

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

**INTERAÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO
E ZINCO NA MAMONEIRA**

ÉRICA PONTES LÉLES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP

Fevereiro - 2008

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

**INTERAÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO
E ZINCO NA MAMONEIRA**

ÉRICA PONTES LÉLES

Orientador: Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP

Fevereiro – 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E
DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Léles, Érica Pontes, 1982-
L538i Interação de doses de calcário e zinco na mamoneira
/ Érica Pontes Léles.- Botucatu : [s.n.], 2008.
v, 66 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual
Paulista,
Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes
Inclui bibliografia

1. Zinco. 2. Mamona. 3. Calcário. 4. Micronutrientes.
I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de
Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III.
Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "INTERAÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO E ZINCO NA MAMONEIRA"

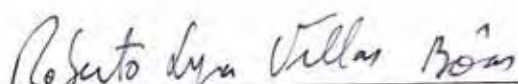
ALUNA: ÉRICA PONTES LÉLES

ORIENTADOR: PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

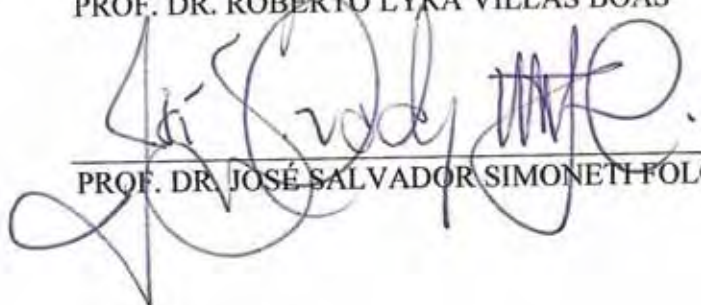
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS



PROF. DR. JOSÉ SALVADOR SIMONETTI-FOLONI

Data da Realização: 15 de fevereiro de 2008.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Érica Pontes Léles, nascida em 08 de julho de 1982 em Botucatu, SP, Engenheira Agrônoma pela Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP em 2004.

Em março de 2006, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Agricultura, no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu, obtendo o título em fevereiro de 2008.

Aos meus pais,
ANTONIO APARECIDO INÁCIO LÉLES e
LÚCIA HELENA PONTES LÉLES,
pelo exemplo de determinação,
todo amor e confiança desprendidos.

DEDICO

A todos meus familiares e amigos
simplesmente pela presença em minha vida,
tornando-a um prazeroso caminho a ser percorrido!

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar diariamente!

Ao Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pela dedicada orientação, compreensão, amizade e por me proporcionar ensinamentos para crescimento profissional e pessoal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudos durante a realização do curso de mestrado.

A minha irmã Luana Pontes Léles, pelo imenso carinho, lealdade e pelas divertidas conversas, mostrando o valor das coisas simples na vida.

Aos membros da banca Prof. Dr. José Salvador Foloni, Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Boas e Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes pelas sugestões enriquecedoras neste trabalho.

Aos Professores Doutores Roberto Lyra Villas Boas, Iraê Guerrini, Carlos Alexandre C. Crusciol e Maurício Dutra Zanotto pelos ensinamentos e incentivos.

Aos funcionários do Depto de Recursos Naturais / Área de Ciência do Solo Jair, Adilson, Cristiane, Dorival, Adenir, Isaura, Noel, Silvia, Eliana e demais funcionários pelo apoio e atenção constante.

À seção de Pós-Graduação nas pessoas de Marilena, Marlene e Jaqueline e à biblioteca “Paulo Carvalho de Matos”, na pessoa de Denise, por sempre estarem dispostas a auxiliar durante todo o curso.

Aos amigos pós-graduandos conquistados durante o mestrado Carla Machado, Rafael Pereira, Inocência de Oliveira, Simério Cruz, José Iran Cardoso, Regina Leite, Luis Sanches; aos graduandos Leandro (Kaubi) e Douglas (Kbuloso) e aos amigos de longa data Letícia Gushi (Trikoma), Bruna Penteado (Pig), Douglas Kohatsu (Pokemon), Élen Cruz, Gilsara Alves (Kuel), Paula Sibio (Sedada), Patrícia Rocha (Jorjão), Kátia Santos, Gabriella de Assis, Eliriane Jamas (Nhame) e Júlio Oliveira, pelos momentos de estudo, trabalho e descontração.

Ao Engº Agrônomo Juliano Corulli Corrêa pela colaboração com a análise estatística dos dados apresentados.

A todos amigos e familiares pela motivação constante que, através do companheirismo proporcionou força nos momentos de turbulência e satisfação nos momentos de realização.

A todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para a conclusão desta etapa.

SUMÁRIO	Páginas
1 RESUMO.....	01
2 SUMMARY.....	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	07
4.1 Fenologia da cultura.....	07
4.2 Importância da cultura.....	09
4.3. Nutrição mineral da mamoneira.....	12
4.3.1 Zinco.....	14
4.3.2 Interação calagem e zinco.....	17
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1 Local do experimento.....	20
5.2 Caracterização do solo.....	20
5.3 Caracterização do cultivar de mamona Al Guarani 2002.....	21
5.4 Tratamentos e delineamento experimental.....	21
5.5 Instalação e condução do experimento.....	22
5.5.1 Correção do solo e adubação de semeadura.....	22
5.5.2 Semeadura e adubações.....	23
5.6 Parâmetros avaliados.....	24
5.6.1 No solo.....	24
5.6.2 Na planta de mamona colhida no início do florescimento.....	24
5.6.2.1 Características morfológicas e produção de massa da parte aérea...	24
5.6.2.2 Análise foliar.....	25
5.6.3 Na planta de mamona colhida com racemo primário maduro.....	26
5.6.3.1 Características morfológicas e produção de massa da parte aérea...	26
5.6.3.2 Massa seca de raízes (2 plantas por vaso).....	27
5.6.3.3 Componentes de produção.....	27
5.6.3.4 Acúmulo de nutrientes nos grãos.....	28
5.7 Análise estatística.....	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6.1 Solo.....	30
6.2 Na planta de mamona cortada em início do florescimento.....	34
6.2.1 Características morfológicas e produção de massa da parte aérea.....	34
6.2.2 Diagnose foliar.....	36
6.3 Na planta de mamona colhida com racemo primário maduro.....	39
6.3.1 Características morfológicas.....	39
6.3.2 Produção de massa da parte aérea.....	42
6.3.3 Produção de massa das raízes (duas plantas por vaso).....	43
6.3.4 Componentes de produção.....	45
6.3.5 Acúmulo de nutrientes nos grãos.....	48
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
8 CONCLUSÕES.....	56
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

1. RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de doses de calcário e zinco e, a interação destes sobre os atributos químicos do solo, desenvolvimento da cultura da mamona e acúmulo nutricional nos grãos produzidos. A hipótese deste trabalho é que o aumento de doses de calcário diminui a disponibilidade de zinco no solo para a planta. O experimento foi desenvolvido em estufa para cultivo protegido sem controle de temperatura, em vasos com 17 dm³ de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, textura média. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos do experimento foram arranjos num esquema fatorial 3 x 5, sendo os fatores: 3 saturações por base (40, 60 e 80%) e cinco doses adicionadas de Zn (0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0 mg dm⁻³ de solo). Foram semeadas oito sementes por vaso da mamona Al Guarani 2002, desbastando-se para duas plântulas dez dias após a emergência. Em cada vaso, uma planta foi colhida aos 79 dias após a emergência (início do florescimento), quando foram avaliados os componentes morfológicos e diagnose foliar. A outra planta foi conduzida até 174 dias após emergência (na maturidade fisiológica do racemo primário), quando foram avaliados os atributos químicos do solo, e na planta foram avaliados os componentes morfológicos, componentes de produção e acúmulo nutricional dos grãos produzidos. Maiores doses de calcário resultaram em maior

número de grãos por planta e MS dos grãos por planta. Maiores doses de zinco promoveram maior acúmulo de Zn nos grãos. Houve interação V% e Zn na altura da planta, na massa seca da raiz, no comprimento da parte masculina e total do racemo e, no acúmulo de Ca nos grãos. No entanto, nenhum destes incrementos refletiu em diferença significativa na massa de 100 grãos da mamoneira.

Palavras-chave: zinco, mamona, interação calagem e zinco.

