

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DA
CALAGEM E ADUBAÇÃO COM ZINCO”**

MARCELO FERRAZ DE CAMPOS

Dissertação apresentada à “Faculdade de Ciências Agrônomicas”, Campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Agricultura.

BOTUCATU - SP

Junho - 2000

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DA
CALAGEM E ADUBAÇÃO COM ZINCO”**

MARCELO FERRAZ DE CAMPOS

Orientador: **Prof. Dr. Sílvio José Bicudo**

Dissertação apresentada à “Faculdade de Ciências Agrônomicas”, Campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Agricultura.

BOTUCATU - SP

Junho - 2000

DEDICATÓRIA

Ao DEUS que nos dá a vitória por nosso Senhor Jesus Cristo.

“O temor do Senhor é o princípio da ciência: os loucos desprezam a sabedoria e a instrução.”
Prov., cp.1, v.7.

À Rose,

Mulher formosa, amiga minha, em ti não há mancha. O amor não é uma criação de nossa mente, ele existe, floresce no coração, quer se queira quer não, quer se pense nele ou não, ele é uma realidade, uma liberdade, uma adesão, uma esperança, uma exigência, um sacrifício, uma alegria, uma paz.

À Bruno e Marcelo,

Deus não desampará nem se esquecerá de vocês, seus anjos os guardarão.

À amiga Marina,

Conselheira, tem me ensinado estatutos e juízos, me mostrou o caminho da sabedoria e do entendimento, que Deus te abençoe.

Aos amigos Ricardo e Teresa,

Pessoas cujo trabalho é feito com sabedoria, ciência e destreza, que Deus lhes dê sabedoria, conhecimento e alegria.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, sempre incentivadora ao iniciar e finalizar do curso de graduação e pós-graduação e pelo apoio amoroso dispensado nas diversas circunstâncias.

À “Faculdade de Ciências Agrônomicas”, Campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista, que através da pessoa do Prof. Dr. Sílvio José Bicudo, possibilitou a efetivação de ensinamentos fundamentais para o exercício das atividades de pesquisador científico.

Ao Prof. Dr. José Roberto Santos da Universidade Federal de Alagoas, e Prof. Dr. Ângelo Catâneo do Departamento de Economia da “Faculdade de Ciências Agrônomicas”, Campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista pelo apoio na execução e interpretação das análises estatísticas.

Aos alunos de Pós-graduação da “Faculdade de Ciências agrônomicas”, Campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista, pela colaboração, incentivo e contribuições.

Aos funcionários do Núcleo Regional de Pesquisas Agropecuárias do Instituto Agronômico de Campinas - IAC: Aildson P. Duarte, Gessi Ceccon, José C. Pugliesi, José Valmido, Ricardo A. D. Kanthack, Sílvio R. Nascimento e funcionários de campo, pela colaboração e sugestões práticas, para condução do experimento.

Aos colegas e companheiros do curso de graduação em Agronomia, turma de 1989, da Faculdade de Agronomia e Zootecnia “Manoel Carlos Gonçalves” de Espírito Santo do Pinhal, pela contribuição inestimável na formação acadêmica e pessoal.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO.....	01
2. SUMMARY.....	03
3. INTRODUÇÃO.....	05
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	07
4.1 Calagem.....	07
4.2 Cálcio e magnésio.....	09
4.3 Zinco.....	11
4.3.1 Zinco no solo.....	12
4.3.2 Zinco na planta.....	13
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
5.1 Local e época.....	15
5.2 Cultivar.....	15
5.3 Solo.....	16
5.4 Delineamento experimental e análise estatística.....	17
5.5 Instalação e condução do experimento.....	17
5.6 Características agronômicas avaliadas.....	20
5.6.1 Estande da cultura ou população inicial de plantas.....	20
5.6.2 Altura de plantas.....	20
5.6.3 Número de hastes por plantas.....	21
5.6.4 Número de raízes por plantas.....	21
5.6.5 Acúmulo de matéria verde e matéria seca de raízes.....	21
5.6.6 Acúmulo de matéria verde e matéria seca de caules.....	21
5.6.7 Acúmulo de matéria verde e matéria seca de folhas.....	22
5.6.8 Teores de cálcio, magnésio e zinco nos órgãos das plantas.....	22
5.6.9 Correlação entre a matéria seca de raízes e as variáveis da cultura.....	22
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
6.1 Estande da cultura ou população inicial de plantas.....	23

6.2	Altura de plantas.....	24
6.3	Número de hastes por plantas.....	28
6.4	Número de raízes por plantas.....	31
6.5	Acúmulo de matéria verde e matéria seca de raízes.....	34
6.6	Acúmulo de matéria verde e matéria seca de caules.....	42
6.7	Acúmulo de matéria verde e matéria seca de folhas.....	46
6.8	Cálcio, magnésio e zinco nas raízes das plantas.....	50
6.9	Cálcio, magnésio e zinco no caule das plantas.....	54
6.10	Cálcio, magnésio e zinco nas folhas das plantas.....	58
6.11	Correlação entre a matéria seca de raízes e variáveis da cultura.....	62
6.12	Considerações finais.....	63
7.	CONCLUSÕES.....	65
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Resultados médios das análises químicas de macronutrientes do solo antes da correção....	16
2 Resultados médios das análises químicas de micronutrientes do solo antes da correção..	16
3 Resultado das determinações analíticas do calcário utilizado nos tratamentos das parcelas.....	18
4 Esquema da distribuição das doses de calcário nas parcelas e de zinco nas sub-parcelas.	19
5 Valores médios do número de plantas ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função das doses de calcário e zinco	24
6 Valores médios de altura de plantas de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função das doses de calcário e zinco.....	25
7 Valores de F para regressão referentes à primeira amostragem para altura de plantas.....	26
8 Valores de F para regressão referentes à quarta amostragem para número de hastes.....	30
9 Valores de F para regressão referentes à segunda amostragem para o número de raízes.	32
10 Valores de F para regressão referentes à terceira amostragem para o número de raízes	33
11 Valores médios de matéria verde de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função de doses de calcário e zinco.....	35
12 Valores médios de matéria verde de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função das doses de calcário e zinco (terceira amostragem).....	36
13 Valores médios de matéria verde de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função das doses de calcário e zinco (quarta amostragem).....	36
14 Valores médios de matéria seca de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função de doses de calcário e zinco	37
15 Valores médios de matéria seca de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função das doses de calcário e zinco (terceira amostragem).....	38
16 Valores médios de matéria seca de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função das doses de calcário e zinco (quarta amostragem).....	38
17 Componentes de produção e produtividade de raízes de mandioca.....	39
18 Valores médios de matéria verde de caule de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função de doses de calcário e zinco.....	42

19 Valores médios de matéria verde de caule de mandioca (kg.ha^{-1}) em função das doses de calcário e zinco (terceira amostragem).....	43
20 Valores médios de matéria seca de caule de mandioca (kg.ha^{-1}) em função das doses de calcário e zinco (quarta amostragem).....	43
21 Valores médios de matéria seca de caule de mandioca (kg.ha^{-1}) em função das doses de calcário e zinco.....	44
22 Valores médios de matéria verde e matéria seca de folhas de mandioca nas duas primeiras amostragens (kg.ha^{-1}) em função de doses de calcário e zinco.....	47
23 Valores médios para o conteúdo de cálcio (mg.kg^{-1}) na matéria seca das raízes de mandioca em função de doses de calcário e zinco.....	50
24 Valores médios para o conteúdo de magnésio (mg.kg^{-1}) na matéria seca das raízes de mandioca em função de doses de calcário e zinco.....	51
25 Valores médios para o conteúdo de magnésio (mg.kg^{-1}) na matéria seca do caule de mandioca em função de doses de calcário e zinco.....	54
26 Valores médios para o conteúdo de zinco (mg.kg^{-1}) na matéria seca do caule de mandioca em função de doses de calcário e zinco.....	57
27 Valores médios do conteúdo de cálcio, magnésio e zinco (mg.kg^{-1}) na matéria seca das folhas de mandioca em função de doses de calcário e zinco.....	59
28 Coeficiente de correlação entre a matéria seca de raízes de mandioca e variáveis da cultura em cada época de amostragem.....	62
29 Coeficiente de correlação entre a matéria seca de raízes de mandioca na época de colheita e variáveis da cultura em cada época de amostragem.....	63
30 Efeito dos tratamentos com calcário e zinco sobre as variáveis da cultura analisadas..	64

LISTA DE FIGURAS

Figura	página
1 Altura média de plantas de mandioca em função das doses de calcário e doses de zinco dentro da dose 3.187,50 kg.ha ⁻¹ de calcário na primeira amostragem.....	27
2 Altura média de plantas de mandioca em função de doses de calcário na segunda e terceira amostragens.....	28
3 Número de hastes de plantas de mandioca em função das doses de calcário na primeira e segunda amostragens.....	29
4 Número de hastes de plantas de mandioca em função das doses de calcário e doses de zinco dentro da dose 1.593,75 kg.ha ⁻¹ de calcário na quarta amostragem.....	31
5 Número de raízes de mandioca em função das doses de zinco dentro da dose 4.781,25 kg.ha ⁻¹ de calcário na quarta amostragem.....	34
6 Matéria seca de raízes de mandioca em função de doses de calcário na primeira, segunda e terceira amostragem.....	40
7 Matéria seca de raízes de mandioca em função das doses de zinco dentro das doses 3.187,50 kg.ha ⁻¹ e 4.781,25 kg.ha ⁻¹ de calcário na primeira amostragem.....	41
8 Matéria verde de caule de mandioca em função de doses de calcário na primeira, segunda e terceira amostragem.....	45
9 Matéria verde de caule de mandioca em função de doses de zinco dentro da dose 4.781,25 kg.ha ⁻¹ de calcário na segunda e quarta amostragem.....	46
10 Matéria seca de folhas de mandioca em função de doses de calcário na primeira e segunda amostragem.....	48
11 Matéria verde de folhas de mandioca em função das doses de zinco dentro da dose 4.781,25 kg.ha ⁻¹ de calcário na segunda amostragem.....	49
12 Acúmulo de cálcio nas raízes de mandioca em função das doses de calcário na primeira amostragem, doses de zinco dentro da dose 1.593,75 kg.ha ⁻¹ de calcário na quarta amostragem e acúmulo de magnésio nas raízes de mandioca em função do tratamento testemunha (sem calcário).....	52

- 13 Acúmulo de zinco nas raízes de mandioca em função das doses de calcário na primeira amostragem e doses de zinco dentro do tratamento testemunha (sem calcário) na quarta amostragem..... 53
- 14 Acúmulo de zinco no caule das plantas de mandioca em função de doses de calcário na primeira amostragem, doses de zinco na segunda amostragem e doses de zinco dentro da dose $3.187,50 \text{ kg.ha}^{-1}$ de calcário na terceira amostragem.. 56
- 15 Acúmulo de cálcio no caule das plantas de mandioca em função de doses de calcário na segunda amostragem e acúmulo de magnésio em função das dose de calcário na primeira amostragem 57
- 16 Acúmulo de cálcio nas folhas de mandioca em função das doses de calcário na segunda amostragem e acúmulo de magnésio em função das doses de calcário na primeira amostragem..... 62
- 17 Acúmulo de zinco nas folhas de mandioca em função de doses de calcário na primeira amostragem, doses de zinco dentro do tratamento testemunha (sem calcário) na segunda amostragem e doses de zinco dentro da dose $1.593,75 \text{ kg.ha}^{-1}$ de calcário segunda amostragem..... 63

1 RESUMO

Com objetivo de estudar o efeito das doses de calcário e zinco sobre a nutrição, desenvolvimento e produtividade da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), instalou-se um ensaio em Assis SP, Núcleo Regional de Pesquisas Agropecuárias do Instituto Agronômico de Campinas, em Latossolo vermelho escuro, distrófico, álico textura arenosa com $0,12 \text{ mg/dm}^3$ TFSA de Zn^{2+} . O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas e com quatro repetições, sendo as doses de calcário: 0; 1.593,75; 3.187,50 e 4.781,25 kg.ha^{-1} e as doses de zinco: 0; 2,08; 4,17 e 6,25 kg.ha^{-1} . Foram realizadas três amostragens em épocas distintas onde foram coletadas três plantas das linhas externas de cada sub-parcela e uma amostragem final coletando todas as plantas das linhas internas das mesmas. Com base nas análises realizadas, pode-se concluir que as doses mais altas de calcário aplicadas foram responsáveis por um aumento no número de plantas, maior altura, aumento no número de hastes e na produção de matéria verde e seca das partes colhidas da planta. As produções mais altas de raízes, caules e folhas aparecem com a dose 4.781,25 kg.ha^{-1} de calcário associadas com a dose 6,25 kg.ha^{-1} de zinco sendo estas as doses mais altas aplicadas. Quando foram aplicadas doses baixas de calcário principalmente na dose 1.593,75

kg.ha⁻¹ as maiores produções foram encontradas com a aplicação da dose 2,08 kg.ha⁻¹ de zinco. O acúmulo de cálcio e de magnésio nos caules e folhas foi maior com as doses mais altas de calcário, sendo que nas raízes ocorreu o contrário, ou seja maiores acúmulos de cálcio e magnésio, foram associados as doses mais baixas de calcário. Os teores de zinco nas diferentes partes da planta diminuem com o aumento das doses de calcário, porém aumentou em função da aplicação do zinco independente das doses de calcário. Os mais altos acúmulos de cálcio e magnésio foram observados no caule das plantas seguido pelas folhas e raízes. O zinco foi encontrado em maior concentração nas raízes e em menor no caule e nas folhas.

A altura das plantas e o número de raízes apresentam correlação com a produção de matéria seca de raízes.

THE NUTRITION AND DEVELOPMENT OF THE CASSAVA PLANT AS A FUNCTION OF LIMING AND ZINC. Botucatu, 2000. 78p. Tese (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARCELO FERRAZ DE CAMPOS

Adviser: SÍLVIO JOSÉ BICUDO

2 SUMMARY

With the purpose of studying the dose effect of lime and its interaction with the dose application of zinc, on the agronomic characteristics of the cassava crop (*Manihot esculenta* crantz). The experiment was installed in Assis SP, Regional Nucleus of the Live Stock Research of the Agricultural Institute in Campinas, in oxisol with sandy texture with $0,12 \text{ mg/dm}^3$ of Zn^{2+} in the soil. The block design utilized was the split plot design with 4 replicates of the lime doses, with subdivided plots with 4 additional treatments of the zinc doses. Three samplings were accomplished in distinct periods phase 3 plants were collected for sub-plots and the final sample collection dose with all the plants of the central row of the same block. With the analyses dose with the crop variables, it can be concluded that the major doses of the lime applied were responsible for the large number of plants, large height, large number of the stems and the large production of the dry mass of the parts of the plant. The large production of the roots, stems and leaves were produced with the dose of $4.781,25 \text{ kg.ha}^{-1}$ of the liming plus zinc, with a dose of $6,25 \text{ kg.ha}^{-1}$ of zinc which was the greatest doses applied in the treatments. When the less doses of lime were applied principally in the dose of $1.593,75 \text{ kg.ha}^{-1}$ the largest productions were obtained with the application of the $2,08 \text{ kg.ha}^{-1}$ of zinc dose. The accumulation of the calcium, the magnesium in the stems and leaves were large with the largest doses of the lime, while in the roots, the reverse is the case this elements are accumulated in large quantities when the lime dose are less. The zinc content in the plant parts reduced with respect to the increase of the lime dose and the lime increased when applied in large quantities, independent of the lime doses. The large quantities

of the calcium and magnesium were accumulated in the systems of the plant followed by the leaves and the roots and the zinc is gotten in great quantities in the roots and less quantities in the systems and leaves. The plant height and the number of the roots showed correlation with the production of the dry mass of the roots.

Keywords: development, nutrition, liming, zinc

3 INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) não evoluiu tecnologicamente como as culturas de clima temperado, todavia é de grande importância para os países situados entre os paralelos 30 norte e sul, onde as condições edafoclimáticas são favoráveis ao cultivo dessa euphorbiaceae.

O Brasil participa com uma produção anual de raízes em torno de 23 milhões de toneladas, representando 19% da produção mundial anual. A grande maioria dos cultivos mundiais são de subsistência, existindo também as culturas comerciais que são destinadas principalmente as indústrias de farinha e fécula (Lorenzi & Monteiro, 1980).

Nos trópicos a mandioca ocupa o quarto lugar em importância como fonte energética e é um alimento básico para mais de 500 milhões de pessoas. O rendimento médio da cultura em nível mundial, brasileiro e paulista é de 9, 12 e 23 toneladas de raízes por hectare, respectivamente (Lorenzi & Monteiro, 1980). Em condições experimentais tem se obtido rendimento de raízes de até 85 toneladas por hectare (Domínguez, 1979).

Nas duas últimas décadas, a produção de alimentos para o consumo interno sofreu impacto negativo por falta de incentivo. O estímulo à produção de alimentos de exportação e à cana de açúcar, gerou um decréscimo na produção de arroz, mandioca e feijão,

componentes básicos da alimentação da população brasileira. Esse desestímulo ocasionou um desequilíbrio tecnológico entre culturas de exportação e aquelas de consumo interno.

Neste contexto, apesar da mandioca não ter acompanhado tecnologicamente os demais cultivos de clima temperado, sua importância e potencialidade mostra que para a obtenção de altas produtividades é inevitável a utilização de novas técnicas de manejo do solo. É consenso que a calagem é uma prática agrícola necessária que resulta no aumento da produtividade das culturas, por corrigir a reação dos solos, elevar a disponibilidade de diversos nutrientes (P, Mg, Ca, etc.), reduzir de outros (Fe, Zn, Cu, Mn, etc.) e aumentar a atividade biológica do solo (Lopes, 1998).

