, B.; NEVES, J. C. L. 1ª Ed. Cap. IX, p.676-680. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 4.ed.rev. atual. e ampl. Belém: Ed. do Autor, 2011. 216p.

D'UTRA, G. R. P. **Adubos Chimicos**. São Paulo, p. 74-76, 1920.

EMBRAPA – Empresa brasileira de pesquisa agropecuaria. **Manual de métodos de análises de solo. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

ENNOS, R. A. The significance of genetic variation for root growth within a natural population of white clover (*Trifolium repens* L.). **Journal of Ecology**, Oxford, 1985.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; EDWARD, D.G. Soil-Plant nutrient relationships at low pH stress. In: BALIGAR, V.C.; DUNCAN. Ed. R.R., **Crops as enhancers of nutrient use.** New York: Academic Press,. p.475-507, 1990.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira d e Engenhariaí Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 6-16, 1998.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino estatístico. **Revista Symposium**, Lavras, v. 3, p. 317-345, 2008.

FERREIRA, E. P. B.; FAGERIA, N. K.; DIDONET, A. D. Chemical properties of an Oxisol under organic management as influenced by application of sugarcane bagasse ash. **Revista Ciência Agronômica**,v.43, p.228-236, 2012.

FERRARI NETO, J. **Limitações nutricionais para o Colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em Latossolo da região noroeste do Estado do Paraná**. 1991. 126p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras, 1991.

GOMIDE, C. C. C. **Algumas características fisiológicas e químicas de cinco cultivares de Cynodon.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal: UNESP, 1996. 100p.

GOMIDE, J. A.. **Fisiologia do Crescimento Livre de Plantas Forrageiras**. Piracicaba: In: Pastagens - Fundamentos da Exploração Racional. FEALQ**.** p. 1-14, 1994.

HERNANDES, A.; PRADO, R. M.; PEREIRA, F. S.; MODA, L. R.; ICHINOSE, J. G. S.; GUIMARÃES, R. C. M. Desenvolvimento e nutrição do capim-tanzânia em função da aplicação de zinco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, p. 383-389, 2009.

HERNÁNDEZ GARAY, A.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 40, n. 1, p. 37-50, 1997.

HOFFMANN, A.; RAMOS, D.; PASQUAL, M. **Substratos na produção de mudas frutíferas.** Lavras: UFLA, 1995. Circular Ano IV, n. 37.

JENKINS, B. M., BAXTER, L.L., MILES JR, T.R., MILES, T. R., Combustion properties of biomass. **Fuel Processing Technology**. v 54, 17-46, 1998.

LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-aruana em condições controladas. Viçosa: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:829-837, 2006.

LOUÉ, A. **Potassium Research. Research and Trends**. Eern, International Potash Institute, 1978. p. 407-433.

MA, Ministério do Agricultura. **Bovinos e Bubalinos**. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos> Acesso em 20 de agosto de 2012.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; CARDOSO, C. Resposta de *Pinus taeda* à aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Húmico, em vaso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.43-52, 2008.

MALAVOLTA, E. **A B C da análise de solos e folhas**: amostragem, interpretação e sugestões de adubação. São Paulo: Ceres, 1992.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas.** São Paulo, Ceres, 1987.496p.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F.; LAVRES JÚNIOR, J.; MALAVOLTA, M. **Micronutrientes e metais pesados - essencialidade e toxidez**. Cap.4, p.117-154. In: PATERNIANI, E. (Ed.). Ciência, agricultura e sociedade. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p403. 2006.

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

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária.-Brasília : Mapa/ACS, 2009. 399 p.

MATTOS, W.T.; MONTEIRO F.A. Respostas de *Brachiaria brizantha* a doses de potássio. **Scientia Agricola**, v.55, n.3, 1998.

MEIRELLES, P. R. L.; MOCHIUTTI, S. **Formação de pastagens com capim Marandu (*Brachiaria Brizantha* cv. Marandu*)* nos Cerrados do Amapá**. Amapá: Embrapa Amapá: 1999.