INTERACTION OF LIME LEVELS AND ZINC IN CASTOR BEANS PLANTS. Botucatu, 2008. 66 fl. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ERICA PONTES LELES

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

2. SUMMARY

The objective in this work was to evaluate the effects of lime levels and zinc, and the interaction of this on chemical attributes of soil, on development in castor bean plants and nutrients accumulation on produced seeds. The hypothesis of this work is that the raise lime levels reduce the zinc availability in soil for the plant. The experiment was carried out under greenhouse conditions without control of temperature, in pots with 17 dm³ of “RED LATOSOIL dystrophic”, medium texture. The statistical design was of randomized blocks, factorial 3 x 5, with four replicates. The treatments consisted of liming to reach three basis saturation of 40, 60 and 80%, combined with five zinc levels (0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 mg dm⁻³). Eight castor bean seeds (cv Al Guarani 2002) were sown per pot, roughed-hew for two seedlings ten days after the emergence. Of this, one plant was grown until 79 days after emergence (beginning of flowering), when morphologic components were measured and leaf diagnose had been made. The other plant was grown until 174 days after emergence (first raceme mature), when were evaluated the soil chemical attributes, morphologic components and production components of plants and nutrients accumulation on produced seeds. Higher lime levels resulted in greater number of seeds per plants and dry matter of seeds per plant. Higher zinc levels promoted higher zinc accumulation in seeds. There was interaction of basis

saturation and zinc in plants height, in dry matter of root, in length of raceme (masculine part and total) and, in Ca accumulation in seeds. However, none of these increases reflected in a significant difference in weight of 100 castor bean seeds.

Key words: zinc, castor bean, interaction liming and zinc.

3. INTRODUÇÃO

A cultura da mamona pode ser uma alternativa rentável para pequenos e grandes produtores, sendo necessário o enfrentamento de alguns problemas relacionados à tecnologia de produção, aspectos econômicos e organizacionais.

O aumento de produtividade é fator fundamental na economicidade da cultura na medida em que reduz custos por unidade do produto, assegurando margens de rentabilidade para o produtor. A maioria dos solos brasileiros apresenta problemas relativos à fertilidade (FAGERIA et al., 1996), tornando-se imprescindível conhecer a capacidade dos mesmos em suprir nutrientes às plantas, bem como aprimorar as recomendações de adubação, visando uma produção eficiente e sustentável ao longo dos anos.

A cultura da mamona é carente de informações sobre tecnologia para fertilização do solo, pois há poucos relatos na literatura sobre seu comportamento em diferentes condições de cultivares, níveis de fertilidade do solo, clima, fitossanidade, etc. Porém sabe-se que é uma planta exigente em nutrientes, tendo nas sementes elevada concentração de óleo e proteínas, o que conduz a uma alta demanda por elementos essenciais.

Apesar dos avanços nos últimos anos, nas pesquisas de fertilidade do solo e nutrição de plantas, os estudos relativos aos micronutrientes ainda são restritos,

comparativamente aos realizados com macronutrientes. Possivelmente, a razão da menor atenção para os micronutrientes esteja relacionada à baixa quantidade exigida pelas culturas ou por sua deficiência não ser sistematicamente constatada em grande escala nas condições brasileiras (BARBOSA FILHO et al., 2001).

Porém, a expansão das áreas agrícolas resultante do desenvolvimento do país, o aumento da produtividade decorrentes do uso de técnicas mais avançadas, a maior utilização do calcário, sua aplicação na camada de 0-10 cm de profundidade em quantidades recomendadas para a camada de 0-20 cm e a maior pureza dos fertilizantes NPK, que deixam de fornecer os micronutrientes como impurezas, têm contribuído para a ocorrência mais freqüente das deficiências de micronutrientes no solo acarretando queda no rendimento das colheitas (ABREU et al., 2001).

Na cultura da mamona Souza e Natale (1997) concluíram que o zinco afetou positivamente a produção de bagas. Souza e Neptune (1976) mostraram que solos ácidos e com poucas bases trocáveis são improdutivos para a cultura, e devem ser evitados ou corrigidos com calagem. O pH do solo é o fator mais importante no controle de disponibilidade do zinco, pois há um decréscimo deste micronutriente quando o pH aumenta (ABREU et al., 1998).

A partir dessas constatações, a hipótese deste trabalho é que o aumento de doses do calcário reduz a disponibilidade de zinco no solo. Desta forma, o objetivo foi avaliar a interação de doses de calcário e zinco sobre os atributos químicos do solo, desenvolvimento da cultura da mamona e acúmulo nutricional nos grãos produzidos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Descrição da mamoneira

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) pertence à família Euphorbiaceae, que possui cerca de 7.000 espécies. É a única espécie do gênero *Ricinus*, produz um óleo glicérido solúvel em álcool, e outras propriedades singulares, como o mais viscoso de todos os óleos. Apresenta grande variação fenotípica, com variação de porte, coloração do caule, folhas, inflorescências, tipos de cachos (tamanho, formato, com e sem acúleos, etc.) e outros aspectos morfológicos (BELTRÃO et al., 2001).

A mamoneira é nativa do continente africano, possivelmente da Etiópia e apresenta seis subespécies e 25 variedades botânicas, além de milhares de cultivares comerciais em todo o mundo (SAVY FILHO et al., 1999).

É uma planta de clima tropical equatorial (HERMELY, 1981), com relativa adaptabilidade ambiental às regiões subtropicais, sendo explorada comercialmente entre as latitudes 52⁰N e 40⁰S (WEISS, 1983). É heliófila para produção de bagas e teor de óleo, vegetando excessivamente em condições de sombreamento (BAHIA, 1995). A

mamoneira não tolera a salinidade nem a sodicidade do solo necessitando para produzir bem, em viabilidade econômica, aproximadamente 900mm de chuva/ciclo.

Segundo Amorim Neto et al. (2001), a cultura necessita de altitude de pelo menos 300m e seu ótimo ecológico é de 650m de altitude, com temperatura média do ar em torno de 25°C, variando entre 20 e 30°C. Tem metabolismo fotossintético C3, menos eficiente quando comparado ao C4 (D'YAKOV, 1986), porém pode produzir enorme quantidade de fitomassa.

A mamoneira é uma espécie predominantemente autógama, porém com alta taxa de alogamia (TÁVORA, 1982), podendo chegar a 40% de taxa de cruzamento (GURGEL, 1945; MOREIRA et al., 1996; BELTRÃO et al., 2001). A maioria das plantas apresenta frutos deiscentes, mas já existem no mercado cultivares indeiscentes de grande importância econômica, devido à redução do número de repasses na colheita manual e possibilidade da colheita mecânica.

O florescimento da mamona é chamado botanicamente de simpodial, o ramo principal se desenvolve em posição vertical até a emissão da primeira inflorescência terminal. Após o aparecimento do racemo algumas gemas situadas nos nós imediatamente abaixo são ativadas dando origem a ramos laterais (PÍPOLO, 1995). Assim o aparecimento da inflorescência dá-se seqüencialmente, com determinado intervalo entre a emissão das inflorescências primárias e secundárias, secundárias e terciárias, etc (SAVY FILHO, 2005).

A mamona é uma planta normalmente monóica. Flores unissexuais masculina e femininas ocorrem numa mesma planta, numa mesma inflorescência, em torno e um eixo principal (ráquis). Os principais fatores referentes à inflorescência são o seu comprimento, o número de e sua distribuição em torno da ráquis (PÍPOLO, 1995). Em geral as flores masculinas constituem e 50 a 70% e as femininas de 30 a 50%. A expressão sexual é afetada por fatores genéticos e não genéticos, o déficit hídrico ou temperatura muito alta (estresse) podem induzir a formação de flores masculinas (SAVY FILHO, 2005).

De acordo com Moshkin (1986 a) esta espécie, que tem a particularidade de ter as flores masculinas na inflorescência colocadas na parte de baixo e as femininas em cima, ao contrário das demais espécies, apresenta crescimento não uniforme no tocante ao amadurecimento, pois cada cacho tem sua idade e independe do outro, e a planta tem crescimento do tipo indeterminado, com várias fases (estágios) de desenvolvimento, tais

como: germinação, formação da estrutura vegetativa, formação do racemo principal ou de primeira ordem, floração e amadurecimento das sementes, de cada racemo, iniciando-se pelo central ou principal e assim por diante, somente paralisando o surgimento de racemos novos pela seca, caso do Nordeste do Brasil ou pelo frio, caso da Rússia.

O sistema radicular é pivotante, podendo atingir uma profundidade de 3 metros. As raízes laterais projetam sistema radicular de 1,25 metros de extensão. A mamoneira apresenta caule fistuloso glabro com coloração variando do verde ao roxo, com nós salientes, bem visíveis e destacados. Apresenta folhas de 5 a 11 lóbulos, com margens serradas ou dentadas. Possuem pecíolo longo e fistuloso, com glândulas nectaríferas. O limbo apresenta coloração acompanhando a do caule, variando de verde ao roxo, com nervuras proeminentes na superfície inferior (PÍPOLO, 1995).