A redução dos teores de zinco do solo, resultante do efeito da calagem pode ser de tal magnitude que limita os efeitos benéficos dessa prática agrícola (Domingues, 1979).

Dessa forma o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses crescentes de calcário e zinco sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura da mandioca.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Calagem

O pH de um solo é uma expressão da atividade do íon hidrogênio. A principal fonte de hidrogênio, na maioria dos solos com pH menor que 5,5, é a reação do alumínio com a água, como mostra a equação: $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})^{2+} + \text{H}^+$. Essa reação libera H^+ (acidificação) que por outro lado, aumenta a quantidade de alumínio Al^{3+} pronto para reagir novamente. O calcário reduz a acidez do solo convertendo alguns íons de hidrogênio em água. Acima de pH 5,5 o Alumínio precipita como $\text{Al}(\text{OH})_3$ e, assim, sua ação toxica e a principal fonte de H^+ são eliminadas. Enquanto os íons de cálcio (Ca^{2+}) do calcário substituem o alumínio (Al^{3+}) nos pontos de troca, o íon carbonato (CO_3^{2-}) reage com a solução do solo criando um excesso de íons hidroxila (OH^-) que, em seguida, reagem com o H^+ (excesso de acidez), formando água (Lopes, 1998).

A aplicação de calcário para a maioria dos solos tropicais é pratica necessária para elevar o pH do solo, reduzir o alumínio trocável, aumentar a eficiência da

adubação fosfatada e fornecer o cálcio e o magnésio como nutriente (Howeler,1978; Miranda et al., 1980).

A prática da calagem devolve ao solo o Ca e o Mg que perderam (ou que nunca teve um teor adequado) neutralizando o alumínio, o manganês e o ferro tóxicos, dando condições para a disponibilidade de nutrientes, garantindo assim um meio favorável para o crescimento das plantas e para a vida dos microrganismos do solo (Malavolta,1976).

Segundo Gomes (1987), os pequenos efeitos positivos ou negativos da calagem não são coerentes com os teores de alumínio trocável, saturação por alumínio e teor de cálcio e magnésio no solo.

Segundo Brandy (1983) a acidez é comum em todas as regiões onde a precipitação é suficientemente elevada para lixiviar as bases trocáveis das camadas superficiais dos solos. Sob condições de alta acidez, parte do alumínio se torna solúvel e parte é adsorvido entrando em equilíbrio. A hidrólise do alumínio da solução contribui para a acidez com a liberação dos íons hidrogênio.

Sabe-se que as plantas crescem nas condições naturais em solos com pH que variam de 4 a 8, entretanto algumas espécies se desenvolvem em faixa mais estreita de pH, enquanto outras são mais tolerantes a essa propriedade dos solos. Isso indica, que o pH não é o único responsável pela absorção de nutrientes pelas plantas (Malavolta, 1976).

Segundo Raij (1991), solos ácidos são, em geral, também infertéis. Assim a calagem induz a uma extração mais rápida de nutrientes pelas plantas, podendo ocorrer deficiências se as adubações não forem adequadas. Os micronutrientes costumam ser negligenciados nas adubações e sua deficiência pode ocorrer por causa da calagem. De uma forma geral, com calagem elevada é necessário maior atenção para potássio, zinco, boro e manganês. Outra causa de efeitos desfavoráveis da calagem está associada a inadequada incorporação do calcário mediante uso exclusivo da gradagem (Raij, 1991).

Segundo Normanha & Pereira (1963) a acidez do solo interfere no desenvolvimento vegetativo e na produção de raízes de reserva. A sensibilidade da cultura está relacionada com a toxicidade do alumínio, manganês e deficiência de cálcio fósforo ou molibidênio (Asher et. Al., 1980). Por outro lado, Edwards et al. (1976) concluíram que a

mandioca é espécie tolerante a baixo pH, alta concentração de alumínio e manganês, o que foi confirmado por Lozano et al. (1981) e Howeler (1981).

Brinholi (1977), ao estudar a influencia da calagem na cultura da mandioca em Latosol Vermelho Amarelo fase arenosa, observou aumento na produção de matéria seca da planta e das raízes de reserva, bem como aumentos no diâmetro, comprimento e número de raízes por planta. As doses que determinaram maiores aumentos percentuais foram 1,5 e 3,0 toneladas por hectare.

Junqueira Neto citado por Perin (1982), e Marcano et al. (1994) estudaram a influencia da calagem em 100 e 27 cultivares de mandioca, respectivamente. De maneira geral, observaram que a calagem determinou aumentos na produção da maioria das cultivares testadas.

Perin (1982), com experimento instalado em casa de vegetação, cujo objetivo foi estudar os efeitos de quatro doses de fósforo e quatro doses de calcário, no crescimento e no acúmulo de nutrientes na parte aérea e nas raízes de duas cultivares de mandioca, observou que embora não tenha ocorrido interação entre os dois fatores, o crescimento das plantas foi influenciado positivamente tanto pelo fósforo como pela calagem, sendo mais acentuado os efeitos da adubação fosfatada.

Sousa et al. (1992), em experimento instalado na região de Sinop, MT, com a aplicação de doses de vinhoto interagindo, fósforo e calagem (0 e 1t. $\text{CaCO}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$), observou que a calagem influenciou significativamente matéria seca de raízes e parte aérea. Este efeito está coerente com a análise do solo que apresentou alumínio acima de 0,5 meq/100g em todas as camadas, e o teor de cálcio mais magnésio abaixo de 1,0 meq/100g em cinco das seis camadas avaliadas. Segundo esses autores a presença de micronutrientes no vinhoto evitou a ocorrência de deficiências, inclusive do zinco.

4.2 Cálcio e magnésio

O cálcio é de fundamental importância no crescimento e desenvolvimento da planta, pois é o elemento formador de parede celular, garantindo o

desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular. O baixo suprimento de Ca e Mg pelo substrato de crescimento ocasiona mal funcionamento e redução no desenvolvimento radicular.

Os elementos entram em contato com a raiz por intercepção radicular, fluxo de massa e difusão, 760 % e 375 % do total de cálcio e magnésio absorvido pelas plantas ocorre por fluxo de massa e 287 % e 57 % respectivamente é absorvido por intercepção radicular não ocorrendo absorção por difusão (Malavolta 1980).

Na planta o cálcio é considerado elemento imóvel, uma vez que não é redistribuído via floema. Diferente do cálcio, o magnésio é bastante móvel no floema de modo que sua redistribuição é fácil. Sem dúvida o papel mais importante conhecido do magnésio na vida da planta refere-se à sua presença na molécula de clorofila e os cloroplastos possuem a metade do magnésio foliar (Malavolta, 1976).

Em estudos conduzidos na Colômbia, (CIAT, 1977) avaliou-se a influencia da calagem (0,0 ; 0,5 ; 2,0 e 6,0 toneladas por hectare de calcário) em cinquenta cultivares de mandioca. Nas parcelas em que o calcário não foi aplicado, as plantas apresentaram crescimento reduzido e folhas baixas amareladas, devido a deficiência de cálcio e de magnésio. Em outro ensaio no mesmo local, testando o comportamento de 183 cultivares, constatou-se que, em média a mandioca produziu 81% do rendimento máximo do ensaio, com a aplicação de 0,5 toneladas por hectare de calcário.

Vidigal Filho et al. (1997), em experimento realizado em casa de vegetação, estudou o efeito da calagem (0,0 e 4,10 t.ha⁻¹), dois níveis de fósforo (0,0 e 80 mg/dm³ de P) e quatro níveis de zinco (0,0; 1,0; 2,0 e 4,0 mg/dm³ de Zn) em mandioca, e observaram que não houve diferença entre as médias para a produção de matéria seca total, embora os teores de cálcio e de magnésio na parte aérea da planta tenham se elevado quando efetuada a calagem. Esses resultados discordam de Perin (1982) e Nogueira et al. (1984).

Paula et al. (1985), em um experimento de campo, testou as combinações de calagem (0 ; 500 ; 1.000 e 1.500 kg.ha⁻¹ de calcário) e de fósforo (0 ; 125 ; 250 ; 1.000 e 2.000 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) e observaram que a calagem e o fósforo proporcionam maiores concentrações de cálcio e de fósforo e menores de zinco nos tecidos das plantas. De uma maneira geral, os autores, verificam que houve uma redução no teor de zinco, na parte

aérea, com os níveis mais elevados de fósforo. Esta redução foi ainda mais acentuada com o aumento das doses de calcário.

Mondarde et al. (1994), em experimento realizado em areia quartzosa distrófica, observaram que a aplicação de gesso agrícola, em várias profundidades, proporcionaram aumento dos teores de cálcio e fósforo no solo, porém não influenciou a produção de raízes, e teor de amido das raízes de mandioca, cultivar Mandarin Branca.

4.3 Zinco

É o micronutriente mais estudado em nossa agricultura devido ao avanço da ocupação dos solos sob vegetação de cerrado. Em termos nutricionais o zinco exerce um papel importante como catalisador responsável pela produção de auxina. A deficiência de zinco quando ocorre em solos ácidos indica níveis muito baixos do elemento. O teor de zinco é geralmente maior nas camadas superficiais, o que pode ser atribuído à decomposição da matéria orgânica depositada no solo (Grassi Filho, 1999). Segundo Malavolta (1976), as espécies variam na sua capacidade de absorver zinco tanto no caso de culturas anuais como no de forrageiras; o mesmo acontece com variedades dentro de uma mesma espécie, em alguns casos sabe-se que a deficiência de zinco está associada com a alta absorção de fósforo e ferro.

Vidigal Filho et al. (1997), estudando diferentes níveis de zinco (0,0; 1,0; 2,0 e 4,0 mg/dm³ de Zn) na cultura da mandioca em casa de vegetação, correlacionando com inoculação com fungo micorrísico, calagem (0,0 e 2,05g/dm³) e superfosfato triplo (0,0 e 80 mg/dm³) em substrato não-fumigado não observaram influencia significativa do zinco sobre as características de crescimento tanto da parte aérea quanto das raízes da planta de mandioca, resultados que discordam daqueles encontrados por Nogueira et al. (1984), que verificam aumentos na produção de raízes de reserva, em função da aplicação de zinco.

4.3.1 Zinco no solo

Nos minerais primários a maior parte do zinco encontra-se ligado à cristais dos minerais ferro-magnésiano, e na matéria orgânica pode formar quelatos e complexos menos estáveis que os estabelecidos com cobre, ferro, cobalto e cálcio. A mobilidade do zinco no solo é baixa e os mecanismos de absorção pelas raízes são: interceptação radicular, com participação de 20 %; fluxo de massa com 20 %; e difusão com 60 % (Grassi filho, 1999).

O zinco ocorre no solo na forma de vários minerais, como sulfetos, carbonatos, silicatos, etc. Normalmente seu teor na crosta terrestre chega até a 130 mg.kg^{-1} (basalto) e, nos solos, até 300 mg.kg^{-1} . Na forma trocável varia de 0,01 a $1,00 \text{ mg.kg}^{-1}$. Ainda o zinco é lixiviado, particularmente em solos arenosos, pobres em matéria orgânica e sujeitos a elevadas precipitações, mas, sempre nos primeiros centímetros do solo é que se encontram os teores mais elevados (Sousa & Ferreira 1991).

Avaliando os efeitos da calagem, na cultura da mandioca (CIAT, 1975), verificou-se que a aplicação de 6 toneladas de calcário por hectare, as plantas exibiram deficiência de micronutrientes, principalmente do zinco. No entanto, quando o zinco foi aplicado incorporado a adubação de plantio, a produção de raízes aumentou, resultados semelhantes foram obtidos por Gomes (1986).

Asher et al. (1980), afirmaram que a resposta da mandioca às doses mais elevadas de calcário, é negativa, pois a aplicação das mesmas inibe a absorção de micronutrientes principalmente do zinco, acarretando queda na produção. Por outro lado Howeler (1981), afirma que em solos com conteúdo adequado de zinco a aplicação de até 6 toneladas por hectare de calcário, apresentou resposta positiva, em termos de aumento de produção.

Nogueira et al. (1984) interagindo calcário com diferentes doses de zinco verificaram onde a calagem foi aplicada na dose 1 tonelada por hectare e o sulfato de zinco na dose 7,5 quilos por hectare, aumentos na produção de raízes.

4.3.2 Zinco na planta

O zinco é constituinte de diversas enzimas, como desidrogenase alcóolica, anidrase carbônica, carboxipeptidase, fosfolipase, RNA polimerase entre outras, além de ser ativador enzimático de várias incluindo desidrogenases, aldolases, isomerases transfosforilases. O zinco também como cofator da síntese de proteínas, do metabolismo de carboidratos, da síntese do triptofano precursor do IAA, além de exercer influencia na integridade e permeabilidade da membrana (Marschner 1995).

Aceita-se que a absorção radicular do zinco se dá de forma ativa, embora cerca de 90% do elemento encontrado nas raízes ocorram em sítios de troca ou adsorvidos nas paredes das células do parênquima cortical. A absorção foliar também é ativa. O cobre e o ferro inibem a absorção radicular do zinco. O boro parece estimular a absorção radicular, todavia diminui a absorção foliar quando aplicada na mesma solução. O cálcio somente em baixa concentração favorece a absorção. O magnésio exerce um efeito inibidor da absorção do zinco bem mais acentuado, o fósforo inibe a absorção e também o transporte do zinco da raiz para a parte aérea (Malavolta, 1980).

A deficiência de zinco é de ocorrência comum na cultura da mandioca, proporcionando clorose internerval característica e pouco crescimento dos lóbulos foliares, principalmente nas folhas superiores. A deficiência pode ocorrer em plantas cultivadas em solos alcalinos devido a menor disponibilidade do elemento e também naquelas cultivadas em solos ácidos pobres em zinco, especialmente após a aplicação de doses altas de calcário. Os teores de zinco nas folhas jovens totalmente expandidas oscilam entre 50 e 100 mg.kg⁻¹, os sintomas visuais de deficiência são observados quando a concentração do elemento é inferior a 20 mg.kg⁻¹ nas folhas superiores (Lozano 1981). As faixas de teores adequados de zinco em folhas de mandioca estão entre 35 e 100 mg.kg⁻¹ (Lorenzi et al. 1996).

Em comparação com o milho a mandioca é bastante exigente em zinco. Na Colômbia foi observado tanto em condições de solo alcalino como em solo ácido respostas significativas a aplicação do elemento. Os melhores resultados foram obtidos com aplicação

de sulfato de zinco no solo, complementada com a imersão do material de plantio em solução de sulfato de zinco (Domingues 1979).

Vidigal Filho et. al. (1997) observaram que os teores de zinco na matéria seca das plantas de mandioca foram influenciados pela calagem e pelo fósforo, sendo que a calagem promoveu a redução nos teores do elemento, em contrapartida a adubação fosfatada promoveu aumento nos teores de zinco da matéria seca das plantas. Considerando que elevados níveis de fósforo promovem redução nos teores de zinco da planta, o autor concluiu que a adubação fosfatada utilizada interferiu favoravelmente na absorção do zinco pela planta, em função do seu maior crescimento.

Desta forma, pelos dados apresentados na literatura, evidencia-se que as respostas da mandioca à calagem e ao zinco não são concordantes tornando-se oportuno uma pesquisa nesta área visando determinar as interações entre a calagem e o zinco.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local e Época

O experimento foi conduzido em área do Núcleo Regional de Pesquisa Agropecuária do Instituto Agronômico de Campinas, município de Assis (SP), região do médio Vale do Paranapanema, a instalação se deu no dia 23/ 10/ 98 a emergência foi completada em 15/ 12/ 98.

5.2 Cultivar

A cultivar de mandioca utilizada foi a “Espeto”, escolhida por ser exigente quanto a fertilidade do solo, podendo assim responder melhor aos tratamentos. A cultivar é de origem autóctone cultivada para fins industriais principalmente no processamento

da farinha de mesa; pois apresenta características desejáveis como película suberosa, polpa e feloderma de cor branca. Caracteriza-se também por apresentar porte baixo, pouca ramificação e distancia curta entre as gemas.

5.3 Solo

O solo da área selecionada para instalação do experimento foi classificado como latossolo vermelho escuro, distrófico, álico anteriormente cultivado com pastagem de gramíneas.

A amostragem da área foi feita, coletando-se amostras compostas (10 amostras simples por parcela) na profundidade de 0 - 20 cm. Os resultados da análise química de macro e micronutrientes do solo da área experimental, referentes à pré-correção encontram-se nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1. Resultados médios das análises químicas de macronutrientes do solo, antes da correção

AMOSTRAS		pH	M.O.	P res.	H+Al	K	Ca	Mg/	SB	CTC	V%
bloco	parcela	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	-----	-----	mmol	dm ³	----	-----	-----
A	1 a 4	4,05	9,25	2,00	28,75	0,43	1,25	0,25	1,93	31,00	6,23
B	4 a 8	4,03	10,00	2,00	31,00	0,50	1,00	0,00	1,50	33,25	4,51
C	8 a 12	4,13	10,00	2,00	29,75	0,52	1,50	0,75	2,77	32,50	8,52
D	12 a 16	4,20	8,25	2,25	28,50	0,37	2,25	0,25	2,87	30,75	9,33

Análise realizada no laboratório do Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu.

Quadro 2. Resultados médios das análises químicas de micronutrientes do solo, antes da correção

AMOSTRAS		BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
bloco	parcela	-----	-----	mg/dm ³	-----	-----
A	1 a 4	0,10	0,70	41,25	1,65	0,17
B	4 a 8	0,14	0,53	39,25	2,10	0,07
C	8 a 12	0,08	0,53	34,00	2,35	0,07
D	12 a 16	0,06	0,45	28,75	2,15	0,02

Análise realizada no laboratório do Departamento de Ciência do solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu.