MELLO, P.C.. **Classificação e Análises de Adubos**. Campinas, Instituto Agronômico, 25-27 p. 1930.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 3 (Rd) Ed. International Potash Institute. Guissa, 1982.

MESQUITA, E. E.; PINTO, J. C.; NETO, A. E. F.; SANTOS, I. P. A.; TAVARES, V. B. Teores Críticos de Fósforo em Três Solos para o Estabelecimento de Capim-Mombaça, Capim-Marandu e Capim-Andropogon em Vasos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.290-301, 2004.

MONTEIRO, F. A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D. DE; ABREU J. B. R. DE.; DAIUB, J.A.S.; SILVA, J. E. P.; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* stapf. cv. marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, v. 52, n.1, p.135-141, Piracicaba, 1995.

MOTTA, A. C. V.; MONTE SERRA, B.; REISSMAN, C. B.; DIONÍSIO, J. A. **Micronutrientes na rocha, no solo e na planta**. Curitiba: UFPR, 2007.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13, 1996. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.15-95, 1997.

NANTES, N. N. **Manejo e produtividade de cultivares de *Brachiaria brizantha***.Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Faculdade de Medicina veterinária e Zootecnia, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Revisão de Literatura. Campo Grande. 2009, 21p.

NUNES, S. G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M. I. O.; GOMES, D. T. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. 2 ed. Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1985. 31p. (EMBRAPA.CNPGC. Documento, 21).

OBERNBERGER, I., BRUNNER, T., BÄRNTHALER, G. Chemical properties of solid biofuels –significance and impact. **Biomass and Bioenergy**, 2006.

OLIVEIRA, I. P., COSTA, K. A. P., SANTOS, K. J. G.; MOREIRA, F. P. considerações sobre a acidez dos solos de Cerrado. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, v.1, n.1, p. 01-12, ago. Goiás. 2005b.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv.Marandu em Neossolo quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1121-1129, jul./ago. 2005a.

OSAKI, F.; DAROLT, M. R. Estudo da qualidade de cinzas vegetais para uso como adubos na região metropolitana de Curitiba. **Revista Setor Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 11, n. 1, 1991.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 2. ed. Castro: Fundação ABC, 2004.

PATTERSON, S. J.; ACHARYA, S. N.; THOMAS, J. E.; BERTSCHI, A.B.; ROTHWELL, R. L**.** Barley biomass and grain yield and canola seed yield response to land application of wood ash. **Agronomy Journal**, 2004.

PAULINO, V. T.; COSTA, N. L.; CARDELLI LUCENA, M.A.; SCHAMMAS, E. A.; FERRARI JR., E. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a calagem e a fertilização fosfatada em um solo ácido. **Pasturas Tropicales**, 1994.

PEDREIRA, C. G. S.; MELLO, A. C. L.; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.

PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. Fertilidade do solo para pastagens produtivas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, **Anais...**, Piracicaba: FEALQ, 2004.

PINHO, L. G. R.; MONNERAT, P. H.; PIRES, A. S.; MARCIANO, C.R.;SOARES, Y.J.B. Distribuição de nutrientes e sintomas visuais de deficiência de boro em raízes de coqueiro-anão verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2008, vol.32, n.6, pp. 2581-259

PINTO, J. C.; GOMIDE, J. A.; MAESTRI, M. Produção de Gramíneas tropicais cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. Produção de matéria seca e relação folha/caule de gramíneas forrageiras. Viçosa: **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.313-326, 1994.

PRADO, R. M. Manual de **Nutrição de Plantas Forrageiras**. Edição 1. São Paulo: Jaboticabal: Ed. FUNEP, v. 1, 2008, 500 p.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Efeito de doses e de fontes de nitrogênio na composição mineral de capim-marandu- Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos. Dezembro, 2005. (Comunicado Técnico 58).

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**, Lavras, v.30, N.3, p.562-568, 2006.