Tem crescimento inicial lento, com o processo de germinação ocorrendo entre oito a vinte dias dependendo do vigor das sementes e das condições do ambiente onde as sementes foram colocadas para germinarem, sendo que a temperatura limitante para este processo é de 14 °C, máximo de 36 °C e ótimo de 31 °C, e a umidade limite para início do processo é de 32% de água com relação ao peso da semente (MOSHKIN e PERESTOVA, 1986).

A mamoneira, em geral, apresenta um ciclo de 180 a 240 dias, sendo recomendado o plantio no início da estação chuvosa. As sementes apresentam-se com diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração, contendo um teor de óleo entre 45-50% (SAVY FILHO, 2005).

4.2. Importância da cultura

Atualmente o Brasil ocupa a terceira posição na produção mundial de mamona, com participação de 11,4% do total (IBGE, 2006). O estado da Bahia é o maior produtor brasileiro, com cerca de 72% do total produzido no país (CONAB, 2008).

Safra 2005/2007, a produção brasileira foi de 103.900 toneladas em 147.900 ha, com produtividade média de 703 kg ha⁻¹. Produtividade ainda muito baixa ao se considerar, por exemplo, que no Estado de São Paulo, na mesma safra, a média de produtividade ficou em torno de 1500 kg ha⁻¹ (CONAB, 2008). Neste caso, além do clima

mais propício, o uso mais intenso de tecnologia tem sido comum: variedades anãs, correção do solo com calcário e gesso e adubação com nitrogênio, fósforo e potássio.

A média mundial é muito baixa, menos de 650 kg ha⁻¹ de baga, em que os principais produtores são a Índia e a China, vindo em seguida o Brasil e a Rússia (SANTOS et al., 2001). O aumento de produtividade é fator fundamental na economicidade da cultura, pois reduz custos por unidade do produto, assegurando margens de rentabilidade para o produtor.

Do ponto de vista do mercado, a industrialização da semente da mamona fornece dois produtos principais: o óleo bruto e a torta. A torta de mamona deve passar por processo de desintoxicação antes do consumo animal, ou utilizada diretamente como adubo, apresentando efeito nematicida (SAVY FILHO, 2005). Os principais componentes tóxicos da torta são: Ricina (1,50%), Ricinina (alcalóide, 0,23%) e alergênios da mamona (0,09 a 4,20%). Apesar da alta toxicidade das sementes, o óleo de rícino não é tóxico, pois a ricina, principal componente tóxico das sementes, não é solúvel em lipídeos, ficando restrita à torta (SEVERINO, 2005).

A importância da cultura da mamoneira deve-se à grande aplicabilidade de seu óleo. O óleo da mamona apresenta em 90% de sua composição o ácido ricinoleico, que tem em sua estrutura química o grupo hidroxila no carbono 12 e dupla ligação, sendo a única fonte comercial com essa singularidade. O grupo hidroxila confere ao óleo estabilidade quanto a viscosidade, que se mantém quando em condições de amplitude térmica. Ao contrário, outros óleos vegetais perdem a viscosidade em altas temperaturas e se solidificam em baixas temperaturas (SAVY FILHO et al., 1999), possuindo também estabilidade à oxidação.

Do óleo da mamona, são derivados diversos produtos como tintas, vernizes, óleo secativo, lubrificantes especiais, fluidos hidráulicos, plastificantes, agentes amaciadores, cosméticos, silicones, resinas alquídicas, ceras, solventes desmoldantes, graxas especiais, fungicidas, bactericidas, emulsificantes, nylon. (FREIRE, 2001). Também conforme Santos et al. (2001), o óleo da mamona é utilizado na elaboração de próteses e implantes, substituindo o silicone em cirurgias ósseas, de mama e de próstata.

Por queimar sem deixar resíduos e tolerar temperaturas elevadas (SANTOS et al., 2001) sem perder seu padrão na viscosidade, é o óleo ideal para motores de

alta rotação, como foguetes espaciais e sistemas de freios de automóveis. Por não possuir enxofre, suas emissões de gases são isentas de compostos sulfurados, substâncias tóxicas e cancerígenas. O biodiesel possui índice maior de cetano do que o diesel mineral, garantindo uma melhor combustão e conseqüentemente, diminuição de poluentes. Com relação ao diesel mineral, o biodiesel não é considerado uma substância inflamável, além de ser biodegradável e não-tóxico, o transporte, armazenamento e manuseio desse combustível são muito mais seguros em comparação ao diesel do petróleo (ALMEIDA et al., 2004).

Adicionalmente, existe uma pressão internacional de substituição dos combustíveis fósseis, como o petróleo e o gás natural por óleo e álcool de origem vegetal, por serem uma fonte de energia sustentável, renovável e menos poluidora do ambiente. Neste contexto, a mamoneira ganha importância por conter em torno de 47% de óleo em suas sementes (CHIERICE e NETO, 2001).

Há mais de trinta anos o Brasil discute o uso energético de óleos vegetais. Em 1975, ano de lançamento do Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-óleo), já se planejava uma mistura de 30% de óleo vegetal no óleo diesel, com perspectivas para sua substituição integral em longo prazo. Nestas três últimas décadas, o ambiente econômico tem sido cada vez mais favorável à produção do biodiesel e, do ponto de vista social e ambiental, não há dúvidas de que o aumento da produção do biodiesel é a melhor alternativa (FILHO, 2006).

O aumento considerável do preço do barril do petróleo, a obrigatoriedade de diminuir a emissão de gases de efeito estufa e a necessidade de gerar emprego e renda no setor rural, fazem crescer a importância de pesquisas com oleaginosas comerciais como soja, mamona, pinhão-manso, nabo forrageiro, canola, dendê e girassol, como também com outras espécies nativas do Brasil fornecedoras de matéria-prima para o biodiesel. A produção eficiente dessas matérias-primas, e em larga escala, depende de maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias.

O governo brasileiro indicou a mamona como a primeira escolha para desenvolvimento de projetos relacionados com a agricultura familiar e programas de produção de biodiesel (TEIXEIRA, 2005). Assim, a mamona está incluída no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), elaborado pelo Governo Federal, que, através da lei federal 11.097/2005 autorizou a adição de 2% de combustíveis derivados de óleos vegetais ao

diesel, obtido a partir do petróleo, já em 2008, e a elevação desse percentual para 5% até 2012 (RAMOS et al., 2006).

Vale ressaltar que a química fina gerada a partir do óleo da mamona, em que a cada dia surge um novo produto, onde o mercado ainda é pequeno, com poucos compradores, deverá crescer muito nos próximos anos com a redução da área plantada com esta euforbiácea pela China e principalmente, por ser uma das mais promissoras matérias-primas para a produção de biodiesel, com a vantagem de ter elevado rendimento (BELTRÃO e CARDOSO, 2004), tornam a cultura da mamona uma alternativa rentável para pequenos e grandes produtores. Promovendo desta forma a expansão da área de plantio da mamona no Brasil nos próximos anos, o que leva a concluir que a melhoria das técnicas de manejo será indispensável para o sucesso desta.

4.3. Nutrição mineral da mamoneira

A cultura da mamoneira carece de informações sobre tecnologia para fertilização do solo, pois há poucos relatos na literatura sobre seu comportamento em diferentes condições como cultivares, níveis de fertilidade do solo, clima, disponibilidade de água etc. Porém, sabe-se que esta planta é exigente em fertilidade e que é possível aumentar sua produtividade pelo adequado fornecimento de nutrientes através da adubação.

A mamoneira exporta da área de cultivo cerca de 80 kg ha⁻¹ de N, 18 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 32 kg ha⁻¹ de K₂O, 13 kg ha⁻¹ de CaO e 10 kg ha⁻¹ de MgO para cada 2000 kg ha⁻¹ de baga produzida (CANECCHIO FILHO e FREIRE, 1958; NAKAGAWA e NEPTUNE, 1971). Estes autores, entretanto, mostraram que a absorção de nutrientes na parte aérea aos 133 dias após germinação chegou a 156, 12, 206, 19 e 21 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, CaO e MgO, respectivamente.

Teores foliares considerados adequados de N, P, K, Ca, Mg e S variam de 40-50, 3-4, 30-40, 15-25, 2,5-3,5 e 3-4 g kg⁻¹ respectivamente (MALAVOLTA et al., 1997). Não existem dados na literatura sobre teores foliares adequados de micronutrientes na mamona.

Melhor desenvolvimento da mamoneira é obtido quando se faz o cultivo em solo com pH próximo à neutralidade (AMORIM NETO et al., 2001), pois a mamona é muito sensível à acidez (SOUZA e NEPTUNE, 1976).