5.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas e 4 repetições. A área total do experimento foi de 1.536 m² com 2.048 plantas, contendo blocos de 384 m² com 512 plantas, divididos em 16 parcelas de 96 m² com 128 plantas, estas subdivididas em 4 sub-parcelas de 24 m² com 32 plantas, o que resulta uma população de 13.330 plantas por hectare.

Cada parcela experimental constou de 16 linhas de 6 metros de comprimento, com 8 plantas por linha, as mesmas eram divididas em quatro sub-parcelas de quatro linhas.

Cada sub-parcela contendo quatro linhas, foi colhida em quatro épocas diferentes, onde cada amostragem retirava três plantas por sub-parcela nas linhas externas e a quarta e última coleta retirou todas as plantas das linhas internas.

As três primeiras amostragens foram realizadas aos 132, 181 e 250 dias após o plantio colhendo-se três plantas das linhas laterais por sub-parcelas. As plantas das duas linhas centrais das sub-parcelas foram retiradas na coleta final 305 dias após o plantio

Após as análises estatísticas realizadas, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, a análise de regressão das variáveis e a correlação das épocas de amostragem em cada variável.

5.5 Instalação e condução do experimento

O preparo do terreno foi feito com arado de discos reversível e gradagens sucessivas, o calcário aplicado a lanço.

As parcelas foram corrigidas conforme os tratamentos, visando elevar a saturação por bases (V%), mediante a aplicação de calcário dolomítico. A calagem foi realizada em 15 de outubro de 1998, distribuída manualmente a lanço. Posteriormente, realizou-se a incorporação com arado de discos a 20 cm de profundidade.

O tratamento executado nas parcelas foi a calagem com calcário dolomítico, cuja análise nos mostrou, os resultados do Quadro 3:

Quadro 3. Resultado das determinações analíticas do calcário utilizado nos tratamentos das parcelas

Amostra Analisada	PN % CaCO ₃	CaO (%)	MgO (%)	PRNT (%)	% que fica retido nas peneiras		
					ABTN 10	ABTN 20	ABTN 50
Calcário Dolomítico	101,70	32,46	17,58	87,39	1,11	7,50	27,95

Análise realizada pelo laboratório da Cooperativa Agropecuária de Pedrinhas Paulista.

A dose de calcário a estudar, foram definidas considerando-se o seguinte esquema:

- a) 0 % da necessidade de calagem
- b) 50 % da necessidade de calagem
- c) 100 % da necessidade de calagem
- d) 150 % da necessidade de calagem

Onde a necessidade de calagem corresponde a quantidade de calcário calculada considerando-se $V_2 = 100\%$

Após a abertura dos sulcos de plantio feitos com sulcador motorizado, procedeu-se a adubação de plantio, distribuído manualmente no fundo do sulco, quantidade equivalente a dose de $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ da formula 00 - 20 -20. O sulfato de zinco foi aplicado da mesma forma que o adubo de plantio conforme os tratamentos.

O zinco aplicado nas sub-parcelas, na forma de sulfato de zinco, apresentou resultado com índice de 20% de zinco, cuja análise foi feita pelo laboratório do

Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Os tratamentos foram feitos em quatro doses conforme a especificação abaixo:

- a) 0 quilogramas de zinco por hectare
- b) 2,08 quilogramas de zinco por hectare
- c) 4,17 quilogramas de zinco por hectare
- d) 6,25 quilogramas de zinco por hectare

Os tratamentos estudados, encontram-se no Quadro 4:

Quadro 4. Esquema da distribuição das doses de calcário nas parcelas e de zinco nas sub-parcelas

Tratamentos	Dose de calcário (kg.ha ⁻¹)	Dose de zinco (kg.ha ⁻¹)
1	0,00	0,00
2	0,00	2,08
3	0,00	4,17
4	0,00	6,25
5	1.593,75	0,00
6	1.593,75	2,08
7	1.593,75	4,17
8	1.593,75	6,25
9	3.187,50	0,00
10	3.187,50	2,08
11	3.187,50	4,17
12	3.187,50	6,25
13	4.781,25	0,00
14	4.781,25	2,08
15	4.781,25	4,17
16	4.781,25	6,25

Em seguida efetuou-se o plantio distribuindo manualmente as manívas no mesmo sentido dos sulcos, e a cobertura das mesmas efetuadas com enxada manual.

As manívas com diâmetro de aproximadamente 2,0 cm foram cortadas um dia antes do plantio. Utilizou-se serra elétrica para que o corte ficasse perpendicular e homogêneo e sem ferimentos. O comprimento foi de mais ou menos 15,0 cm, contendo de 5 -

7 gemas. Foram plantadas nos sulcos previamente adubados e parcialmente cobertos com uma camada de solo para evitar o contato do adubo com as manívas . O espaçamento utilizado foi de 1,0 m entre as linhas contendo 1,33 plantas por metro de linha, o que totaliza uma população de 13.330,0 plantas por hectare.

Dois dias após o plantio, porém antes do início da emergência das primeiras plântulas foi aplicado herbicida cujo nome técnico é fenoxan com concentração de 500 gramas por litro (grupo das isoxazolidinonas na formulação concentrado emulsionável) na dose 2 litros por hectare. Esse produto é recomendado para a cultura da mandioca para controle das plantas daninhas monocotiledoneas e a maioria das dicotiledoneas que infestam os solos arenosos.

Foram realizadas duas capinas manuais, conforme o aparecimento de populações vegetais infestantes, nas datas de 30/ 12/ 98 e 22/ 01/ 99.

Foi feita a aplicação de iscas formicidas (organofosforados) para o controle de saúvas (*Atta* sp., *Acromyrmex* sp.)

5.6 Características agronômicas avaliadas

5.6.1 Estande da cultura ou população inicial de plantas

Em cada sub-parcela foi contado o número de plantas após a emergência, analisadas e feita a correlação com o coeficiente de produção e produtividade da cultura;

5.6.2 Altura de plantas

Em cada sub-parcela foram retiradas três plantas ao acaso e determinada a altura média nas diferentes épocas de desenvolvimento da cultura. Também foi determinada a altura de todas as plantas na coleta final;

5.6.3 Número de hastes por plantas

Acompanhando a determinação de altura também foi determinado o número de hastes das plantas coletadas nas amostragens e na coleta final;

5.6.4 Número de raízes por plantas

Para todas as plantas coletadas foi feita a contagem do número de raízes de reserva, utilizando-os posteriormente para a determinação do número médio de raízes por plantas;

5.6.5 Acúmulo de matéria verde e matéria seca de raízes

A matéria verde das raízes foi determinada em todas as coletas, posteriormente foram amostradas e o material coletado foi colocado para secar em estufa com circulação de ar mantida a temperatura de 60° C, durante uma semana, possibilitando assim a avaliação da matéria seca total de raízes;

5.6.6 Acúmulo de matéria verde e matéria seca de caules

O acúmulo de matéria verde foi obtido pela pesagem direta dos caules colhidos e o acúmulo de matéria seca pela pesagem das amostras secas em estufa a 60° C, calculando em seguida a produção total de matéria seca de caules;

5.6.7 Acúmulo de matéria verde e matéria seca de folhas

Das plantas coletadas durante o desenvolvimento e na coleta final das sub-parcelas destacou-se as folhas, obtendo-se a matéria verde e após a secagem em estufa a 60° C a matéria seca das folhas;

5.6.8 Teores de cálcio magnésio e zinco nos órgãos da planta

Os teores de cálcio, magnésio e zinco foram determinados empregando-se a metodologia da digestão nitroperclórica, quantificando cada elemento mediante emprego da absorção atômica;

5.6.9 Correlação entre a matéria seca de raízes e as variáveis da cultura

Foi feita uma análise para verificar a correlação entre a produção de matéria seca de raízes e variáveis da cultura (altura de plantas, número de hastes, número de raízes, matéria seca de folhas e matéria seca de caules) dentro de cada época de amostragem, também foi feita análise correlacionando a produção de massa de matéria seca de raízes na última amostragem na época de colheita com essas variáveis da cultura em cada época de amostragem.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Estande da cultura ou população inicial de plantas

No Quadro 5, observa-se que ocorreu diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para o número de plantas nas parcelas, em função das doses de calcário, as doses mais altas ($3.187,50 \text{ kg.ha}^{-1}$ e $4.781,25 \text{ kg.ha}^{-1}$) e o tratamento testemunha, apresentaram maior número de plantas do que a que recebeu a dose $1.593,75 \text{ kg.ha}^{-1}$.

As parcelas com maior número de plantas foram as submetidas a dose 3.187,50 kg.ha⁻¹ e ocorreu menor número de plantas nas parcelas com dose 1.5943,75 kg.ha⁻¹.

No mesmo quadro observa-se também que não houve efeito significativo para doses de zinco e para a interação calcário x zinco.

Quadro 5. Valores médios do número de plantas (kg.ha⁻¹), em função das doses de calcário e zinco*

Calcário (kg.ha ⁻¹)	n° de plantas
0,00	11.145,83 AB
1.593,75	10.312,50 B
3.187,50	11.954,17 A
4.781,25	11.304,17 A
DMS	975,00
C.V.%	7,87
zinco (kg.ha ⁻¹)	n° de plantas
0,00	11.408,33
2,08	11.016,67
4,17	10.912,50
6,25	11.458,33
DMS	850,00
C.V.%	7,98
interação calcário x zinco	n.s.

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

6.2 Altura de plantas

No Quadro 6 são apresentados os valores médios de altura de plantas. Os resultados indicam que as médias das alturas das plantas de mandioca foram superiores quando submetidas a dose máxima de calcário exceto para a segunda amostragem.

As médias da altura das plantas não apresentaram diferença significativa em função das doses de zinco.

Nesse caso também não houve efeito significativo da interação calcário x zinco.

Quadro 6. Valores médios de alturas de plantas de mandioca (cm), em função das doses de calcário e zinco*

tratamentos	amostragens			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
calcário(kg.ha ⁻¹)				
0,00	52,92 BC	58,17	55,65 B	52,05 B
1.593,75	48,06 C	65,90	55,48 B	53,07 B
3.187,50	59,62 B	58,98	57,35 B	54,66 AB
4.781,25	67,77 A	66,71	68,46 A	63,22 A
DMS	6,85	11,41	8,01	8,80
C.V.%	10,87	16,54	12,24	14,28
zinco (kg.ha ⁻¹)				
0,00	56,96	63,08	61,69	59,95
2,08	56,71	61,75	58,58	54,05
4,17	56,10	62,02	57,25	53,96
6,25	58,61	62,90	59,42	57,03
DMS	7,21	6,60	10,66	8,57
C.V.%	13,26	11,09	18,90	16,14
interação C x Zn.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula para calcário na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

No Quadro 7 encontra-se os resultados obtidos para o teste de F para regressão com os dados da primeira amostragem. Verificou-se que houve diferença significativa para altura de plantas resultando em uma tendência linear para doses de calcário, também ocorreu uma tendência quadrática para doses de zinco dentro da dose 3.187,50 kg.ha⁻¹ de calcário.

Para as massas de matéria seca obteve-se uma diferença significativa tanto para matéria seca de raízes como para caules e folhas com uma tendência linear para os tratamentos com diferentes doses de calcário. Para matéria seca de raízes foi obtida uma tendência quadrática para doses de zinco dentro das doses 0,00 kg.ha⁻¹ e 3.187,50 kg.ha⁻¹, já na dose 4.781,25 kg.ha⁻¹ de calcário aparece uma tendência linear do efeito das doses de zinco.

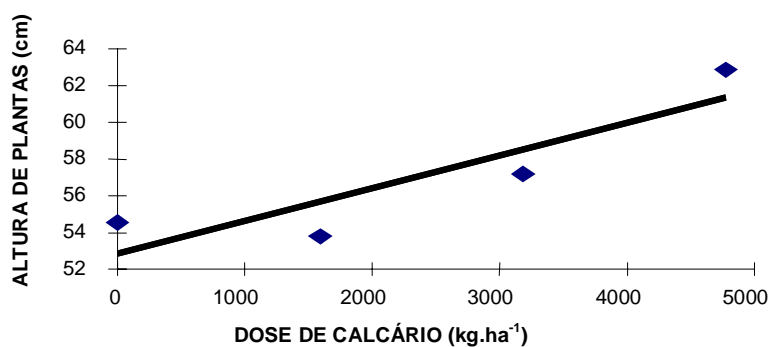
Quadro 7. Valores de F para regressão, referentes à primeira amostragem*

fonte de variação	G.L.	F			
		altura	raiz	caule	folhas
calcário linear	1	16,78 **	44,91 **	7,73 *	22,56 **
calcário quadrático	1	4,33 n.s.	0,19 n.s.	1,96 n.s.	0,83 n.s.
calcário cúbico	1	0,08 n.s.	1,53 n.s.	0,06 n.s.	0,70 n.s.
zinco linear	1	0,31 n.s.	2,98 n.s.	0,40 n.s.	0,28 n.s.
zinco quadrático	1	0,62 n.s.	0,02 n.s.	0,92 n.s.	0,23 n.s.
zinco cúbico	1	0,20 n.s.	0,84 n.s.	0,06 n.s.	0,18 n.s.
zinco linear d. calc. 1	1	0,26 n.s.	0,00 n.s.	0,00 n.s.	0,41 n.s.
zinco quadrático d. calc. 1	1	3,36 n.s.	3,89 *	0,57 n.s.	1,87 n.s.
zinco cúbico d. calc. 1	1	0,22 n.s.	0,69 n.s.	0,21 n.s.	1,43 n.s.
zinco linear d. calc. 2	1	0,17 n.s.	0,31 n.s.	0,00 n.s.	0,47 n.s.
zinco quadrático d. calc. 2	1	0,10 n.s.	0,14 n.s.	0,02 n.s.	0,00 n.s.
zinco cúbico d. calc. 2	1	1,24 n.s.	1,67 n.s.	0,07 n.s.	0,02 n.s.
zinco linear d. calc. 3	1	0,40 n.s.	0,07 n.s.	0,02 n.s.	0,11 n.s.
zinco quadrático d. calc. 3	1	3,85 *	5,95 **	0,38 n.s.	0,82 n.s.
zinco cúbico d. calc. 3	1	1,41 n.s.	2,09 n.s.	0,38 n.s.	0,12 n.s.
zinco linear d. calc. 4	1	3,39 n.s.	14,20 **	1,72 n.s.	0,49 n.s.
zinco quadrático d. calc. 4	1	1,90 n.s.	0,03 n.s.	2,74 n.s.	0,25 n.s.
zinco cúbico d. calc. 4	1	0,24 n.s.	1,32 n.s.	0,14 n.s.	0,02 n.s.

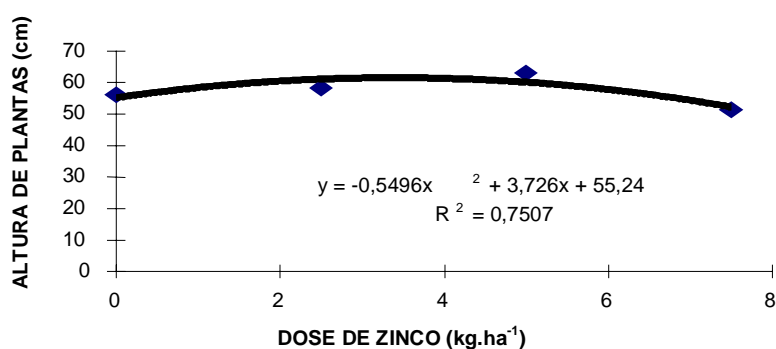
* e ** significativo ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste de F.

Na primeira amostragem é apresentado um aumento da altura das plantas em função das doses de calcário. Nas diferentes doses de zinco dentro da dose

3.187,50 kg.ha⁻¹ de calcário na primeira amostragem, observa-se que doses de zinco acima de aproximadamente 2,5 kg.ha⁻¹ pode diminuir a altura das plantas (Figura 1).



A

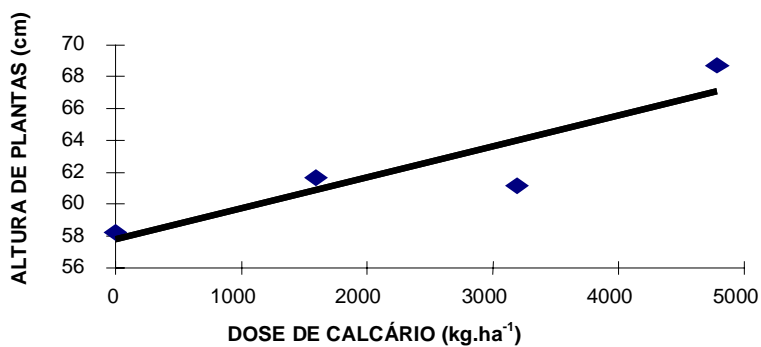


B

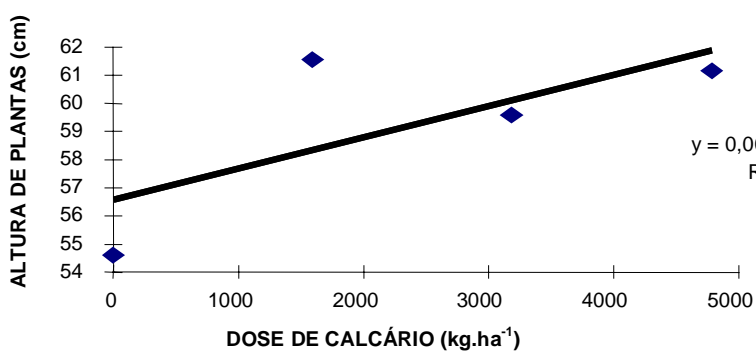
Figura 1. Altura média de plantas de mandioca em função de doses de calcário (A) e doses de zinco dentro da dose 3.187,50 kg.ha⁻¹ de calcário (B) na primeira amostragem.