RAIJ, B. V. **Acidez do solo e calagem**. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO. IAPAR, ANDA PPI/PI, Londrina, 65-85, 1983.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991, 343 p.

RAIJ, B. V; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JR., R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado**

de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996. 105 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

SANTOS, J.A.G., MOREAU, A.M.S.S., REZENDE, J.O; COELHO, I.A. Efeito da Aplicação de Cinza, Oriunda de Biomassa Vegetal, na Atividade Microbiana de um Solo Podzólico Amarelo Cultivado com Eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. **Resumos Expandidos**, **2**: 457-459,1995.

SANTOS JÚNIOR, J. D. G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio**. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SANTOS, R.V.; EVANGELISTA, A.R.; PINTO, J.C.; COUTO FILHO, C.C.C.; SOUZA, R.M. Composição química da cana-de-açucar (*Saccharum* spp.*)* e das silagens com diferentes aditivos em duas idades de corte. Lavras: **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.6, p.1184-1189, 2006.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu sob lotação contínua**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004. 171p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004.

SHU, W.S.; YE, Z.H.; LAN, C.Y.; ZHANG, Z.Q.; WONG, M.H. Lead, zinc and copper accumulation and tolerance in populations of *Paspalum distichum* and *Cynodon dactylon*. **Environment Pollution**, v.130, n.2, p.445-453, 2002.

SILSBURY, J.H. Interrelations in the growth and development of *Lolium.* II. Tiller number and dry weight at low density. **Australian Journal Research***,* v.17, n.6, p.841-847, 1966.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVEIRA, M.C.T. **Caracterização morfogênica de oito cultivares do gênero *Brachiaria* e dois do gênero *Panicum*.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2006.

SOARES FILHO, C.V.; **Curso de manejo de pastagem**. Apostila. Departamento de apoio, produção e saúde animal. UNESP: Campus de Araçatuba 1997. 44p.

SOUZA FILHO, A.P.S., VELOSO, C.A.C. GAMA, J.R.N. Capacidade de absorção de nutrientes do capim-marandu (*brachiaria brizantha*) e da planta daninha malva (urena lobata) em função do pH. Viçosa: **Planta Daninha**, v.18, n.3, p.443-450, 2000.

TIFFANY, M. E.; MCDOWELL, I. R.; O'CONNOR. G. A.; NEGYEN, H.; MARTIN, F.G.; WIKINOSN, N. S.; CARDOSO, E.C. Effect of pasture applied biosolids of forage and soil concentration over a grazing season in north Florida. II Microminerals. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 31: 215-227, 2000.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17, Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.65-108, 2000.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; BONATO, A. L. V. Lançamento de cultivares forrageiras: o processo e seus resultados – cvs. Massai, Pojuca, Campo Grande, Xaraés. In: EVANGELISTA, A. R.; REIS, S. T.; GOMIDE, E. M. (Ed.). **Forragicultura e pastagens: temas em evidência – sustentabilidade**. Lavras: Editora UFLA, 2003. p. 179-225.

VAMVUKA .; ZÓGRAFOS**. Predicting the behaviour of ash from agricultural waste during combustion**. Fuel. 83, 2051-2057, 2004.

VIÉGAS, I. J. M.; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, J. F.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; NAIFF, A. P. M. Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camuzeiro. Jaboticabal: **Revista Brasileira de Fruticultura**, 26:315-319, 2004.

VILELA, L. et al. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2002. cap. 14, p. 367-382.

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

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2 ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p. 263-273.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. Forrageiras. In: RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 263-273 (IAC. Boletim Técnico, 100).

YOUNGNER, V. B. **Physiology of defoliation and regrowth**. In: YOUNGNER, V.B.; McKELL, C. M. (Ed.). The biology and utilization of grasses. Academic Press, New York, 1972.

ZIMMERMANN, S.; FREY, B. Soil respiration and microbial properties in an acid forest soil: effects of wood ash. **Soil Biology & Biochermistry**, p. 1-11, 2002.