A cultura é sensível também a baixos teores de Ca, Mg, S, B e Cu no solo (SANTOS et al., 2004b; FERREIRA, M. et al., 2004). Segundo Santos et al. (2004a), a deficiência de Ca e Mg promovem redução no crescimento da mamona. Os sintomas de deficiência de Ca se manifestam com clorose no ponteiro que se estende para folhas mais velha, porém mantém as nervuras esverdeadas e não chega a atingir toda a planta. Os autores relatam ainda morte das raízes finas, murchas de folhas e necrose marginal em plantas deficientes em Ca. Além disso a produtividade de frutos foi reduzida em 70% nas plantas deficientes em Mg e em 92% nas deficientes em Ca.

Isto mostra que solos ácidos e com poucas bases trocáveis são improdutivos para a cultura da mamona, e devem ser evitados ou corrigidos com calagem e gesso, confirmando os dados de Souza e Neptune (1976). Eles mostraram que a aplicação de 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico em um solo ácido de São Paulo, em associação com adubação 70-80-50 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, permitiu alcançar uma produtividade de 1.256 kg ha⁻¹ de sementes de mamona, enquanto na ausência da calagem e da adubação a produtividade foi de 70 kg ha⁻¹ de sementes

Santos et al. (2004b), Ferreira, G. et al. (2004), Ferreira, M. et al. (2004) descreveram os sintomas de deficiência de N, P, K e micronutrientes na mamoneira da cultivar BRS 149 Nordestina e demonstraram que os macronutrientes afetam não só o crescimento vegetativo, mas também, o reprodutivo, enquanto os micronutrientes apresentam efeito principalmente sobre o desenvolvimento reprodutivo. Confirmando a influência de macronutrientes no crescimento reprodutivo, Severino et al. (2006) observaram que a adubação mineral com N e K promove mudança na expressão sexual da mamoneira, favorecendo o aumento de produtividade.

Segundo Ferreira M. et al. (2004) a mamoneira é mais tolerante a deficiência de Fe, Mn, Mo e Zn, seja por sua baixa necessidade ou pela alta capacidade de extração desses nutrientes do solo. Porém, Lange et al. (2005), trabalhando com mamoneira anã, híbrido Íris observaram rápido aparecimento de deficiência de Fe, Mn e B, com restrição na produção de matéria seca na seqüência Fe>Mn>B.

4.3.1. Zinco

A participação mais importante do zinco nos processos metabólicos das plantas é como componente de várias enzimas, tais como desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfohidrolases. Lindsay (1972) e Price et al. (1972) relataram que uma função básica do zinco está relacionada ao metabolismo de carboidratos e proteínas, de fosfatos e também na formação de auxinas, RNA e ribossomas.

O zinco é encontrado em vários minerais, sendo os principais a esfalerita (ZnS), a smithsonita ($ZnCO_3$) e a hemimorfita [$Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$] (Mortvedt & Gilkes, 1993). Esses minérios são moídos, peneirados e processados em fertilizantes com zinco. O minério esfalerita precisa ser calcinado para oxidar o sal de zinco na forma de S-sulfeto para a forma de sulfato. Em decorrência dos vários usos industriais do zinco, o preço por unidade do elemento minerado para uso em fertilizantes é relativamente alto. Em consequência, fontes de zinco produzidas de subprodutos são as mais usadas como fertilizantes.

Resíduos ácidos que contém $ZnSO_4$, provenientes da indústria de galvanização e de produtos de baterias, são processados para produzir $ZnSO_4$. Alguns resíduos de filtragem industrial e emissões sólidas de fundições contém ZnO , que comumente é parcialmente acidulado com H_2SO_4 para formar oxi-sulfatos de zinco (misturas contendo percentagens variáveis de ZnO e $ZnSO_4$).

O zinco é absorvido predominantemente como cátion divalente (Zn^{2+}) e transportado das raízes à parte aérea pelo xilema, sendo facilmente retranslocado pelo floema (RODRIGUES et al., 1997; HASLETT et al., 2001). Na planta, o Zn não é oxidado nem reduzido, atuando como um mineral em função da tendência do Zn^{2+} para formar complexos tetraédricos. O teor de Zn na planta é relativamente baixo, considerando-se suficientes teores de 30 a 80 $mg\ kg^{-1}$ MS (MENGEL e KIRKBY, 1987; MARSCHNER, 1995; HASLETT et al., 2001).

Os níveis críticos de deficiência de Zn estão a faixa de 15 a 20 $mg\ kg^{-1}$ MS, enquanto as concentrações consideradas tóxicas variam de 100 a 400 $mg\ kg^{-1}$ MS (GALRÃO, 1995; MARSCHNER, 1995; ROSOLEM e FRANCO, 2000).

O sintoma típico de deficiência de zinco é a clorose em folhas novas devido a distúrbios e a formação de cloroplastos e degradação de clorofila em alta intensidade de luz, com conseqüência da grande formação e da inibição da eliminação de radicais tóxicos de oxigênio (CAKMAK e MARSCHNER, 1988). Além da clorose, a deformação nas folhas, a exemplo da chamada “folha pequena” é, também sintoma típico e pode ser usado para fazer a distinção da clorose indicada por deficiência de ferro. A causa da redução do crescimento em expansão da folha pode ser o envolvimento do zinco na síntese de proteínas e ácido indol acético (AIA) (CAKMAK et al, 1989). Segundo Marschner (1995), a deficiência de Zn está associada a uma elevada atividade da RNAase, que leva à degradação RNA. Conseqüentemente, a síntese de proteínas é drasticamente reduzida. Essa deficiência tem sido relacionada à perturbação no metabolismo das auxinas, especificamente à redução do teor de AIA no tecido, o que ainda não está totalmente comprovado. Embora esse efeito possa ocorrer pela diminuição na síntese, o mais provável é que aumentos na atividade da oxidase do AIA levem à sua degradação.

O zinco (Zn) e o boro (B) são os micronutrientes que mais problemas de deficiência têm causado em culturas brasileiras. A baixa fertilidade de alguns solos, maior remoção pelas colheitas e uso crescente de calcário (o pH do solo é o fator mais importante no controle da disponibilidade do zinco - ver item 4.3.2) e adubos fosfatados são fatores que contribuem para maior insolubilização de micronutrientes (BATAGLIA e RAIJ, 1989).

Quanto à interação entre nutrientes, relações de zinco com cobre (LUO e RIMER, 1995; BORKERT et al., 1998), cálcio (DAVIS e PARKER, 1993), boro (SWIETLIK, 1995), nitrogênio (MARSCHNER, 1997) e fósforo (GRANT e BAILEY, 1993) têm sido relatadas em estudos de nutrição de plantas. Dentre elas a interação entre fósforo e zinco é a mais importante para o manejo de solos tropicais, onde é bastante comum a utilização de altas doses de fósforos, em solos com baixa disponibilidade natural de fósforo e zinco. Aplicações de fósforo no solo tendem a aumentar a adsorção de zinco, especialmente em solos ricos em óxidos de ferro e de alumínio hidratados (SAEED e FOX, 1979), porque aumenta as cargas negativas dos sistemas de óxidos de ferro e alumínio.

Embora as necessidades das culturas em micronutrientes sejam pequenas, as deficiências têm aparecido com freqüência crescente, especialmente quando se

cultivam plantas com alto potencial de produção e alta demanda de N, P e K, levando, conseqüentemente, a maior retirada de nutrientes em geral (SOUZA e NATALE, 1997).

A resposta a micronutrientes em geral manifesta-se no aumento da produção de culturas e/ou na melhoria da qualidade dos produtos diferindo para as culturas. Respostas de culturas a zinco são encontradas em todo o mundo. O arroz tem sido caracterizado como muito sensível à deficiência de zinco (WELLS et al., 1993). A deficiência de zinco induz esterilidade do grão de pólen no trigo e reprime a sexualidade no milho (MALAVOLTA et al, 1997), refletindo em importantes reduções na produção destas culturas (MARTENS e REED, 1991).

Souza (1976) e Souza et al. (1976) informaram que a mamoneira é altamente responsiva ao fósforo, e que este, por sua vez, afeta a disponibilidade de zinco.

Nakagawa et al. (1986) relata que foi altamente significativo o efeito de micronutrientes na produção frutos em mamona, mas negativo sobre o peso de 100 sementes. Em ensaio de diagnose por subtração em plantas de mamona, realizado por Ferreira M. et.al. (2004), a deficiência visual de Zn não foi observada com clareza. A omissão de Zn em material Íris também não provocou sintomas visuais de deficiência e nem redução na produção de matéria seca total nas plantas (LANGE et al., 2005). Porém Fernandes (1990) observou que plantas sob tratamentos com Zn sobressaem na altura média do caule aos 92 dias após a germinação. Nakagawa et al. (1986) e Fernandes (1990) sugeriram novos ensaios para verificar melhor a ação isolada de cada micronutriente.