Na segunda e a terceira amostragens, verificou-se efeitos das doses de calcário sobre a altura das plantas com a curva apresentando tendência linear conforme mostra a Figura 2. Para as doses de zinco não houve efeito significativo.

Na quarta amostragem não foi observado efeito significativo de doses de calcário para altura de plantas.



A



B

Figura 2. Altura média de plantas de mandioca em função de doses de calcário na segunda amostragem (A) e na terceira amostragem (B).

6.3 Número de hastes por plantas

O número médio de hastes por plantas, aumentou linearmente em função das doses de calcário nas duas primeiras amostragens (Figura 3) mostra que existe uma tendência de aumento no número de hastes das plantas com as maiores doses de calcário, a análise da figura foi feita pelo teste de F para regressão.

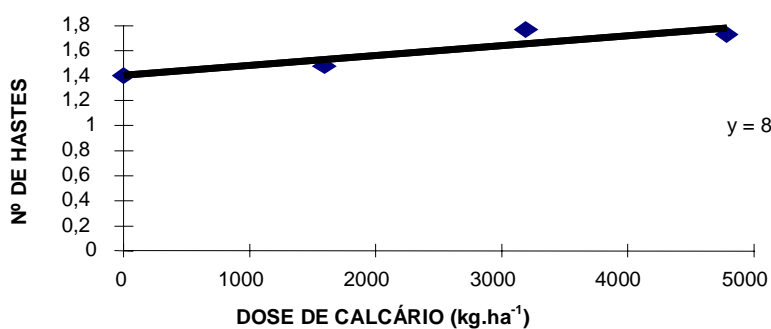
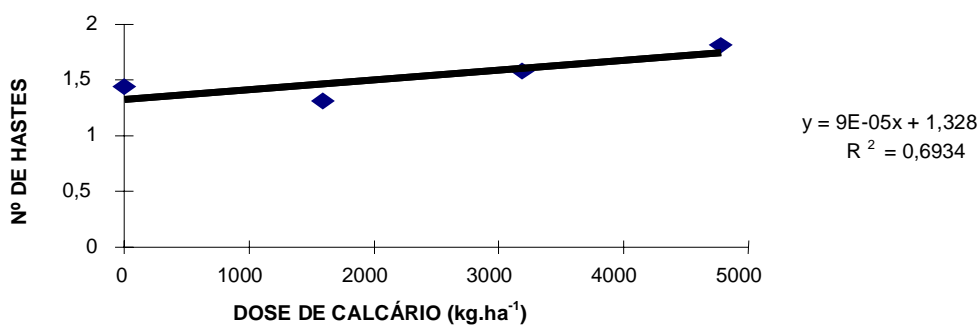
**A****B**

Figura 3. Número de hastes de plantas de mandioca em função das doses de calcário na primeira (A) e segunda amostragem (B).

O Quadro 8 apresenta os resultados para o teste de F para regressão do número médio de hastes em função das doses de calcário e de zinco, na quarta amostragem. Foram encontradas diferenças significativas para doses de calcário que apresentou efeito quadrático.

As doses de zinco influenciaram o número médio de hastes por plantas, uma vez, que obteve-se quadrático dentro da dose 1593,75 kg.ha⁻¹ de calcário

Quadro 8. Valores de F para regressão, referentes à quarta amostragem*

fonte de variação	G.L.	F			
		nº de hastes	matéria seca		
			raiz	caule	folhas
calcário linear	1	0,27 n.s.	2,67 n.s.	0,02 n.s.	---
calcário quadrático	1	11,22 **	1,06 n.s.	4,51 n.s.	---
calcário cúbico	1	0,29 n.s.	1,55 n.s.	0,57 n.s.	---
zinco linear	1	1,20 n.s.	0,17 n.s.	0,13 n.s.	---
zinco quadrático	1	0,53 n.s.	0,50 n.s.	0,12 n.s.	---
zinco cúbico	1	0,34 n.s.	1,72 n.s.	0,50 n.s.	---
zinco linear d. calc. 1	1	0,19 n.s.	1,79 n.s.	0,46 n.s.	---
zinco quadrático d. calc. 1	1	0,30 n.s.	1,09 n.s.	0,63 n.s.	---
zinco cúbico d. calc. 1	1	6,56 **	0,86 n.s.	0,87 n.s.	---
zinco linear d. calc. 2	1	1,38 n.s.	1,86 n.s.	0,49 n.s.	---
zinco quadrático d. calc. 2	1	6,71 **	0,32 n.s.	0,21 n.s.	---
zinco cúbico d. calc. 2	1	2,95 n.s.	0,96 n.s.	0,01 n.s.	---
zinco linear d. calc. 3	1	0,66 n.s.	1,00 n.s.	0,06 n.s.	---
zinco quadrático d. calc. 3	1	0,12 n.s.	0,52 n.s.	2,12 n.s.	---
zinco cúbico d. calc. 3	1	0,07 n.s.	0,00 n.s.	0,71 n.s.	---
zinco linear d. calc. 4	1	0,05 n.s.	0,04 n.s.	0,19 n.s.	---
zinco quadrático d. calc. 4	1	1,80 n.s.	2,74 n.s.	3,30 n.s.	---
zinco cúbico d. calc. 4	1	0,34 n.s.	0,64 n.s.	0,08 n.s.	---

* e ** significativo ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste de F.

O número de hastes por plantas na quarta amostragem apresenta aumento em função das doses de calcário até a dose aproximada de 1.666,66 kg.ha⁻¹, Resultados que estão de acordo com aqueles obtidos por Lorenzi & Dias (1993). O mesmo acontece com zinco dentro da dose 1.593,75 kg.ha⁻¹ de calcário quando a dose de zinco excede 3,22 kg.ha⁻¹(Figura 4).

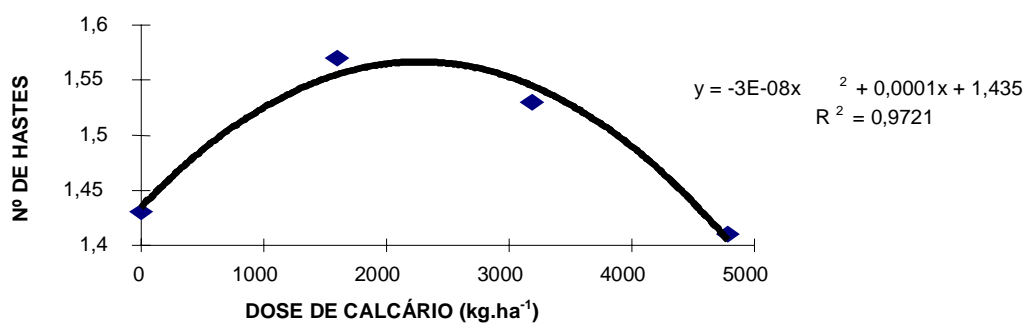
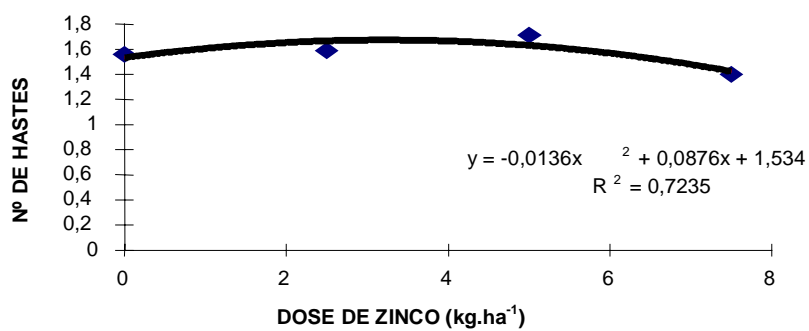
**A****B**

Figura 4. Número de hastes de plantas de mandioca em função das dose de calcário (A) e doses de zinco dentro da dose $1.593,75 \text{ kg.ha}^{-1}$ de calcário (B) na quarta amostragem.

6.4 Número de raízes por plantas

O teste de F para regressão apresenta diferença estatística para número médio de raízes por plantas para doses de calcário, apresentando maior número em função do

aumento das doses de calcário nas três primeiras amostragens, caso semelhante ao ocorrido com o número de hastes das plantas na segunda e terceira amostragens.

A massa de matéria seca de raízes e de caules também acompanharam o mesmo resultado linear em função das doses de calcário (Quadros 9 e 10) referentes a segunda e terceira amostragens.

Quadro 9. Valores de F para regressão, referentes à segunda amostragem*

fonte de variação	G.L.	F			
		nº de raízes	matéria seca		
			raiz	caule	folhas
calcário linear	1	38,65 **	13,37 **	8,34 **	8,90 **
calcário quadrático	1	16,06 **	0,68 n.s.	2,09 n.s.	4,71 *
calcário cúbico	1	0,42 n.s.	1,74 n.s.	0,64 n.s.	2,19 n.s.
zinco linear	1	0,04 n.s.	0,00 n.s.	0,98 n.s.	0,49 n.s.
zinco quadrático	1	1,00 n.s.	1,06 n.s.	0,81 n.s.	0,69 n.s.
zinco cúbico	1	0,09 n.s.	0,40 n.s.	0,43 n.s.	0,21 n.s.
zinco linear d. calc. 1	1	0,08 n.s.	0,54 n.s.	0,05 n.s.	0,08 n.s.
zinco quadrático d. calc. 1	1	1,28 n.s.	2,66 n.s.	3,02 n.s.	0,73 n.s.
zinco cúbico d. calc. 1	1	0,02 n.s.	0,42 n.s.	0,33 n.s.	0,96 n.s.
zinco linear d. calc. 2	1	0,06 n.s.	0,08 n.s.	0,02 n.s.	0,08 n.s.
zinco quadrático d. calc. 2	1	1,29 n.s.	0,00 n.s.	0,08 n.s.	0,11 n.s.
zinco cúbico d. calc. 2	1	0,01 n.s.	0,48 n.s.	0,22 n.s.	0,06 n.s.
zinco linear d. calc. 3	1	0,26 n.s.	0,06 n.s.	0,04 n.s.	0,50 n.s.
zinco quadrático d. calc. 3	1	0,18 n.s.	0,02 n.s.	0,03 n.s.	3,76 n.s.
zinco cúbico d. calc. 3	1	0,78 n.s.	0,36 n.s.	0,78 n.s.	0,95 n.s.
zinco linear d. calc. 4	1	0,14 n.s.	0,74 n.s.	4,51 *	2,34 n.s.
zinco quadrático d. calc. 4	1	0,01 n.s.	0,04 n.s.	0,20 n.s.	0,65 n.s.
zinco cúbico d. calc. 4	1	0,00 n.s.	0,49 n.s.	0,41 n.s.	1,79 n.s.

* e ** significativo ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste de F.

Quadro 10. Valores de F para regressão, referentes à terceira amostragem*

fonte de variação	G.L.	F			
		nº de raízes	matéria seca		
			raiz	caule	folhas
calcário linear	1	10,15 **	5,74 *	0,34 n.s.	---
calcário quadrático	1	1,99 n.s.	0,50 n.s.	0,02 n.s.	---
calcário cúbico	1	5,85 *	0,23 n.s.	0,00 n.s.	---
zinco linear	1	1,20 n.s.	0,91 n.s.	0,30 n.s.	---
zinco quadrático	1	0,53 n.s.	0,34 n.s.	0,07 n.s.	---
zinco cúbico	1	0,01 n.s.	0,00 n.s.	1,67 n.s.	---
zinco linear d. calc. 1	1	1,32 n.s.	0,22 n.s.	0,23 n.s.	---
zinco quadrático d. calc. 1	1	1,34 n.s.	1,96 n.s.	0,07 n.s.	0,22 n.s.
zinco cúbico d. calc. 1	1	0,56 n.s.	0,00 n.s.	3,68 n.s.	1,52 n.s.
zinco linear d. calc. 2	1	0,49 n.s.	0,22 n.s.	0,21 n.s.	0,81 n.s.
zinco quadrático d. calc. 2	1	0,21 n.s.	0,18 n.s.	0,01 n.s.	0,07 n.s.
zinco cúbico d. calc. 2	1	0,00 n.s.	0,03 n.s.	0,03 n.s.	0,02 n.s.
zinco linear d. calc. 3	1	0,15 n.s.	0,25 n.s.	0,20 n.s.	3,39 n.s.
zinco quadrático d. calc. 3	1	1,35 n.s.	0,21 n.s.	0,21 n.s.	---
zinco cúbico d. calc. 3	1	0,19 n.s.	0,03 n.s.	0,35 n.s.	---
zinco linear d. calc. 4	1	0,00 n.s.	0,22 n.s.	0,07 n.s.	---
zinco quadrático d. calc. 4	1	1,02 n.s.	0,04 n.s.	0,00 n.s.	---
zinco cúbico d. calc. 4	1	0,35 n.s.	0,02 n.s.	0,01 n.s.	---

* e ** significativo ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste de F.

O tratamento com doses de zinco não apresentou efeito significativo para a mesma análise nas três primeiras amostragens. Na quarta amostragem ocorre uma diferença significativa para doses de zinco dentro da dose 4.781,25 kg.ha⁻¹ de calcário. Verifica-se uma queda da dose 0,00 kg.ha⁻¹ de zinco para as doses 2,08 kg.ha⁻¹ e 4,17 kg.ha⁻¹, seguida de um aumento na dose 6,25 kg.ha⁻¹ de zinco, observa-se que com dose alta de

calcário o aumento na dose de zinco pode aumentar o número de raízes por plantas de mandioca (Figura 5).

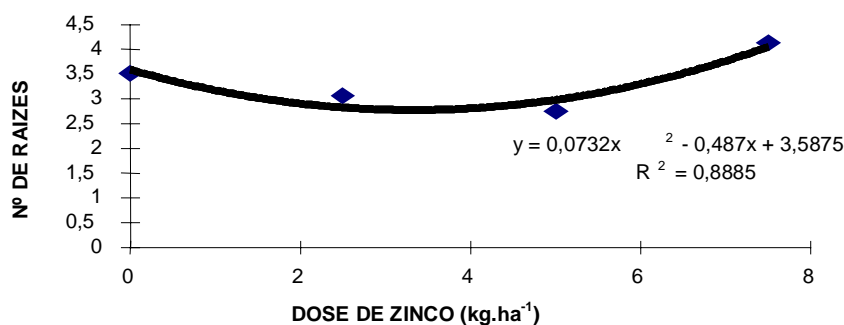


Figura 5. Número médio de raízes de mandioca em função das doses de zinco dentro da dose 4.781,25 kg.ha⁻¹ de calcário, na quarta amostragem.

6.5 Acúmulo de matéria verde e matéria seca de raízes

No Quadro 11 apresenta-se os valores médios de massa de matéria verde das raízes de mandioca por plantas nas quatro amostragens realizadas. Na primeira amostragem, a dose de 1.593,75 kg.ha⁻¹ resultou na menor quantidade de matéria verde de raízes enquanto a dose 4.781,25 kg.ha⁻¹ resultou na maior produção. Esses resultados discordam dos obtidos por Perin (1982).

Nos Quadros 12 e 13 é feito o desdobramento da interação calcário x zinco e as médias são comparadas pelo teste de Tukey, houve interação na terceira e quarta amostragens, ou seja o calcário e o zinco beneficiaram a mandioca a partir de aproximadamente 250 dias após o plantio.

Diferenças significativas para a produção de matéria fresca de raízes de mandioca em função da calagem (Quadro 12), só foram observadas para a dose de 1.593,75 kg.ha⁻¹, sendo que a maior produção foi obtida quando se aplicou 2,08 kg.ha⁻¹ de zinco. Verificou-se também que para essa dose de calcário, a menor produção se deu quando se fez a

aplicação de 6,25 kg.ha⁻¹ de zinco. Esses resultados discordam daqueles apresentados por Nogueira (1984).

As diferentes doses de zinco não diferem estatisticamente com a dose 0,00 kg.ha⁻¹ de calcário e com a dose 3.187,50 kg.ha⁻¹ pelo teste de Tukey, apresentando para dose 2,08 kg.ha⁻¹ de zinco na dose 1.593,75 kg.ha⁻¹ de calcário um maior rendimento de massa de matéria verde de raízes, produzindo menor quantidade de massa de matéria verde de raízes nas doses 0,00 kg.ha⁻¹ e 4,17 kg.ha⁻¹ de zinco nessa mesma dose de calcário. Na dose 4.781,25 kg.ha⁻¹ de calcário os maiores rendimentos foram com as doses 4,17 kg.ha⁻¹ e 6,25 kg.ha⁻¹ de zinco e produziu menor quantidade de massa na dose 0,00 kg.ha⁻¹.