Souza & Natale (1997), avaliando o efeito do zinco e do boro na cultura da mamoneira cv. IAC 80, concluíram que a adubação com zinco e boro promoveu aumentos significativos desses micronutrientes no solo e nas folhas, mas somente o Zn afetou positivamente a produção de bagas da mamoneira.

Os elementos essenciais podem ser encontrados na planta em níveis deficientes, adequados ou tóxicos. Na zona de deficiência, o crescimento aumenta rapidamente, acompanhando o aumento da concentração na planta, até atingir o nível crítico (NC) de deficiência ou a concentração mínima, que leva a 90% do crescimento máximo. A zona adequada localiza-se entre o NC de deficiência e o NC de toxidez, ou concentração que causa redução de 10% de crescimento máximo. O consumo de luxo do elemento ocorre quando aumentos na concentração do elemento no tecido não incrementam o crescimento ou a

produtividade da cultura. Essa faixa é bastante ampla para macronutrientes, porém mais estreita para alguns micronutrientes. A exposição da planta a concentrações elevadas de um elemento qualquer provoca toxidez e redução no crescimento e, em casos extremos, até a morte da planta (MARRENCO, 2005).

Sobre a mamoneira faltam informações sobre a limitação da zona adequada de Zn, pois pouco se tem relatado. Os teores foliares de Zn variam de 14 mg kg⁻¹ (HOCKING, 1982), em plantas desenvolvidas em solo de baixa fertilidade, a 43 mg kg⁻¹ (SOUZA e NATALE, 1997), em solo fértil. Esta variação pode ser atribuída a diferentes épocas de coleta, tipo de amostragem e variedade.

A maioria das culturas é tolerante ao excesso de zinco. Por exemplo, a aplicação de até 300 mg kg⁻¹ de zinco ao solo não causou redução na produção de trigo (DUDKA et al., 1994). Os autores informaram que sob aplicações muito elevadas, de 1000 mg kg⁻¹, a produtividade de trigo foi reduzida em 40%. A fitotoxicidade potencial de zinco existe porque muito pouco deste nutriente é lixiviado e porque a reversão do zinco aplicado para formas não disponíveis é relativamente lenta em solos (PAYNE et al., 1988). Sintomas de toxicidade de zinco incluem restrição ao crescimento de raízes e brotos e clorose das folhas (PRATT, 1966). Na literatura consultada, não há relatos referentes à toxidez por zinco na mamoneira.

4.3.2 Interação calagem e zinco

A acidez dos solos é reconhecidamente um dos principais fatores a baixa produtividade e solos brasileiros. Solos ácidos contêm teores tóxicos de alumínio, e às vezes de manganês, e teores baixos de cálcio e magnésio. Além disso, em solo ácidos, diversas nutrientes têm sua absorção dificultada. Assim a correção da acidez dos solos tem efeitos benéficos, que influem na produção das culturas (RAIJ, 1991).

A calagem é uma prática agrícola complexa em seus efeitos. Ela promove a diminuição da acidez do solo, com insolubilização de elementos tóxicos, principalmente alumínio e manganês; a elevação dos teores de cálcio e magnésio disponíveis, o aumento da disponibilidade de fósforo e molibdênio, a diminuição da disponibilidade do potássio e de outros micronutrientes favorece a nitrificação da matéria orgânica e tem efeito

positivo na fixação simbiótica do nitrogênio; o favorecimento das propriedades físicas do solo, pela ação flocculante do cálcio; um maior desenvolvimento radicular, ampliando a capacidade das plantas em obter água e nutrientes do solo (RAIJ, 1991).

A aplicação de calcário no solo resulta também em efeitos depressivos. O que ocorre é que os solos ácidos são, em geral, também de baixa fertilidade. Assim, a calagem promove inicialmente uma extração mais rápida de nutrientes pelas plantas promovendo deficiências se as adubações não forem adequadas. Os micronutrientes costumam ser negligenciados e sua deficiência pode ocorrer por causa da calagem. Outra causa de efeitos desfavoráveis da calagem é a má incorporação para culturas anuais. O cálculo das quantidades é feito para uma faixa de 0-20 cm, mas é comum a incorporação, com gradagem, apenas na camada de 0-10 cm de profundidade. Como consequência, a camada corrigida fica com excesso de calcário, por ser muito rasa, resseca facilmente, predispondo as plantas a efeitos de veranicos.

O pH do solo é o fator mais importante no controle da disponibilidade do zinco. Há um decréscimo na disponibilidade deste elemento quando o pH aumenta (GALRÃO e MESQUITA FILHO, 1981; MACHADO e PAVAN, 1987a; BARBOSA FILHO et al., 1992; XIANG et al., 1995; MATOS et al., 1996; SHUMA e LI, 1997; ABREU et al., 1998) (Figura 1).

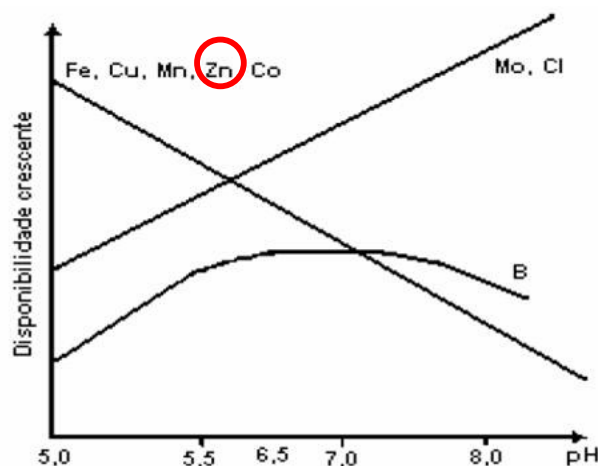


Figura 1. Relação entre pH do solo (H₂O) e disponibilidade de micronutrientes.
Fonte: Malavolta, 1997.

O decréscimo na concentração de zinco, na solução do solo, é devido ao aumento da adsorção de zinco pelos constituintes da fase sólida (BAR-YOSEF et al.,

1980). Quando o pH em água é aumentado para aproximadamente 5,5, o zinco é adsorvido pelos hidróxidos de alumínio (KALBASI et al., 1978), de ferro (KINNIBURG e JACKSON, 1982; POMBO e KLAMT, 1986) e de manganês (LOGANATHAN et al., 1977).

A prática de calagem, quando inadequadamente utilizada, tem induzido o aparecimento de deficiências de micronutrientes em muitas culturas, com destaque para as de zinco e de ferro na cultura do arroz, de zinco na do milho e de zinco e boro na do trigo. Em geral, os sintomas de deficiência na plantas manifestam-se em solos com pH acima de 6,0. Este fato tem sido relacionado aos baixos teores de micronutrientes naturalmente encontrados nos solos, sobretudo naqueles originalmente sob vegetação de cerrado e à baixa solubilidade destes nutrientes em faixas mais elevadas de pH (BARBOSA FILHO et al., 1994).

Tanto a calagem como a adubação fosfatada em doses elevadas pode diminuir a disponibilidade de zinco para a soja (QUAGGIO et al., 1991). Em solo ácido, corrigido por calagem e adubação mineral, a omissão do zinco chegou a diminuir em 28% a produção de algodão (McLUNG et al., 1961). Para a cultura da cana-de-açúcar a deficiência de zinco pode ser acentuada em solos calcários ou alcalinos no Havaí e, pode ser observada em solos arenosos que receberam calagem excessiva na Austrália (ANDERSON & BOWEN, 1992). Premazzi (1991) adotando quatro saturações para o cultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu verificou na análise da parte aérea decréscimos mais expressivos com os teores de Zn e Mn em função das doses de corretivo. Essas concentrações (em especial a do zinco) podem ter atingido níveis de deficiência nas doses maiores de corretivo de acidez do solo segundo o autor.

Melhor desenvolvimento da mamoneira é obtido quando do cultivo em solo com pH próximo à neutralidade (AMORIM NETO et al., 2001), recomenda-se saturação por bases de 60% (RAIJ et al., 1996). Tanto a acidez quanto a alcalinidade excessivas afetam o crescimento e a produção das plantas. Porém ainda há produtores resistentes à correção do solo para a cultura, e outros que, por utilizar metodologias inadequadas na aplicação do corretivo, acabam elevando a saturação por bases para valores maiores na faixa 0-10cm. Assim este trabalho objetiva a avaliação desta interação sobre os atributos químicos do solo, desenvolvimento da cultura da mamona e acúmulo nutricional nos grãos produzidos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local do experimento

O experimento foi instalado em ambiente de cultivo protegido sem controle de temperatura, localizado junto ao prédio do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), UNESP, em Botucatu/SP, durante os meses de novembro de 2006 a agosto de 2007.