Quadro 11. Valores médios de matéria verde de raízes de mandioca (kg.ha⁻¹), em função de doses de calcário e de zinco*

tratamento calcário (kg.ha ⁻¹)	amostragens			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0,00	5.962,53 BC	10.868,00	10.237,46	10.068,93
1.593,75	5.455,60 C	16.250,00	14.104,13	12.307,20
3.187,50	7.361,06 B	9.730,53	12.595,86	10.919,60
4.781,25	9.772,26 A	13.311,06	15.347,20	13.306,40
DMS	1.571,87	7.309,73	5.418,00	3.412,27
C.V.%	19,93	52,89	37,51	26,50
zinco (kg.ha ⁻¹)				
0,00	6.177,73	13.401,32	14.006,93	12.289,33
2,08	7.347,20	11.652,80	13.268,00	10.968,40
4,17	7.131,86	12.416,66	12.420,80	10.460,53
6,25	7.894,40	12.555,60	12.588,93	12.094,13
DMS	2.956,00	3.471,33	5.265,73	2.949,33
C.V.%	43,48	29,14	42,29	26,57
interação C x Zn	n.s.	n.s.	*	*

* e ** significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 12. Matéria verde de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em função das doses de calcário e de zinco¹ (terceira amostragem)*

dose de calcário ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	dose de zinco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)			
	0,00	2,08	4,17	6,25
0,00	14.344,40 Aa	8.933,33 Ab	12.133,33 Aa	5.538,93 Ab
1.593,75	12.750,00 ABa	20.900,00 Aa	13.900,00 ABa	8.866,66 Bb
3.187,50	12.450,00 Aa	8.066,67 Ab	11.461,06 Aa	17.605,60 Aa
4.781,25	15.670,00 Aa	15.172,26 Aab	12.188,93 Aa	18.344,40 Aa

*DMS e C.V.% para doses de calcário 10.156,13 e 37,51 e DMS e C.V.% para doses de zinco 10.518,00 e 42,29. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados médios para produção de matéria verde das raízes de mandioca encontram-se no Quadro 13.

Verifica-se que na ausência de calagem a maior produção de matéria verde foi obtida quando se aplicou no solo $2,08 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco. Por outro lado na presença da calagem, a maior produção foi observada quando se aplicou $6,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco. Esses resultados indicam a importância da adubação com zinco, para produção de mandioca no solo estudado, resultados confirmados por Lorenzi et al. (1996).

Quadro 13. Valores médios de matéria verde de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em função das doses de calcário e de zinco (quarta amostragem)*

dose de calcário ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	dose de zinco($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)			
	0,00	2,08	4,17	6,25
0,00	11.120,13 ABa	13.241,20 Aa	8.725,06 ABa	7.242,80 Bb
1.593,75	12.317,73 Aa	13.175,20 Aa	12.476,26 Aa	11.259,73 Aab
3.187,50	10.118,53 Aa	9.620,26 Aa	10.677,86 Aa	13.261,86 Aa
4.781,25	15.601,20 ABa	11.035,73 Ba	9.963,33 Ba	16.625,33 Aa

*DMS e C.V.% para doses de calcário 5.842,53 e 26,50 e DMS e C.V.% para doses de zinco 5.898,67 e 26,57. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quando se considera a produção de matéria seca de raízes em função das doses de calcário e de zinco (Quadro 14), verifica-se grande semelhança com os resultados

obtidos para matéria verde de raízes, com diferença apenas para a segunda amostragem, quando obteve-se efeito significativo da calagem. Nesse caso verifica-se que as maiores doses de calcário resultaram em produção de matéria seca, que não diferenciam daqueles obtidos no tratamento sem calagem.

Para a terceira e quarta amostragens interação entre as doses de calcário e zinco foi significativa (Quadro 15 e 16).

Quadro 14. Valores médios de matéria seca de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em função de doses de calcário e zinco*

tratamento calcário ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	amostragens			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0,00	1.786,67 BC	3.452,80 AB	3.272,80	3.289,07
1.593,75	1.578,80 C	5.420,13 A	4.478,13	3.889,87
3.187,50	1.981,20 B	2.985,47 B	4.280,00	3.121,07
4.781,25	2.537,20 A	3.867,33 AB	5.047,73	3.698,80
DMS	365,33	2.073,87	1.813,33	926,53
C.V.%	16,77	47,74	38,66	23,96
zinco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
0,00	1.722,27	4.185,60	4.819,20	3.591,06
2,08	2.023,87	3.638,94	4.200,13	3.667,60
4,17	1.944,40	3.877,60	3.998,00	3.140,53
6,25	2.197,87	4.023,60	4.061,33	3.599,47
DMS	838,67	1.170,53	1.688,00	889,20
C.V.%	44,65	31,26	41,49	26,68
interação C x Zn	n.s.	n.s.	**	*

* e ** significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F, médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A produção de matéria seca de raízes na terceira amostragem, variou em função das doses de calcário e de zinco (Quadro 15). Para a calagem com $1.593,75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de calcário, a maior produção foi obtida quando se aplicou $2,08 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco e para doses mais elevadas de calcário, as maiores produções foram obtidas com a aplicação de $6,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco. Esses resultados nessa amostragem evidenciam que com o aumento das doses de calcário utilizados nas calagens para a cultura da mandioca, há necessidade do aumento da quantidade de zinco aplicado. Esses resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Nogueira et al. (1984).

Quadro 15. Valores médios de matéria seca de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em função das doses de calcário e zinco (terceira amostragem)*

dose de calcário ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	dose de zinco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)			
	0,00	2,08	4,17	6,25
0,00	4.979,47 Aa	2.560,80 Ab	3.765,73 Aa	1.785,20 Ab
1.593,75	4.123,73 ABa	6.926,26 Aa	4.382,93 ABa	2.479,60 Bb
3.187,50	4.798,67 ABa	2.465,20 Bb	3.740,67 ABa	6.115,47 Aa
4.781,25	5.374,93 Aa	4.848,13 Aab	4.102,80 Aa	5.864,80 Aa

*DMS e C.V.% para doses de calcário 246,70 e 38,66 e DMS e C.V.% para doses de zinco 253,10 e 41,49. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na quarta amostragem, verifica-se que no tratamento que não recebeu calagem a menor produção foi obtida quando se aplicou $6,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco, indicando um possível efeito tóxico desse nutriente. Para os tratamentos com calagem aumentos significativos da produção de matéria seca de raízes só foram obtidos com a aplicação de $6,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco (Quadro 16).

Observa-se que na terceira amostragem que os maiores rendimentos de matéria verde e matéria seca de raízes ocorreram com as interações das doses $1.593,75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de calcário e $2,08 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco e com as doses $4.781,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de calcário e $6,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco. Também na quarta amostragem os maiores rendimentos foram obtidos com a dose $4.781,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de calcário e $6,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco (Quadro 16).

Quadro 16. Valores médios de matéria seca de raízes de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em função das doses de calcário e zinco (quarta amostragem)*

dose de calcário ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	dose de zinco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)			
	0,00	2,08	4,17	6,25
0,00	3.706,00 ABa	4.440,67 Aa	2.719,47 ABa	2.290,13 Bb
1.593,75	3.606,67 Aa	4.193,73 Aa	4.125,60 Aa	3.633,73 Aab
3.187,50	2.738,27 Aa	2.910,93 Aa	2.882,27 Aa	3.952,80 Aab
4.781,25	4.313,47 Aa	3.125,07 Aa	2.835,07 Aa	4.521,47 Aa

*DMS e C.V.% para doses de calcário 128,97 e 23,96 e DMS e C.V.% para doses de zinco 133,38 e 26,68. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

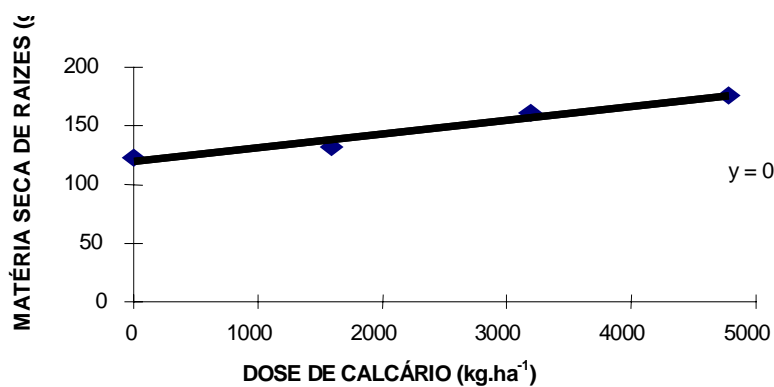
Os componentes de produção são apresentados no Quadro 17, observa-se as variáveis que não se alteram com a idade das plantas e a produtividade (matéria verde e matéria seca de raízes), o desdobramento da matéria verde e seca de raízes foi apresentado nos Quadros 13 e 16 (páginas 36 e 38) e nele observa-se que os melhores resultados são obtidos com as doses mais altas de calcário e de zinco estudadas.

O maior número de plantas por hectare foi obtido no tratamento com doses elevadas de calcário estudadas, indicando que a produtividade pode Ter sido influenciada pelo estande, por outro lado o maior número de hastes aparece quando foi aplicado doses baixas de calcário e de zinco. O número de raízes não apresentou diferença significativa aos tratamentos com doses de calcário e de zinco (Quadro 17).

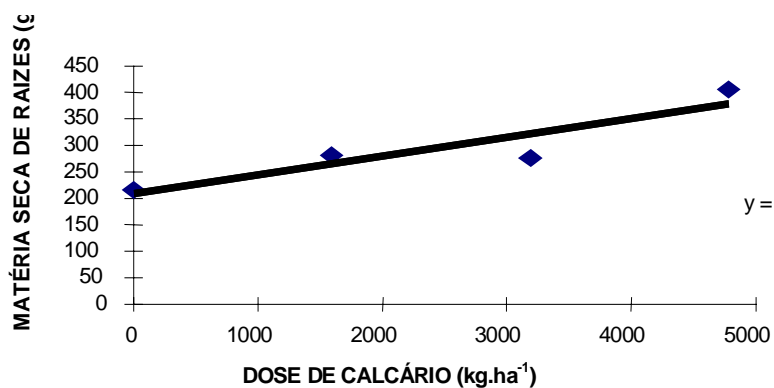
Quadro 17. Componentes de produção e de produtividade de raízes de mandioca*

tratamento (kg.ha ⁻¹)	variáveis			produtividade	
	estande (plantas.ha ⁻¹)	nº de hastes (por plantas)	nº de raízes (por plantas)	matéria verde (kg.ha ⁻¹)	matéria seca (kg.ha ⁻¹)
calcário					
0,00	11.225 AB	1,52 AB	3,24	10.089	3.289
1.594,00	10.313 B	1,62 A	3,56	12.356	3.911
3.188,00	11.954 A	1,41 B	2,88	10.933	3.111
4.781,00	11.304 A	1,38 B	3,43	13.289	3.689
DMS	958,33	0,15	1,17	3.422,22	888,89
C.V.%	7,87	9,44	32,24	26,50	23,96
zinco					
0,00	11.408	1,42 AB	2,96	12.311	3.600
2,50	11.017	1,56 A	3,52	11.778	3.689
5,00	10.913	1,53 AB	3,33	10.444	3.156
7,50	11.458	1,41 B	3,30	12.089	3.600
DMS	850,00	0,14	0,82	2.933,33	888,89
C.V.%	7,98	9,99	26,31	26,57	26,68
interação C x Zn	n.s.	n.s.	n.s.	*	*

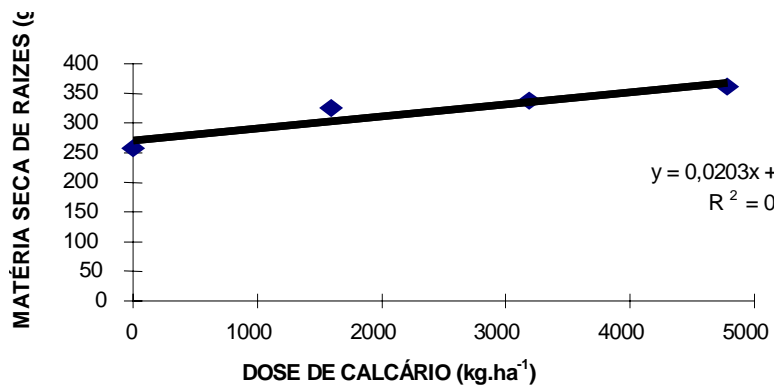
* e ** significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F, médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



A



B

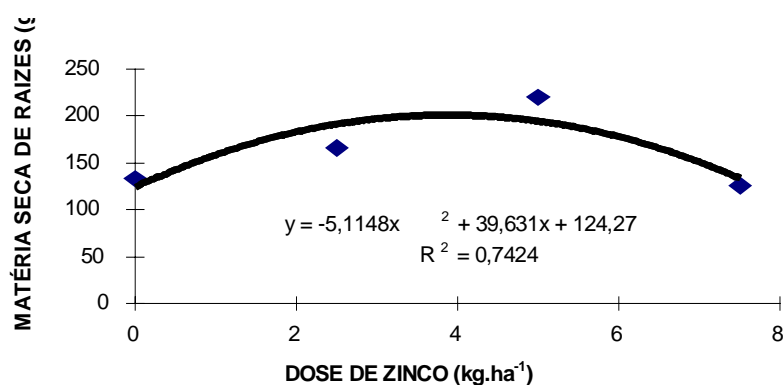


C

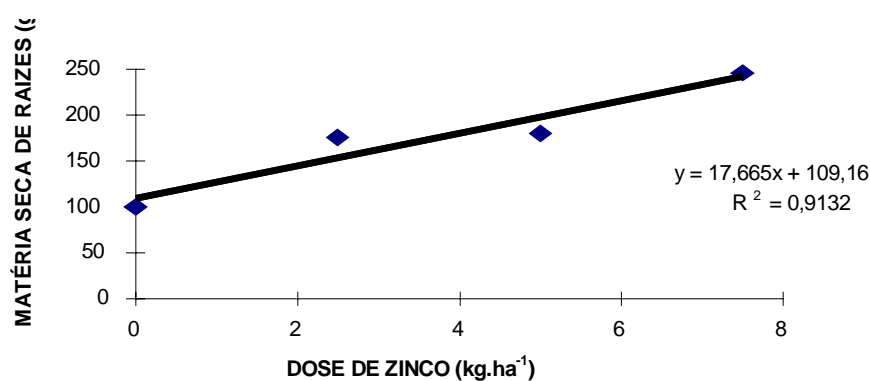
Figura 6. Matéria seca de raízes de mandioca em função de doses de calcário na primeira (A), segunda (B) e terceira amostragem (C).

Considerando as curvas e equações apresentadas na Figura 6 verifica-se que para as três amostragens a produção de matéria seca aumentou linearmente em função da quantidade de calcário aplicado indicando que com as doses estudadas não foi possível obter a máxima produção física da cultivar de mandioca estudada.

Na primeira amostragem a massa seca de raízes dentro da dose 3.187,50 kg.ha⁻¹ de calcário apresenta um aumento em função das doses de zinco até a dose aproximada de 4,50 kg.ha⁻¹ de zinco, com doses maiores ocorre uma queda na produção. Dentro da dose 4.781,25 kg.ha⁻¹ de calcário a matéria seca de raízes aumenta em função das doses de zinco (Figura 7).



A



B

Figura 7. Matéria seca de raízes de mandioca em função de doses de zinco dentro da dose 3.187,50 kg.ha⁻¹ de calcário (A) e dentro da dose 4.781,25 kg.ha⁻¹ de calcário (B) na primeira amostragem.

6.6 Acúmulo de matéria verde e matéria seca de caule

De maneira semelhante ao observado para raízes, a produção de matéria verde do caule, foi influenciada tanto pela calagem como pela aplicação de zinco (Quadros 18, 19 e 20). Somente na primeira amostragem o efeito isolado da calagem foi significativamente importante (Quadro 18), porém a produção obtida com a maior dose de calcário não diferiu da testemunha (sem calagem), provavelmente devido ao alto C.V. (83,17 %), verificado nessa amostragem.

Quadro 18. Valores médios de matéria verde de caules de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em função de doses de calcário e de zinco*

tratamento calcário ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	amostragens			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0,00	1.420,80 AB	1.801,33	1.923,60	2.557,47
1.593,75	1.263,87 B	2.801,33	2.244,40	2.838,27
3.187,50	1.808,40 AB	1.723,60	2.482,00	3.026,27
4.781,25	3.169,47 A	2.593,07	3.026,40	4.075,20
DMS	1.760,53	1.509,33	731,07	623,87
C.V.%	83,17	61,26	27,35	18,07
zinco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
0,00	2.280,53	2.538,93	2.400,00	3.270,27
2,08	1.776,40	2.140,27	2.400,00	3.037,73
4,17	1.665,33	2.079,20	2.213,87	2.980,67
6,25	1.940,27	2.161,07	2.455,60	3.205,60
DMS	1.380,40	704,27	839,87	726,00
C.V.%	75,65	33,16	36,45	24,40
interação C x Zn	n.s.	n.s.	*	*

* e ** significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na terceira e quarta amostragens a interação calcário x zinco foi significativa, indicando influencia simultânea desses dois fatores a partir de 250 dias após o plantio. Considerando os dados obtidos na terceira amostragem (Quadro 19), certifica-se que

essa influência ficou restrita à dose 6,25 kg.ha⁻¹ de zinco, quando as maiores produções de matéria verde de caule, foram obtidas nos tratamentos que receberam as maiores doses de calcário. Na quarta amostragem (Quadro 20) repete-se os efeitos observados para a terceira amostragem, porém a produção de matéria verde do caule, obtida com a dose de 6,25 kg.ha⁻¹ de zinco, não diferiu significativamente do tratamento sem zinco, dentro da dose máxima de calcário estudada. Resultados semelhantes foram obtidos por Vidigal Filho (1997).

Quadro 19. Valores médios de matéria verde de caule de mandioca (kg.ha⁻¹), em função de doses de calcário e de zinco (terceira amostragem)*

dose de calcário (kg.ha ⁻¹)	dose de zinco (kg.ha ⁻¹)			
	0,00	2,08	4,17	6,25
0,00	2.322,27 Aa	1.794,40 Aa	2.444,40 Aa	1.133,33 Ab
1.593,75	2.133,33 Aa	3.233,33 Aa	2.027,73 Aa	1.583,33 Ab
3.187,50	2.411,07 Aa	1.972,27 Aa	2.227,73 Aa	3.316,67 Aa
4.781,25	3.561,07 Aa	2.600,00 Aa	2.155,60 Aa	3.788,93 Aa

*DMS e C.V.% para doses de calcário 1.571,33 e 27,35 e DMS e C.V.% para doses de zinco 1.679,73 e 36,45. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 20. Valores médios de matéria seca de caule de mandioca (kg.ha⁻¹), em função das doses de calcário e zinco (quarta amostragem)*

dose de calcário (kg.ha ⁻¹)	dose de zinco kg.ha ⁻¹			
	0,00	2,08	4,17	6,25
0,00	2.739,73 Ab	3.156,00 Aa	2.824,67 Aa	1.953,73 Ac
1.593,75	2.830,27 Ab	3.032,80 Aa	2.976,27 Aa	2.513,73 Abc
3.187,50	2.912,94 Ab	2.712,80 Aa	3.036,53 Aa	3.442,80 Ab
4.781,25	4.598,00 ABa	3.249,47 Ba	3.529,47 ABa	4.912,00 Aa

*DMS e C.V.% para doses de calcário 1.355,47 e 18,07 e DMS e C.V.% para doses de zinco 1.451,87 e 24,40. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados referentes à produção de matéria seca de caule em função das doses de calcário e de zinco, são apresentados no quadro 21. Somente para os resultados obtidos na primeira e quarta amostragens, verificou-se efeitos significativos da calagem sobre

a produção de matéria seca de caule. Entretanto somente na quarta amostragem a produção de matéria seca de caule, obtidas com as maiores doses de calcário, foi significativamente superior aquela obtida na testemunha, sem calagem.

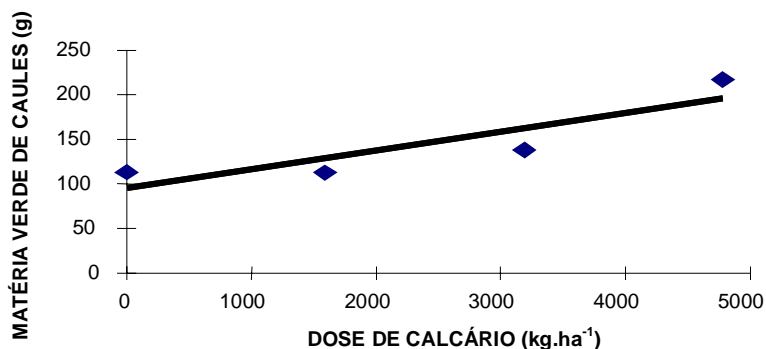
A aplicação de zinco, não determinou variações significativas na produção de matéria seca do caule, em nenhuma das amostragens (Quadro 21).

Quadro 21. Valores médios de matéria seca de caule de mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em função de doses de calcário e de zinco*

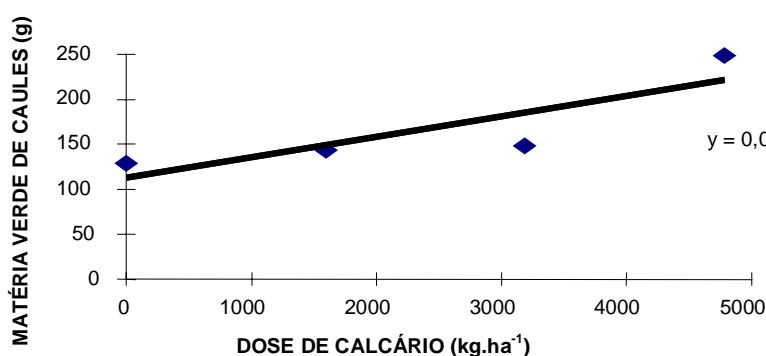
tratamento calcário ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	amostragens			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0,00	379,60 AB	526,80	553,20	512,27 C
1.593,75	312,93 B	745,07	526,27	551,60 BC
3.187,50	415,33 AB	460,67	603,33	686,00 B
4.781,25	672,93 A	623,07	673,87	886,40 A
DMS	304,93	356,80	282,13	172,53
C.V.%	62,06	54,82	43,34	23,70
zinco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
0,00	505,33	655,07	584,93	671,47
2,08	432,00	557,87	680,13	677,73
4,17	389,47	574,53	519,73	623,60
6,25	452,40	568,27	571,73	663,60
DMS	250,93	182,00	270,93	173,87
C.V.%	59,22	32,45	48,28	27,71
interação C x Zn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

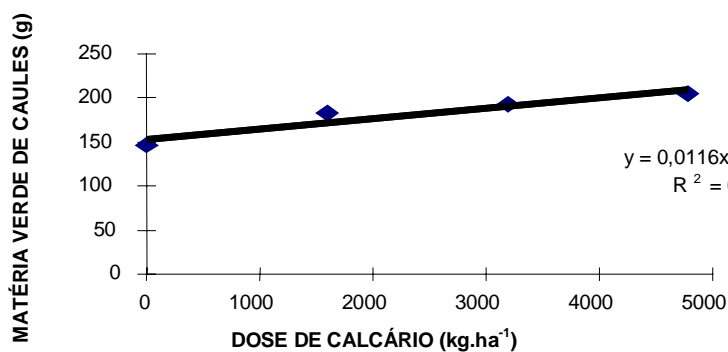
Considerando a relação entre matéria verde e doses de calcário (Figura 8), verifica-se que o acúmulo de matéria verde do caule da planta de mandioca aumentou linearmente com as doses de calcário nas três amostragens consideradas.



A



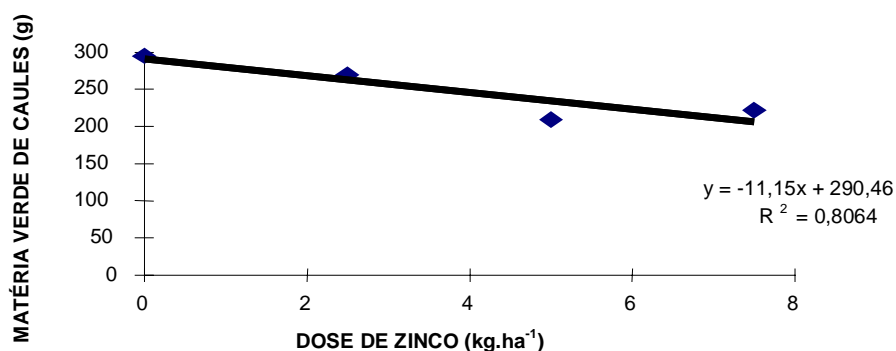
B



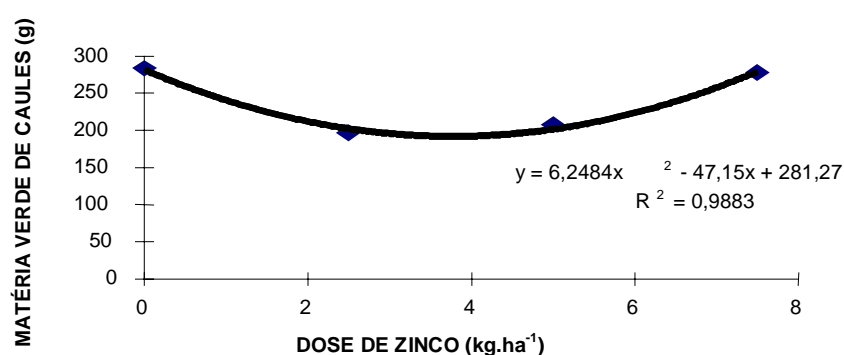
C

Figura 8. Matéria verde de caules de mandioca em função de doses de calcário na primeira amostragem (A), segunda amostragem (B) e terceira amostragem (C).

A matéria verde de caule na segunda amostragem apresenta uma queda em função das doses de zinco dentro da dose máxima de calcário estudada (4.781,25 kg.ha⁻¹), por outro lado na quarta amostragem apresenta maior produção com a dose 6,25 kg.ha⁻¹ de zinco indicando a maior importância do zinco após 250 dias do plantio (Figura 9).



A



B

Figura 9. Matéria verde de caule de mandioca em função de doses de zinco dentro da dose 4.781,25 kg.ha⁻¹ de calcário na segunda (A) e quarta amostragem (B).

6.7 Acúmulo de matéria verde e matéria seca de folhas

A matéria verde e a matéria seca das folhas de mandioca foram avaliadas na primeira e segunda amostragens.

No Quadro 22, apresenta-se os valores médios para matéria verde e matéria seca de folhas nas primeiras amostragens. Verifica-se que a produção de matéria seca foliar foi significativamente influenciada pela calagem. Nas duas amostragens executadas as maiores produções de matéria seca foliar foram obtidas com a maior dose de calcário (4.781,25 kg.ha⁻¹). De maneira geral os valores da segunda amostragem foram menores que aqueles obtidos na primeira amostragem, provavelmente devido a queda natural de folhas.

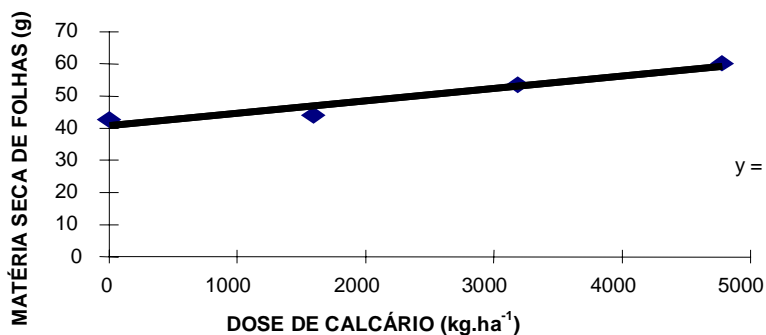
A aplicação de zinco e a interação calcário x zinco, não influenciaram significativamente o acúmulo de matéria seca foliar. Vidigal filho et al. (1997), trabalhando com calagem na cultura da mandioca, obteve resultados semelhantes.

Quadro 22. Valores médios de matéria verde e de matéria seca de folhas de mandioca nas primeiras amostragens ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função de doses de calcário e de zinco *

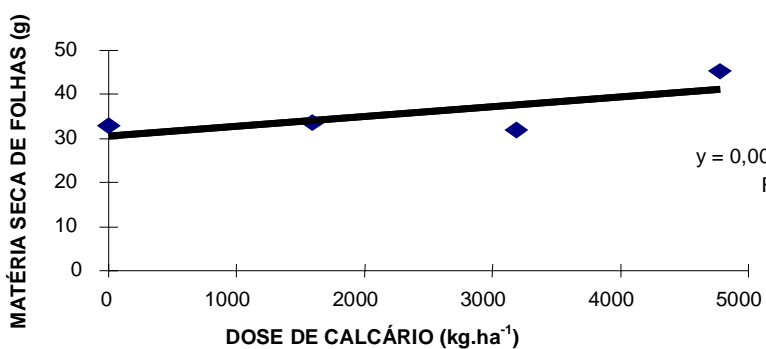
tratamento calcário ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	massa de matéria verde		massa de matéria seca	
	amostragem			
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
0,00	1.948,67 B	1.094,40 B	533,73 BC	379,86 B
1.593,75	1.911,07 B	1.612,53 A	515,07 C	542,13 AB
3.187,50	2.636,13 B	1.452,80 AB	698,93 B	411,60 B
4.781,25	3.523,60 A	1.956,93 A	924,80 A	583,47 A
DMS	789,33	512,80	172,00	162,67
C.V.%	28,52	30,34	23,31	30,71
zinco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
0,00	2.511,07	1.629,20	657,33	514,67
2,08	2.416,67	1.579,20	664,53	462,40
4,17	2.434,67	1.440,26	647,60	468,13
6,25	2.656,93	1.468,00	703,07	471,87
DMS	748,80	426,53	182,93	138,53
C.V.%	31,39	29,29	28,74	30,35
interação C x Zn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A produção de matéria seca foliar aumentou linearmente em função das doses de calcário estudadas, nas duas amostragens consideradas (Figura 10).



A



B

Figura 10. Matéria seca de folhas em função de doses de calcário na primeira (A) e segunda amostragem (B).

A produção de matéria verde de folhas apresenta uma queda em função das doses de zinco estudadas dentro da dose máxima de calcário aplicada (4.781,25 kg.ha⁻¹) na segunda amostragem. Esse fato também ocorreu com a matéria verde de caule na mesma amostragem (Figura 11).

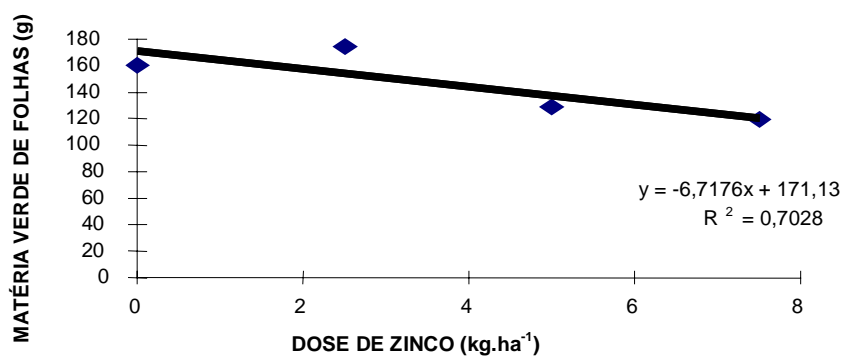


Figura 11. Matéria verde de folhas em função de doses de zinco dentro da dose 4.781,25 kg.ha⁻¹ de calcário na segunda amostragem.

6.8 Cálcio, magnésio e zinco nas raízes das plantas

O conteúdo médio de cálcio na matéria seca das raízes em função das doses de calcário e de zinco estão apresentados no Quadro 23. Verifica-se que a calagem influenciou o conteúdo de cálcio somente na primeira e segunda amostragens. Nas duas situações não foi observada diferenças entre a testemunha (sem calcário) e o tratamento que recebeu a maior dose de calcário. Esses resultados indicam que não há relação direta entre os teores de cálcio do solo e o conteúdo de cálcio em raízes tuberosas.

O conteúdo de cálcio das raízes de mandioca não foi influenciado pelas aplicação de zinco, em nenhuma das amostragens consideradas (Quadro 23)

Quadro 23. Valores médios para o conteúdo de cálcio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) na matéria seca das raízes de mandioca em função de doses de calcário e zinco*

tratamento calcário ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	amostragem			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0,00	15,75 B	17,25 A	17,81	16,56
1.593,75	16,38 AB	15,38 B	18,38	16,19
3.187,50	16,75 A	16,75 A	18,75	16,63
4.781,25	16,38 AB	17,00 A	17,94	18,13
DMS	0,76	1,04	1,45	2,17
C.V.%	4,21	5,66	7,19	11,64
zinco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
0,00	16,25	16,50	18,44	17,38
2,08	16,25	16,63	18,13	16,75
4,17	16,25	16,56	18,00	16,63
6,25	16,50	16,69	18,31	16,75
DMS	0,74	0,61	1,02	1,46
C.V.%	4,74	3,86	5,88	9,09
interação C x Zn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Diferente do que ocorreu com o cálcio, o conteúdo de magnésio na matéria seca de raízes de mandioca foi influenciado tanto pela calagem como pela aplicação de zinco (Quadro 24). A partir da segunda amostragem, fica evidente que as maiores doses de calcário determinaram maiores conteúdos de magnésio na matéria seca das raízes, diferindo do tratamento testemunha. Esses resultados são justificáveis uma vez que foi o calcário utilizado (dolomítico), apresenta apreciáveis quantidades de magnésio. Resultados semelhantes foram obtidos por Paula et al. (1985).

O efeito da aplicação do zinco sobre o conteúdo de magnésio da matéria seca de raízes de mandioca só foi significativo na terceira amostragem, quando se observa que a aplicação de $2,08 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de zinco determinou o maior conteúdo de magnésio, diferindo do tratamento testemunha (sem zinco).

O conteúdo de zinco na matéria seca de raízes de mandioca, não foi influenciado pela calagem nem pela aplicação de zinco (Quadro 24). Resultados diferentes foram encontrados por Paula et al. (1985).

Quadro 24. Valores médios para o conteúdo de magnésio (mg.kg^{-1}) na matéria seca de raízes de mandioca, em função de doses de calcário e de zinco*

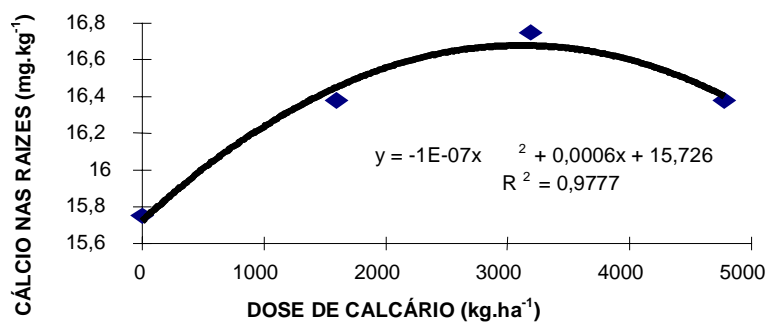
tratamento calcário (kg.ha^{-1})	amostragem			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0,00	4,38 B	3,13 B	3,75 B	3,69 BC
1.593,75	4,50 B	3,50 B	3,94 B	3,63 C
3.187,50	5,63 A	5,12 A	4,50 A	4,19 A
4.781,25	4,50 B	5,25 A	4,50 A	4,06 AB
DMS	0,95	0,39	0,54	0,41
C.V.%	18,06	8,32	11,69	9,64
zinco (kg.ha^{-1})				
0,00	4,44	4,13	3,75 B	4,00
2,08	4,88	4,38	4,38 A	3,69
4,17	4,75	4,19	4,31 AB	3,88
6,25	4,94	4,31	4,25 AB	4,00
DMS	0,93	0,67	0,62	0,58
C.V.%	20,46	16,64	15,50	15,70
interação C x Zn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

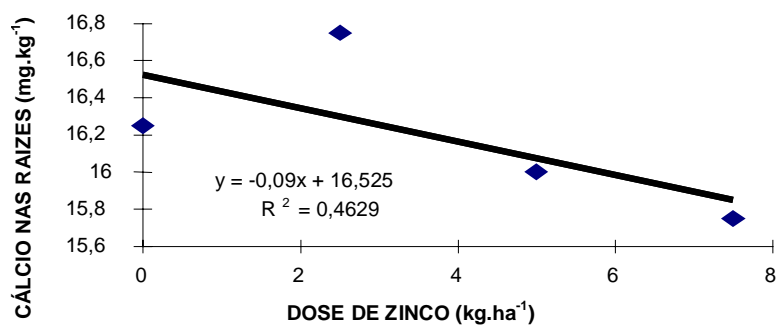
Na figura 12, o acúmulo de cálcio nas raízes de mandioca apresentou um aumento em função das doses de calcário, com queda no teor a partir da dose aproximada de 3.000 kg.ha^{-1} de calcário na primeira amostragem.