5.2 Caracterização do solo

Utilizou-se uma porção de solo agrícola coletada de 0 a 20 cm de profundidade de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificado como LATOSSOLO VERMELHO escuro (CARVALHO et al., 1983), de textura média, coletado na unidade Patrulha, Fazenda Experimental Lageado, em Botucatu – SP. A porção de solo coletada para montagem do experimento foi seca ao ar e passada em peneira de 4mm. Em seguida, foram coletadas amostras, de maneira aleatória, que

foram encaminhadas para caracterização de atributos químicos do solo. Os resultados da análise química do solo antes da instalação do experimento estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da FCA, do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP-Botucatu, de acordo com a metodologia de análises descrita por Raij et al. (2001) da porção de solo coletada para realização do experimento antes da calagem.

pH	M.O. CaCl ₂ g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			-----mmolc dm ⁻³ -----					(%)	-----mg dm ⁻³ -----					
4,2	26	2	72	0,5	3	1	5	77	6	0,35	0,6	62	0,5	0,2

5.3 Caracterização do cultivar de mamona Al Guarani 2002

Cultivar desenvolvido pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral do Estado de São Paulo (CATI), obtido mediante seleção massal clássica em mamona Guarani. Tem porte médio, variando entre 1,6 e 2,4m, ciclo de 180 dias, caule roxo com cera e ramos formando ângulo bem fechado, frutos indeiscentes, sementes de tamanho médio, cor marrom escura contendo estrias cinza-claras, pesando aproximadamente 0,46g e contendo 48% de óleo na semente. Produtividade variando de 1.000 a 2.500 kg ha⁻¹ (grãos), conforme a época de plantio e a tecnologia empregadas. É susceptível a fusariose e bacteriose e medianamente susceptível a mofo cinzento.

Esse cultivar foi desenvolvido para as condições climáticas do Estado de São Paulo e pode ser plantada em diferentes regiões do país com características climáticas similares. Tem bom potencial produtivo e exige um nível tecnológico mediano, com descascamento exclusivamente por máquinas. A colheita pode ser manual ou mecânica, sendo feita de uma única vez, pois os frutos são indeiscentes (EMBRAPA, 2007).

5.4 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos do experimento foram arranjos num esquema fatorial 3 x 5,

sendo os fatores: 3 saturações por bases (40, 60 e 80%) e cinco doses adicionadas de Zn (0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0 mg dm⁻³ de solo).

5.5 Implantação e condução do experimento

5.5.1 Correção do solo e adubação de semeadura

Com base na Tabela 1, foi realizado o cálculo de calagem pelo método de saturação por bases (Raij et al., 1996), elevando-a no solo utilizado a 40, 60 e 80%. A correção da acidez dos solos, bem como o fornecimento de Ca e Mg foram feitos com o uso de calcário dolomítico (CaO: 28%, MgO: 20%, PN: 99% e PRNT: 91%). A mistura do calcário com o solo foi feita com auxílio de betoneira.

Em seguida, o solo foi mantido por 60 dias em sacos de plástico com teor de água próximo a capacidade de campo. Após a incubação e antes da adubação de semeadura, os solos das diferentes saturações foram amostrados e analisados para Zn (DTPA) e demais micronutrientes, seguindo metodologia citada em Raij et al. (2001). Os resultados destas análises estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise de micronutrientes realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da FCA, do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo, da FCA/UNESP-Botucatu no solo após a calagem.

V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg dm ⁻³ -----				
40	0,24	0,7	47	0,6	0,2
60	0,19	0,5	32	0,5	0,1
80	0,22	0,5	32	0,5	0,1

As plantas receberam como adubação de cobertura 120 mg de N e 90 mg de K dm⁻³ de solo, parcelada em três aplicações (40 mg de N e 30 mg de K por dm³ de solo aos 38, 103 e 124 dias após a emergência). Os adubos foram aplicados em solução tendo como fontes sulfato de amônio e cloreto de potássio.

Em cada vaso, uma planta foi colhida no início do florescimento (79 dias após emergência), sendo assim, esta planta recebeu apenas a primeira parcela da adubação

de cobertura. A outra planta do vaso foi conduzida até a maturidade fisiológica do racemo primário (174 dias após a emergência).

5.5.2 Semeadura e adubações

No dia 05 de março de 2007 (25 dias após a adubação), foram semeadas oito sementes por vaso da mamona Al Guarani 2002, desbastando-se para 2 plântulas dez dias após a emergência.

No mesmo dia da semeadura aplicou-se uma solução contendo 1,5 mg de Cu e 0,5 mg de B por dm^3 de solo, tendo como fontes sulfato de cobre e ácido bórico, respectivamente.

Segundo Souza e Natale (1997), em experimento realizado num mesmo tipo de solo do presente experimento, LATOSSOLO VERMELHO distrófico, noventa por cento da produção máxima de bagas da mamoneira esteve associada a um teor de zinco no solo próximo de $2,00 \text{ mg dm}^{-3}$. Desta forma optou-se utilizar duas doses abaixo ($0,5$ e $1,00 \text{ mg dm}^{-3}$) e duas doses acima ($4,00$ e $8,00 \text{ mg dm}^{-3}$) da dose de zinco citada pelos autores.

No dia seguinte a semeadura foram aplicadas em solução as respectivas doses de zinco (Tabela 3), tendo como fonte o sulfato de zinco (21% Zn).

Tabela 3. Doses de zinco aplicadas nos tratamentos.

Doses Zn (mg dm^{-3})	Zn por vaso (mg 17 dm^{-3})	Sulfato Zn por vaso (mg 17 dm^{-3})
0,50	8,50	40,80
1,00	17,00	80,96
2,00	34,00	161,90
4,00	68,00	323,81
8,00	136,00	647,62

As plantas receberam como adubação de cobertura 120 mg de N e 90 mg de K dm^{-3} de solo, parcelada em três aplicações (40 mg de N e 30 mg de K por dm^3 de solo aos 38, 103 e 124 dias após a emergência). Os adubos foram aplicados em solução tendo como fontes sulfato de amônio e cloreto de potássio.

Em cada vaso, uma planta foi colhida no início do florescimento (79 dias após emergência), sendo assim, esta planta recebeu apenas a primeira parcela da adubação

de cobertura. A outra planta do vaso foi conduzida até a maturidade fisiológica do racemo primário (174 dias após a emergência).

5.6 Parâmetros avaliados

5.6.1 No solo

Após a colheita foram coletadas amostras de todos os tratamentos, de três blocos para análise de fertilidade.

As análises químicas de solo foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da FCA, do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP-Botucatu, de acordo com a metodologia de análises descrita por Raij et al. (2001).

5.6.2 Na planta de mamona cortada em início do florescimento

No início do florescimento (79 dias após emergência), uma planta por vaso foi cortada no nível do solo. Antes de cortada foi retirada a 4ª folha a partir da ponta da planta para diagnose foliar (MALAVOTA, 1997) e foram feitas as medições conforme segue abaixo.

5.6.2.1 Características morfológicas e produção de massa da parte aérea

- Altura das plantas

Para determinação da altura de cada planta foi considerada a distância entre o nível do solo e a extremidade mais alta da planta, sem ser esticada, utilizando-se fita métrica graduada em milímetros.

- Altura de inserção da inflorescência

Para determinação desta altura foi considerada a distância entre o nível do solo e a início da inflorescência, utilizando-se fita métrica graduada em milímetros.

- Diâmetro do colmo

Para determinação do diâmetro do colmo, utilizou-se de paquímetro digital. A medição do diâmetro foi feita na altura média de cada planta, ou seja, em uma planta de 1,00 m de altura, seu diâmetro foi medido a 0,50 m de distância do solo.

- Número de nós

Para determinação do número de nós foram contados todos os nós da planta do nível do solo até a inflorescência.

- Massa seca da parte aérea

A planta cortada foi dividida em colmos (a inflorescência e hastes das folhas foram consideradas parte do colmo) e folhas. Os colmos foram seccionados, colocados em sacos de papel, secos em estufa a 65 °C até atingirem peso constante, obtendo-se a massa seca do colmo de cada planta. As folhas foram separadas do colmo, colocadas em sacos de papel, secas em estufa a 65 °C até atingirem peso constante e pesadas, obtendo-se a massa seca das folhas de cada planta. A massa seca da parte aérea foi obtida somando as duas massas secas (colmos + folhas).