Na quarta amostragem os teores de cálcio nas raízes de mandioca apresenta uma queda linear em função das doses de zinco dentro da dose $1.593,75 \text{ kg.ha}^{-1}$ de calcário indicando a influencia do zinco na absorção de cálcio (Figura 12).

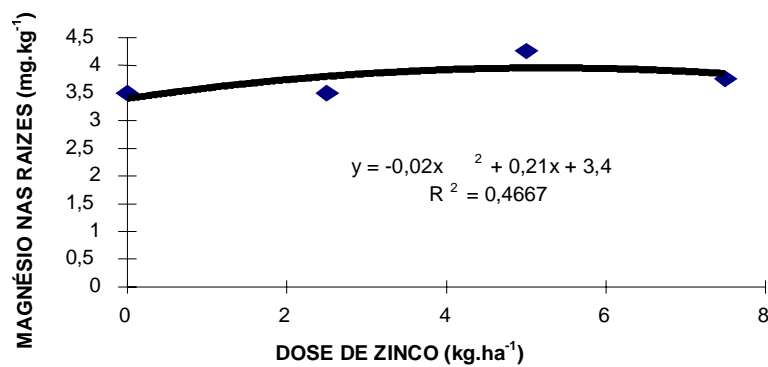
O conteúdo de magnésio nas raízes de mandioca apresenta aumento em função das doses de zinco, com queda no acúmulo com doses superiores a $6,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ de zinco dentro da dose $0,00 \text{ kg.ha}^{-1}$ de calcário (Figura 12).



A



B



C

Figura 12. Acúmulo de cálcio nas raízes de mandioca em função de doses de calcário, na primeira amostragem (A), doses de zinco dentro da dose $1.593,75 \text{ kg.ha}^{-1}$ de calcário, na quarta amostragem (B) e acúmulo de magnésio nas raízes de mandioca em função das doses de zinco dentro do tratamento testemunha (sem calcário), na terceira amostragem (C).

O teor de zinco nas raízes de mandioca apresentou uma queda linear em função das doses de calcário aplicadas na primeira amostragem (Figura 13), indicando que o acúmulo de zinco nas raízes tuberosas é influenciado pela calagem, provavelmente em função do magnésio. Resultados que estão de acordo com Malavolta (1980).

As doses de zinco aplicadas dentro do tratamento testemunha (sem calcário), apresentou um aumento linear em função das doses de zinco, na quarta amostragem, (Figura 13).

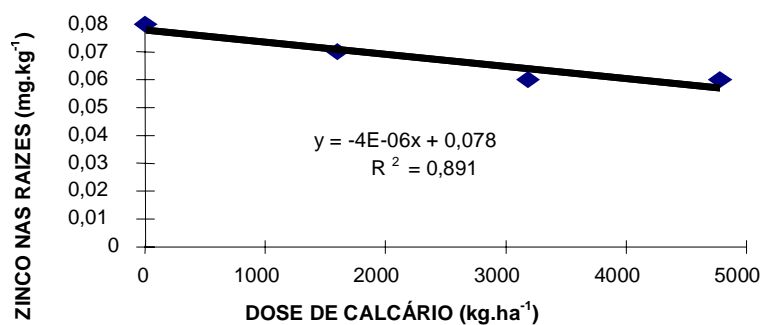
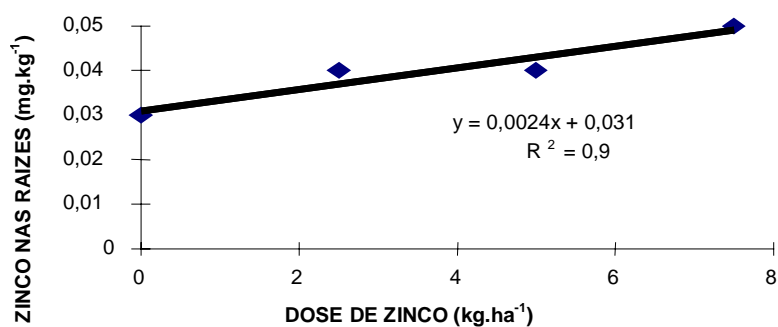
**A****B**

Figura 13. Acúmulo de zinco nas raízes de mandioca em função das doses de calcário na primeira amostragem (A) e doses de zinco dentro do tratamento testemunha (sem calcário) na quarta amostragem (B).

6.9 Cálcio, magnésio e zinco no caule das plantas

O conteúdo de magnésio na matéria seca do caule das plantas de mandioca foi influenciado pela calagem, exceto para a terceira amostragem (Quadro 25). De maneira geral as maiores doses de calcário determinaram conteúdos de magnésio na matéria seca do caule, que diferiram significativamente daquele obtido no tratamento sem calagem. Indicando nesse caso, que há uma relação entre o teor de magnésio do solo e o conteúdo de magnésio do caule das plantas de mandioca. Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Paula et al. (1985).

Quadro 25. Valores médios para o conteúdo de magnésio em (mg.kg^{-1}) na matéria seca de caule de mandioca, em função das doses de calcário e de zinco*

tratamento calcário (kg.ha^{-1})	amostragem			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0,00	15,06 B	20,00 C	17,69	16,75 B
1.593,75	14,00 B	20,94 BC	17,88	20,63 AB
3.187,50	19,44 A	24,44 AB	21,38	21,50 AB
4.781,25	19,69 A	25,25 A	21,38	22,44 A
DMS	3,47	4,11	4,92	4,95
C.V.%	18,44	16,40	22,46	22,02
zinco (kg.ha^{-1})				
0,00	16,81	22,44	19,50	21,75
2,08	15,81	22,88	19,25	19,81
4,17	17,25	22,25	20,13	19,38
6,25	18,31	23,06	20,44	20,38
DMS	3,78	3,63	4,03	3,32
C.V.%	23,26	16,83	21,33	17,14
interação C x Zn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

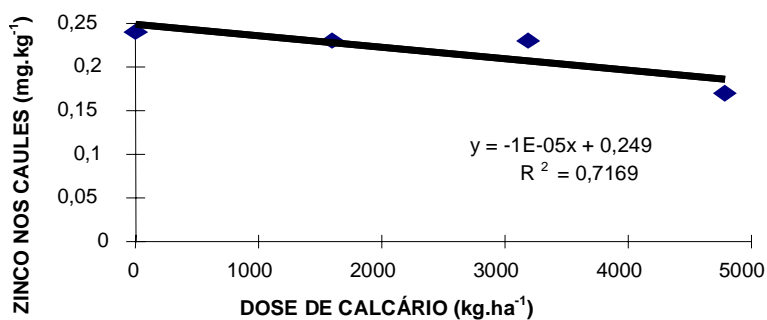
A quantidade de zinco acumulada no caule das plantas de mandioca é mostrada no Quadro 26. Observa-se que com a aplicação de calcário em doses crescentes, ocorreu redução no conteúdo de zinco na matéria seca do caule das plantas de mandioca. Para todas as amostragens, observa-se que os menores conteúdos de zinco, foram obtidos quando se aplicou a maior dose de calcário. Esses resultados estão de acordo com Asher et al. (1980).

A aplicação do zinco, no solo, resultou em aumentos progressivos do conteúdo de zinco na matéria seca do caule das plantas de mandioca (Quadro 26 e Figura 14). Os maiores valores para o conteúdo de zinco na matéria seca do caule foram obtidos com a aplicação de 4,17 a 6,25 kg.ha⁻¹ de zinco, que diferiram significativamente do tratamento testemunha, em todas as amostragens.

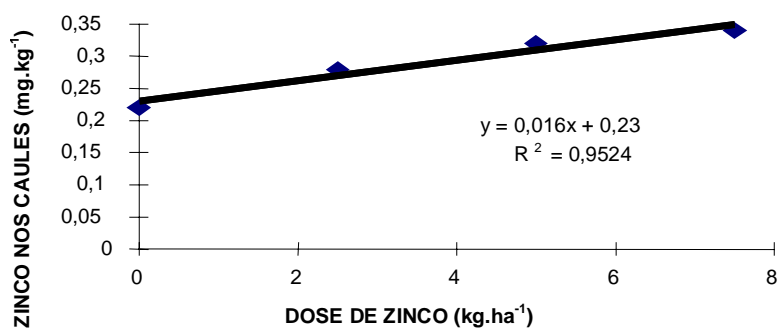
Quadro 26. Valores médios para o conteúdo de zinco (mg.kg⁻¹) na matéria seca de caule de mandioca, em função das doses de calcário e zinco*

tratamento calcário (kg.ha ⁻¹)	amostragem			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0,00	24,01 A	28,04 AB	24,41 AB	28,18 AB
1.593,75	23,20 AB	32,13 A	28,42 A	32,31 A
3.187,50	23,12 AB	30,00 AB	22,22 BC	23,20 AB
4.781,25	16,99 B	23,99 B	17,98 C	20,02 B
DMS	6,90	6,24	5,20	1,11
C.V.%	28,81	19,62	20,28	36,78
zinco (kg.ha ⁻¹)				
0,00	17,12 C	21,12 B	18,10 C	21,23 B
2,08	20,02 BC	28,31 AB	21,23 BC	24,12 AB
4,17	24,14 AB	31,42 A	25,24 AB	28,40 A
6,25	26,42 A	34,41 A	28,41 A	30,34 A
DMS	5,51	7,10	5,21	7,02
C.V.%	26,67	25,15	22,24	27,76
interação C x Zn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

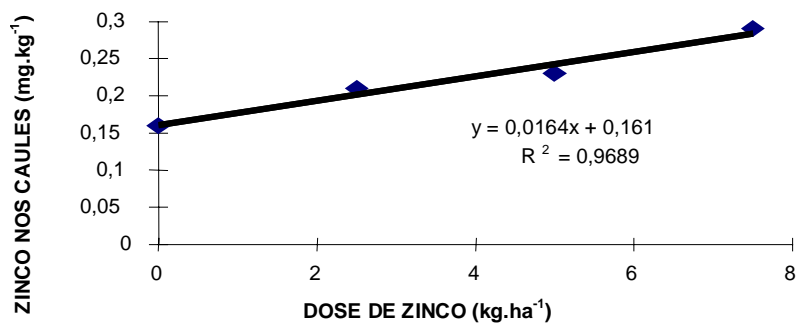
*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



A



B



C

Figura 14. Acúmulo de zinco no caule das plantas de mandioca em função de doses de calcário na primeira amostragem (A), doses de zinco na segunda amostragem (B) e doses de zinco dentro da dose 3.187,50 kg.ha⁻¹ de calcário na terceira amostragem (C).

O conteúdo de cálcio e magnésio na matéria seca de caule de mandioca, apresenta um aumento linear em função das doses de calcário nas duas primeiras amostragens, 132 e 181 dias após o plantio (Figura 15).

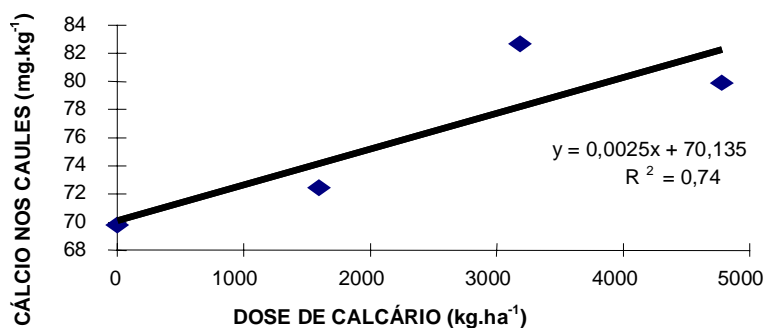
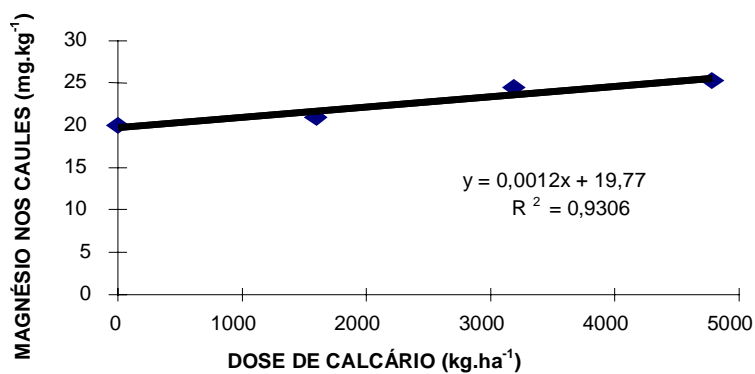
**A****B**

Figura 15. Acúmulo de cálcio no caule das plantas de mandioca em função das doses de calcário na segunda amostragem (A) e acúmulo de magnésio no caule das plantas de mandioca em função das doses de calcário na primeira amostragem (B).

6.10 Cálcio, magnésio e zinco nas folhas das plantas

Os conteúdos foliares de cálcio, magnésio e zinco só foram analisados na primeira e na segunda amostragens, pois nas amostragens subsequentes, as plantas não tinham folhas.

No Quadro 27 apresenta-se os valores médios de cálcio, magnésio e zinco na matéria seca das folhas. Verifica-se maior conteúdo de cálcio e de magnésio nas folhas de mandioca foram influenciados pela calagem. De maneira geral as maiores doses de calcário determinaram conteúdos de cálcio e magnésio na matéria seca de folhas, que diferiram significativamente daqueles obtidos no tratamento testemunha (sem calagem).

Com a aplicação de calcário, em doses crescentes, ocorreu redução no conteúdo de zinco na matéria seca das folhas das plantas de mandioca, observando-se que o teor de zinco diminuiu com o aumento das doses de calcário (Quadro 27). Resultados semelhantes foram obtidos por Paula et al. (1985).

O conteúdo de zinco na matéria seca de folhas de mandioca foi influenciado pela aplicação de zinco, indicando nesse caso que há uma relação entre o teor de zinco no solo e o teor de zinco nas folhas das plantas.

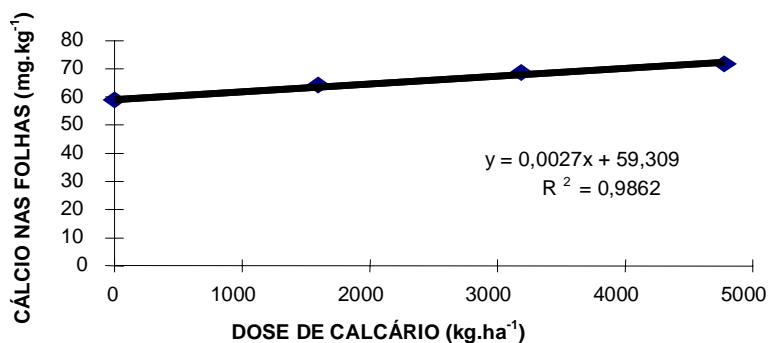
As faixas de teores adequados de cálcio, magnésio e zinco em folhas de mandioca são respectivamente: 5 – 15; 2 – 5 g.kg⁻¹ e 35 – 100 mg.kg⁻¹ (Lorenzi et al. 1996). No Quadro 27 apresenta-se os teores médios obtidos, observa-se que o conteúdo de cálcio existente encontra-se dentro da faixa embora em quantidade baixa, por outro lado o magnésio e o zinco apresentam-se em quantidades menores, indicando que no solo estudado as aplicações da calagem e de zinco não atingiram os teores adequados.