5.6.2.2 Diagnose foliar

Para avaliar o estado nutricional das plantas foram coletadas folhas para diagnose foliar segundo Malavolta et al. (1997). Neste procedimento recomenda-se a coleta da quarta folha a partir do ápice da planta no início do florescimento. Como uma folha não foi suficiente para fazer a análise química completa, juntaram-se as folhas dos quatro blocos formando uma amostra por tratamento, desta forma não foi possível analisar os dados estatisticamente.

Em seguida, as folhas devidamente lavadas, secas em estufa a 65 °C até atingirem peso constante e pesadas, obtendo-se a massa seca das 4 folhas de diagnose. As amostras foram processadas em moinho e posteriormente analisadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP-Botucatu, para determinação dos teores de macro e micronutrientes. O N foi

analisado pelo método Kjeldahl, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn e Zn através da digestão nitroperclórica e determinados no extrato: P por colorimetria; S por turbidimetria; K, Ca, Mg,Cu, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; e o B por incineração e determinação calorimétrica pelo método da azometina H (Malavolta et al., 1997).

5.6.3 Na planta de mamona colhida com racemo primário maduro

Quando as plantas estavam com o racemo primário em maturidade fisiológica (167 dias após a emergência) a rega diária dos vasos foi cessada para promover a seca do racemo na planta. No dia 31 de agosto (174 dias após a emergência) os racemos foram colhidos e as plantas cortadas. Antes de serem cortadas, foram feitas as medições conforme segue abaixo.

5.6.3.1 Características morfológicas e produção de massa da parte aérea

Para os parâmetros altura das plantas, altura de inserção da inflorescência/racemo, diâmetro do colmo, número de nós por planta foram seguidas as metodologias citadas no item 5.6.2.1.

- Massa seca da parte aérea

A planta cortada foi dividida em colmos (a inflorescência sem os frutos e hastes das folhas foram consideradas parte do colmo) e folhas. Os colmos foram seccionados, colocados em sacos de papel, secos em estufa a 65 °C até atingirem peso constante, obtendo-se a massa seca do colmo de cada planta.

As folhas foram separadas do colmo, colocadas em sacos de papel, secas em estufa a 65 °C até atingirem peso constante e pesadas, obtendo-se a massa seca das folhas na hora da colheita de cada planta. As folhas caídas a partir de 79 dias após a emergência (após o corte da primeira planta em início de florescimento) foram guardadas e identificadas, estas também foram secas em estufa a 65 °C até atingirem peso constante e pesadas, obtendo-se a massa seca das folhas que caíram a partir de 79 dias após a emergência

até o a colheita dos grãos de cada planta. Somando essas três massas secas (colmo + folhas na planta + folhas caídas) obteve-se o valor da massa seca da parte aérea.

5.6.3.2 Massa seca de raízes (duas plantas por vaso)

Após a colheita, os vasos foram deixados no túnel plástico para a secagem do solo. Posteriormente o solo foi retirado do vaso, destorroado para retirada das raízes maiores e peneirado para retirada das raízes restantes. Lembrando que as raízes da planta cortada no início do florescimento ainda estavam no vaso pela impossibilidade de retirá-las sem prejudicar a outra planta. As raízes das duas plantas foram secas em estufa a 65 °C até atingirem peso constante, obtendo-se a massa seca das raízes por vaso.

5.6.3.3 Componentes de produção

- Comprimento da parte masculina e feminina dos racemos

O comprimento da parte masculina (cm) foi medido do ponto de inserção da primeira inflorescência masculina até a inserção da última masculina, utilizando-se uma régua. O mesmo procedimento foi utilizado para parte feminina, mesmo que ocorresse sobreposição entre as inflorescências (masculina e feminina).

- Comprimento total dos racemos

Foi medido o comprimento total (cm) dos racemos primários da planta do ponto de inserção da primeira inflorescência masculina até a última inserção da parte feminina, utilizando-se uma régua.

- Razão da parte feminina/masculina

Dividindo o comprimento da parte feminina pelo comprimento da parte masculina foi obtida a razão das partes.

- Número de frutos por racemo

Na colheita (174 dias após a emergência) os frutos por racemo foram devidamente contados e separados.

- Massa seca (MS) dos frutos

Os frutos foram secos em estufa a 65 °C até atingirem peso constante e pesados, obtendo-se a massa seca dos frutos por racemo.

- Número de grãos por planta e massa seca dos grãos

Os frutos foram descascados manualmente e os grãos por racemo foram contados. Como a planta foi conduzida somente até o racemo primário, o número de grãos por racemo corresponde ao número de grãos por planta. Os grãos foram novamente para a estufa e pesados após 72 horas, obtendo-se a massa seca dos grãos por planta (g).

- Massa seca de 100 grãos

Para o cálculo da massa de 100 grãos foram utilizados os dados de número de grãos por planta e massa seca destes grãos em cada tratamento, obtendo então a massa (g) de 100 grãos correspondente em cada tratamento.

5.6.3.4 Análise química e acúmulo de nutrientes nos grãos

Após obter a massa seca dos grãos, uma porção (aproximadamente 20 grãos) foi macerada e colocada novamente na estufa. As amostras foram processadas em moinho e posteriormente analisadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP-Botucatu, para determinação dos teores de macro e micronutrientes. O N foi analisado pelo método Kjeldahl, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn e Zn através da digestão nitroperclórica e determinados no extrato: P por colorimetria; S por turbidimetria; K, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; e o B por incineração e determinação calorimétrica pelo método da azometina H (Malavolta et al., 1997).

Com a massa seca dos grãos e o teor de nutrientes, foi calculado o acúmulo nutricional nos grãos de mamoneira.

5.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e, quando significativos a 5%, para as doses de zinco os dados foram submetidos à análise de regressão e para saturação realizou-se análise de variância a 5% de probabilidade do teste t (LSD), com auxílio do programa Sisvar. Para verificar as características químicas do solo para desenvolvimento da cultura, os tratamentos foram amostrados e analisados segundo a análise de variância mostrada na Tabela 4.

Tabela 4. Esquema da análise de variância para os atributos químicos do solo após a colheita da mamona (9 meses após a calagem).

Causas de variação	Grau de Liberdade
Saturação por bases (V%)	2
Doses de zinco (Zn)	4
V% X Zn	8
Bloco	2
Resíduo	28
Total	44

Para verificar as características da planta de mamona cortada em início do florescimento e com o racemo primário maduro, os tratamentos foram amostrados e analisados segundo a análise de variância mostrada na Tabela 5.

Tabela 5. Esquema da análise de variância para os parâmetros avaliados nas plantas aos 79 e 174 DAE.

Causa de variação	Grau de Liberdade
Saturação por bases (V%)	2
Doses de zinco (Zn)	4
V% X Zn	8
Bloco	3
Resíduo	42
Total	59

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Solo

O resultado da análise de variância para os atributos químicos do solo após a colheita (9 meses após a calagem) se encontra na Tabela 6. Nela verificou-se que houve significância para: pH do solo, teores médios de Ca e Mg, soma de bases e saturação por bases em função das doses de calcário aplicadas. Quanto maior a dose de calcário, maior foi o valor destes atributos do solo.

As doses de zinco e a interação V% e doses de zinco não refletiram em diferenças significativas nestes atributos do solo (Tabela 6).

Verificou-se um decréscimo significativo no teor médio de K em função das doses de calcário. A menor saturação por bases (40%) apresentou maior teor de K no solo que nas saturações por bases de 60 e 80%.

Tabela 6. Análise da variância para as causas de variação após a colheita: saturação por bases (V%), doses de zinco (Zn) e suas interações para os atributos químicos do solo. Botucatu, 2008.

Saturação por base desejada (V%)	pH	M.O	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³				mmolc dm ⁻³			(%)
40	4,18 c ¹	20,67 a	107,88	83,84 a	0,72 a	16,67 c	3,86 c	21,25 c	105,09 a	20,30 c
60	4,54 b	18,68 b	84,70	63,15 b	0,46 b	23,37 b	7,34 b	31,17 b	94,31 b	33,00 b
80	4,87 a	20,65 a	85,08	50,85 c	0,30 b	29,35 a	10,19 a	39,84 a	90,68 b	43,95 a
Doses de zinco (mg dm ⁻³)										
0,5	4,4	19,29	93,88	70,14	0,51	20,78	5,84	27,13	97,28	28,31
1,0	4,5	20,93	84,27	65,35	0,44	22,32	6,83	29,59	94,94	32,37
2,0	4,5	19,50	80,74	62,67	0,48	23,15	7,56	31,20	93,87	33,91
4,0	4,5	20,36	81,58	65,33	0,42	22,80	7,20	30,41	95,74	32,13
8,0	4,6	19,93	122,32	66,24	0,59	26,59	8,22	32,41	101,65	35,36
Causas da Variação										
V%	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*
Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V% X Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,8	6,3	39,1	15,1	52,6	26,1	40,7	27,7	7,7	26,5
DMS da interação	0,16	0,93	27,04	7,46	0,19	4,52	2,17	6,37	5,55	6,42

pH = pH em CaCl₂; M.O.= matéria orgânica; P_{resina} = fósforo em resina; H+Al = hidrogênio mais alumínio; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions e V = saturação por bases.