Quadro 27. Valores médios para o conteúdo de cálcio, magnésio e zinco (mg.kg^{-1}) na matéria seca das folhas de mandioca, em função de doses de calcário e de zinco*

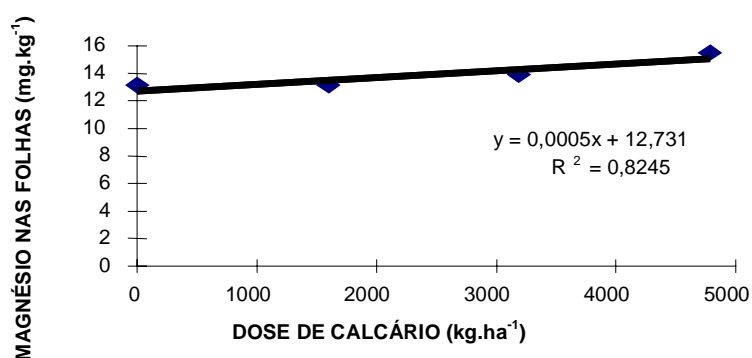
tratamento calcário (kg.ha^{-1})	amostragens					
	cálcio		magnésio		zinco	
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
0,00	56,13	58,81 B	13,13 B	13,25	24,41 A	24,35 A
1.593,75	54,50	64,06 AB	13,13 B	17,56	23,12 AB	24,36 A
3.187,50	54,56	68,81 AB	13,88 AB	15,69	19,21 AB	20,16 AB
4.781,25	58,31	71,81 A	15,50 A	17,00	16,06 B	19,04 B
DMS	9,16	10,48	1,78	12,04	7,31	4,19
C.V.%	14,84	14,39	11,60	68,64	29,53	17,34
zinco (kg.ha^{-1})						
0,00	53,75	67,69	13,75	15,13	18,15 B	18,15 B
2,08	56,31	64,19	14,31	19,56	20,22 AB	21,18 AB
4,17	55,88	65,50	13,69	14,13	22,31 A	24,47 A
6,25	57,56	66,13	13,88	14,69	22,43 A	24,43 A
DMS	6,94	7,50	1,57	9,53	4,23	4,05
C.V.%	13,05	11,95	11,88	63,04	18,02	18,62
interação C x Zn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com a aplicação de calcário, em doses crescentes ocorreu um aumento linear no conteúdo de cálcio e de magnésio na matéria seca das folhas de mandioca. Para as duas amostragens observa-se que os maiores teores de cálcio e de magnésio foram obtidos conforme o aumento das doses de calagem (Figura 16).



A

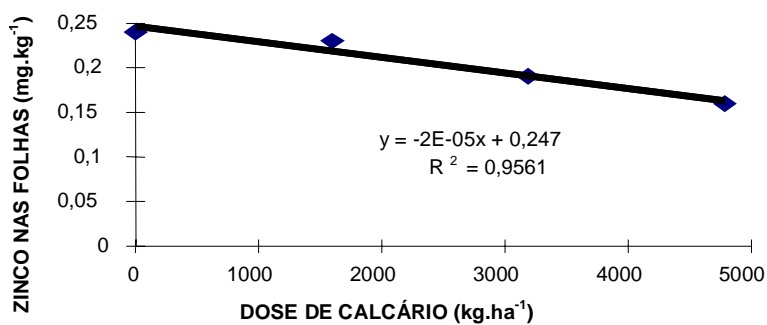


B

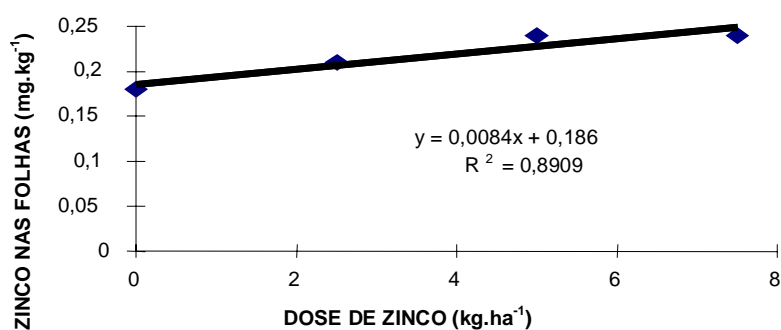
Figura 16. Acúmulo de cálcio nas folhas de mandioca em função das doses de calcário na segunda amostragem (A) e acúmulo de magnésio nas folhas de mandioca em função das doses de calcário na primeira amostragem (B).

O conteúdo de zinco na matéria seca de folhas de mandioca apresenta uma redução linear em função das doses de calcário. Fica evidente que as maiores doses de calcário determinam menor acúmulo de zinco nas folhas de mandioca (Figura 17). Resultados que estão de acordo com aqueles obtidos por Vidigal Filho (1994).

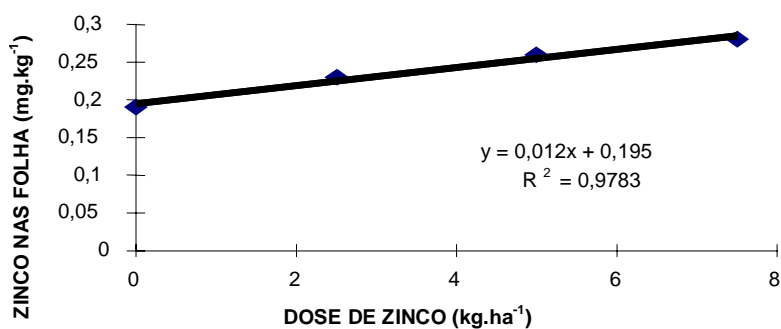
A aplicação do zinco dentro das menores doses de calcário resultou em aumentos progressivos do conteúdo de zinco na matéria seca das folhas das plantas de mandioca (Figura 17). Os teores de zinco nas folhas apresentam um aumento linear em função da aplicação de doses de zinco no solo, evidenciando uma relação entre o teor de zinco do solo e o conteúdo de zinco nas folhas das plantas de mandioca.



A



B



C

Figura 17. Acúmulo de zinco nas folhas de mandioca em função de doses de calcário na primeira amostragem (A), doses de zinco no tratamento testemunha (sem calcário) na segunda amostragem (B) e doses de zinco dentro da dose 1.593,75 kg.ha⁻¹ de calcário na segunda amostragem (C).

6.11 Correlação entre matéria seca de raízes e as variáveis da cultura

A correlação entre a matéria seca de raízes e as variáveis da cultura é feita de duas maneiras, na primeira é feita a comparação entre a matéria seca de raízes e variáveis dentro de cada época de amostragem (Quadro 28) e na segunda como é apresentada no Quadro 30 a comparação é feita entre a matéria seca de raízes da quarta amostragem e as variáveis da cultura das amostragens anteriores.

Considerando os dados apresentados no Quadro 28, observa-se que a altura das plantas e o número de raízes, apresentam uma boa correlação com a produção de matéria seca de raízes em todas as amostragens efetuadas. A matéria seca de folhas mostrou uma boa correlação com a produção de matéria seca de raízes nas duas primeiras épocas de amostragens, quando foi possível a coleta de folhas. O número de hastes das plantas apresentaram baixa correlação com a produção de matéria seca de raízes em todas as amostragens, sendo que na primeira não foi significativa.

Quadro 28. Coeficiente de correlação entre a matéria seca de raízes de mandioca e variáveis da cultura em cada época de amostragem

variável	amostragens			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
altura de plantas	0,76 *	0,80 *	0,77 *	0,73 *
nº de hastes	0,24 n.s.	0,47 *	0,39 *	0,37 *
nº de raízes	0,73 *	0,81 *	0,83 *	0,82 *
matéria seca de folhas	0,73 *	0,69 *	-----	-----
matéria seca de caules	0,41 *	0,92 *	0,55 *	0,47 *

p < 0,05, n = 64

A produção de matéria seca de raízes tuberosas, obtida na época indicada para colheita da mandioca (quarta amostragem), foi positiva e significativamente correlacionada com a altura da planta ($r = 0,73$), número de raízes ($r = 0,82$), número de hastes ($r = 0,37$) e matéria seca de caule ($r = 0,47$), (Quadro 29). No caso da matéria seca de caule e número de hastes, a correlação pode ser considerada baixa.

Com as variáveis avaliadas antes da época recomendada para colheita da mandioca (primeira, segunda e terceira amostragens), a produção final da matéria seca de raízes tuberosas (quarta amostragem) correlacionou-se positiva e significativamente com: altura de planta, número de raízes, matéria seca de caule e matéria seca de raízes, porém de forma geral, os coeficientes de correlação foram baixos (Quadro 29).

Quadro 29. Coeficiente de correlação entre a matéria seca de raízes de mandioca na época de colheita e variáveis da cultura em cada época de amostragem

variável	amostragem			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
altura de plantas	0,32 *	0,50 *	0,58 *	0,73 *
nº de hastes	0,01 n.s.	0,05 n.s.	0,17 n.s.	0,37 *
nº de raízes	0,36 *	0,35 *	0,45 *	0,82 *
matéria seca de folhas	0,19 n.s.	0,18 n.s.	-----	-----
matéria seca de caules	0,32 *	0,26 *	0,38 *	0,47 *
matéria seca de raízes	0,28 *	0,37 *	0,46 *	1,00

$p < 0,05, n = 64$

6.12 Considerações finais

O estudo da calagem para a cultura da mandioca é de vital importância principalmente para os solos ácidos e pobres em fertilidade. A cultura da mandioca além da sua importância na alimentação, possui grande quantidade de derivados que são matérias primas para outras indústrias como produtoras de papel e de adesivos. As informações apresentadas nesse estudo podem auxiliar o melhor rendimento de plantios comerciais em solos com baixa fertilidade e acidez elevada. As doses de calcário aplicadas tiveram resposta significativa para todas as variáveis analisadas, sendo as doses maiores responsáveis pela melhor resposta nas plantas de mandioca. A interação entre os tratamentos mostra que nas doses aplicadas, os melhores resultados obtidos para massa de matéria verde e massa de matéria seca de raízes, caules e de folhas de plantas de mandioca foram encontrados dentro

das maiores doses de calcário e de zinco. A massa de matéria verde de caules e de folhas diminui conforme as doses de zinco são aumentadas dentro da dose 4.781 kg.ha⁻¹ de calcário, esse fato não ocorre com suas massas de matéria seca, já a massa de matéria seca de raízes aumenta conforme as doses de zinco são aumentadas dentro da dose 4.781 kg.ha⁻¹ de calcário. Com doses baixas de calcário aplicadas principalmente na dose 1.594 kg.ha⁻¹ as maiores produções de raízes aparecem com a dose 2,5 kg.ha⁻¹ de zinco aplicadas. O acúmulo de cálcio e de magnésio nos caules e folhas das plantas foi maior com as maiores doses de calcário aplicadas, nas raízes ocorre um menor acúmulo desses elementos com doses muito elevadas de calcário. O acúmulo de zinco nas partes da planta diminui conforme as doses de calcário são aumentadas, já o acúmulo desse elemento é aumentado conforme ele é aplicado em maiores quantidades independente das doses de calcário aplicadas. A altura das plantas e o número de raízes das plantas de mandioca mostraram um alto coeficiente de correlação com a produção de massa de matéria seca de raízes. As maiores quantidades de cálcio e de magnésio são acumuladas nos caules das plantas, seguidas pelas folhas e em menor quantidade é encontrada nas raízes, já as maiores quantidades de zinco são encontradas nas raízes e encontradas em menor quantidade nos caules e nas folhas. Os efeitos da calagem e do zinco nas variáveis estudadas da cultura da mandioca são apresentados no Quadro 30.

Quadro 30. Efeito dos tratamentos com calcário e zinco sobre as variáveis da cultura analisadas

Tratamentos	Estande	Altura de plantas	Nºde hastes	Nºde raízes	Matéria verde e seca de raízes	Matéria verde e seca de caule	Matéria verde e seca de folhas	produtividade		teores			Teores					
								verde	seca	raízes			caule			folhas		
										Ca	Mg	Zn	Ca	Mg	Zn	Ca	Mg	Zn
Calcário (C)	*	*	*	*		*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*
Zinco (Zn)			*								*	*	*		*			
C x Zn					*	*		*	*									

* efeito significativo.

7. CONCLUSÕES

- Em solo ácido pobre em fertilidade o uso da calagem influenciou todas as características avaliadas, sendo as quantidades maiores de calcário aplicadas as que possibilitaram as melhores respostas pelas plantas de mandioca.

- As doses mais altas de calcário e de zinco aplicadas possibilitaram aumento na produção de massa de matéria seca de raízes.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS*

ASHER, C.J., EDWARDS, D. G., HOWELER, R. H. *Desordenes nutricionales de la yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Cali : Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980. 48p.

BRANDY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 6.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983. 647 p.

BRINHOLI, O. *Efeitos de calcário, fósforo, nitrogênio, potássio e boro em duas cultivares de mandioca*. Botucatu, 1977. 158p. Tese (Livre-Docência, Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA.

CIAT. Sistema de producción de yuca. *Inf. An. Ciat.* (Cali), 1975, Cali, p. B1-B85, 1975.

CIAT. Suelos y nutrición de la planta. *Inf. An. Ciat* (Cali), 1977, Cali, p. 59-69, 1977.

- DOMINGUES, C. E. *Yuca: investigación, producción y utilización*. Colombia: PNUD, CIAT, 1979. 656 p.
- EDWARDS, D. G., ASHER, C. J., WILSON, G. U. Mineral nutrition of cassava and adaptation to low fertility conditions. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS, 4, 1976, Cali. Proceedings... Cali: Ciat 1976. p.124-30.
- GOMES, J. de C. Adubação com macro e micronutrientes na cultura da mandioca em Inhambupe - BA. *Rev. Bras. Mandioca*, v. 5, n. 1, p. 7-13, 1986.
- GOMES, J. C. Considerações sobre a adubação e calagem para a cultura da mandioca. *Rev. Bras. Mandioca*, v. 6, n. 2, p. 99-107, 1987.
- GRASSI FILHO, H. *Nutrição mineral de plantas*. Disciplina do curso de pós graduação em Agronomia. Faculdade de Ciências Agronômicas, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Botucatu. 1999.
- HOWELER, R. H. Nutrición mineral y fertilización de la yuca. In: CURSO DE PRODUCCION DE YUCA, 1, Cali, 1978. Cali: Ciat, 1978. p. 274-321.
- HOWELER, R. H. *nutrición mineral y fertilización de la yuca*. 4. ed. Cali: CIAT, 1981. 55 p.
- LOPES, A. S. *Manual internacional de fertilidade do solo*. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1998. 177p.
- LORENZI, J. O., DIAS, C. A. C. Cultura da Mandioca. *Bol. Téc. Cati*, n. 211, p. 1 - 41, 1993.

- LORENZI, J. O. & MONTEIRO, D. A. A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) como matéria prima para produção de etanol no Brasil. *Bol. Téc. Inst. Agron. (Campinas)*, n. 67, p. 1 - 41, 1980.
- LORENZI, J.O., MONTEIRO, D. A., FILHO, H. S. M. Raízes e Tubérculos. *Bol. Téc. Inst. Agron. (Campinas)*, n. 100, p. 219 – 30, 1996.
- LOZANO, J. C., BELLOTTI, A., REYES, J. A., HOWELER, R., LEIHNER, D., DOLL, J. *Problemas en el cultivo de la yuca*. 2 ed. Cali: CIAT, 1981. 205p.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo*. São Paulo: Ceres, 1976. 528p.
- MARCANO, J. J., PAREDES, G. F., COLMENAREZ, O. Efecto de la aplicacion de cal sobre la producion de raízes de 27 cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en un suelo con alto valor de acidez. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 8, 1994, Salvador. *Resumos...* Salvador: Banco do Nordeste do Brasil. 1994. p.41.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MIRANDA, L., MIELNICZUK, J., LOBATO, E. Calagem e adubação corretiva. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5, 1978, Brasília. *Anais...* Brasília: Editerra, 1980. p. 521-78.
- MONDARDE, E., LAVINA, M. L., DITRICH, R. C. Efeito do gesso como fonte de nutrientes para a cultura da mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

- MANDIOCA, 8, 1994, Salvador. *Resumos...* Salvador: Banco do Nordeste do Brasil. 1994 p.33.
- NOGUEIRA, F. D., PAULA, M. B., TANAKA, R. T., ANDRADE, A. M. S. Interações entre níveis de calagem e de zinco para a cultura da mandioca em solo sob vegetação de cerrado. *Rev. Bras. Mandioca*, v. 3, n. 2, p. 99-104, 1984.
- NORMANHA, E. S., PEREIRA, A. S. Cultura da mandioca. *Agrônomo*, v. 15, n. 9/10, p. 9-35, 1963.
- PAULA, M. B., NOGUEIRA, F. D., TANAKA, R. T., ANDRADE, A. M. S. Efeitos de níveis de fósforo e calcário sobre a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Rev. Bras. Mandioca*, v. 4, n. 2, p. 7-18, 1985.
- PERIN, S. *Efeitos de níveis de fósforo e calcário no crescimento e acumulação de P, Ca, Mg e Zn pela mandioca (Manihot esculenta Crantz) em casa de vegetação*. Lavras, 1982. 100p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agronomia, UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS.
- SOUSA, L. D., GOMES, J. C., CALDAS, R. C. Interação vinhoto, calagem e fósforo na cultura da mandioca no norte do Mato Grosso. *Rev. Bras. Mandioca*, v. XI, n. 2, p. 148 - 55, 1992.
- SOUSA, E. C. A., FERREIRA, M. E. Zinco. In: FERREIRA, M. E., CRUZ, M. C. P. *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: Potafós, 1991. p. 219 - 42.
- RAIJ, B. V. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Ceres, Potafós, 1991. 343 p.
- VIDIGAL FILHO, P.S., VIEIRA, J.M., ZAMBOLIM, L., SEDIYAMA, T., CARDOSO, A.A., FONTES, P.C.R., RIBEIRO, A.C., CAETANO, L.F. *Glomus etunicatum* Becker &

Guerdemann, Calagem, superfosfato triplo e níveis de zinco influenciando o crescimento da mandioca. *Rev. Bras. Mandioca*, v. 16, n. 1, p. 15 - 34, 1997.

VIDIGAL FILHO, P.S., VIEIRA, J.M., ZAMBOLIM, L., SEDIYAMA, T., CARDOSO, A.A., FONTES, P.C.R., RIBEIRO, A.C., CAETANO, L.F. Efeito de Glomus Becker & Guerdemann, Calagem, superfosfato triplo e níveis de zinco na acumulação de macro e de micronutrientes em plantas de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 8, 1994, Salvador. *Resumos...* Salvador: Banco do Nordeste do Brasil, 1994. p. 84.