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

*.ns Significativo a 5% de probabilidade e não significativo pela análise de variância, respectivamente.

De acordo com Malavolta et al. (1997), o Ca²⁺ em baixa concentração pode provocar um sinergismo sobre o K⁺, aumentando a absorção de K⁺ pelas plantas. Como a análise do solo foi feita após a colheita, provavelmente o aumento de Ca provocou maior absorção de K⁺ pelas plantas reduzindo seu teor no solo. Esta hipótese se confirma quando nota-se que neste experimento houve aumento de K nos grãos proporcionalmente ao aumento de saturação por bases (Tabela 19), ou seja, ao aumento de cálcio fornecido no solo através do calcário.

Quanto aos teores de micronutrientes no solo, nota-se na Tabela 7 que houve significância no teor médio de B no solo em função das doses de calcário. Na menor dose de calcário (V% = 40), verificou-se maior valor do teor médio de B no solo, este valor diferiu-se estatisticamente dos valores deste nutriente nas demais doses de calcário (V% = 60 e 80%). Com o aumento do pH até próximo da neutralidade há um aumento da disponibilidade de B devido ao aumento da mineralização da matéria orgânica (MALAVOLTA, 1997), sendo

assim ocorre um aumento da absorção de B pelas plantas e conseqüente redução no teor no solo. Independente da diferença estatística entre os teores de boro no solo, observa-se que nas três saturações por base os teores deste micronutriente permanecem na faixa considerada baixa (entre 0,0 e 0,2).

Tabela 7. Análise da variância para as causas de variação após a colheita: saturação por bases (V%), doses de zinco (Zn) e suas interações para os micronutrientes do solo. Botucatu, 2008.

Saturação por bases (%)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg dm ⁻³ -----				
40	0,18 a ¹	1,5	61 a	0,5 b	2,3
60	0,10 b	1,9	53 b	0,5 b	2,5
80	0,08 b	1,6	54 b	0,7 a	2,7
Doses de zinco (mg dm ⁻³)					
0,5	0,13	1,8	58	0,6	0,8
1,0	0,10	1,5	54	0,5	0,8
2,0	0,13	2,1	54	0,6	2,4
4,0	0,12	1,2	54	0,6	1,9
8,0	0,12	1,7	60	0,7	6,5
Causas da Variação					
V%	*	ns	*	*	ns
Zn	ns	ns	ns	ns	*
V% X Zn	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	33,2	55,0	15,2	17,4	84,9
DMS da interação	0,03	0,68	6,37	0,08	1,58

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

*.ns Significativo a 5% de probabilidade e não significativo pela análise de variância, respectivamente.

No teor médio de Fe houve significância negativa em função das doses de calcário. O maior teor deste micronutriente foi observado na menor dose de calcário aplicada e pH 4,18. O aumento do pH resultou em diminuição do teor médio de Fe no solo, como mostrado na Tabela 7. De acordo com Linday (1972), a atividade de Fe³⁺ em solução decresce com o aumento do pH, pois o equilíbrio da reação de Fe³⁺ com 3OH⁻ favorece a precipitação de Fe(OH)₃, controlando sua solubilidade. Barbosa Filho (1987), relatou que a calagem tem sido indicada para correção da toxidade de ferro em arroz, em solos inundados, por meio da maior insolubilização do nutriente, diminuindo a absorção pelas plantas.

O aumento da dose de calcário e conseqüentemente o aumento de pH resultaram no aumento do teor médio de Mn no solo, contrariando a Figura 1, na qual com o aumento de pH ocorre diminuição da disponibilidade de Mn. Discordando também de Borket et al. (2001) que mostrou que o aumento de pH de 4,6 a 7,2 diminuiu progressivamente o teor de manganês nas amostras com o solo na umidade de campo (35%). Page (1962) porém, atribui a diminuição na disponibilidade do elemento com a calagem à complexão do manganês pela matéria orgânica. Mesmo apresentando teor de Mn significativamente maior na saturação por bases de 80%, ns três saturações por bases os teores encontram-se na faixa considerada baixa, entre 0,0 e 1,2 mg dm⁻³.

Dentre os micronutrientes houve significância em função das doses de zinco apenas no teor médio de Zn no solo (Figura 2). O teor médio do Zn no solo aumentou de maneira quadrática positiva em função das doses aplicadas. Confirmando Souza e Natale (1997), que cultivando a mamoneira cv IAC-80 em LATOSSOLO VERMELHO distrófico, concluíram que a adubação com Zn, utilizando como fonte o sulfato de zinco, promoveu o aumento do teor deste micronutriente no solo.

Não houve resposta significativa na avaliação da interação V% e doses de Zn nos micronutrientes analisados no solo após a colheita da mamona.

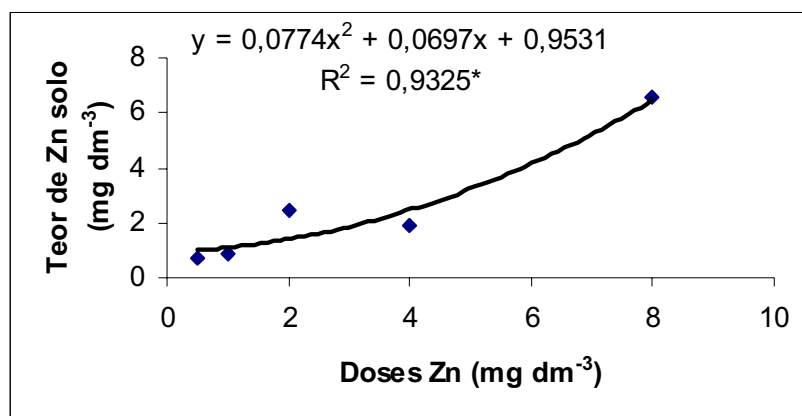


Figura 2. Regressão para doses de zinco no teor de zinco do solo após a colheita.

*Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

6.2 Na planta de mamona cortada em início do florescimento

6.2.1 Características morfológicas e produção de massa da parte aérea

Dentre os parâmetros avaliados no início do florescimento (79 dias após a emergência), apenas nas alturas das plantas houve significância entre as saturações por bases (Tabela 8). As doses de calcário aplicadas para alcançar as V% = 60 e 80 promoveram maior crescimento das plantas (0,85 e 0,86m) em comparação a dose para V% = 40 (0,76m), resultando num aumento de aproximadamente 12% na altura da planta. Sabendo que o Ca e o Mg têm papel importante no crescimento de tecidos da planta (Mengel e Kirkby, 1987; Taiz e Zeiger, 1991), relatos em outras culturas do aumento da altura devido à adição de calcário são freqüentes. Andreotti et al. (2001) observou que a calagem incrementou a altura das plantas no milho cultivado em LATOSSOLO VERMELHO distrófico. Em plantas de soja, Albuquerque et al. (2005) relatou que o calcário aumentou a altura de plantas tanto no preparo convencional do solo como no sistema de plantio direto.

Tabela 8. Esquema de análise de variância para altura, altura de inserção, diâmetro de colmo e número de nós nas plantas colhidas no início do florescimento.

Saturação por base desejada (V%)	Altura (m)	Altura de inserção da inflorescência (m)	Diâmetro Colmo (mm)	Nº de nós por planta
40	0,76 b ¹	0,60	20,93	17,30
60	0,85 a	0,68	21,09	17,45
80	0,86 a	0,68	22,00	18,20
Doses de zinco (mg dm ⁻³)				
0,5	0,84	0,66	21,80	17,67
1,0	0,80	0,62	22,10	17,92
2,0	0,79	0,63	20,35	17,33
4,0	0,81	0,64	20,70	17,42
8,0	0,88	0,71	21,75	17,92
Causas da Variação				
V%	*	ns	ns	ns
Zn	ns	ns	ns	ns
V% X Zn	ns	ns	ns	ns
CV (%)	15,7	23,6	9,7	7,0
DMS da interação	0,08	0,1	1,32	0,8

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

*.ns Significativo a 5% de probabilidade e não significativo pela análise de variância, respectivamente.

Não houve efeito das doses de zinco ou da interação V% e doses de zinco nos parâmetros avaliados na Tabela 8.

Na Tabela 9 são mostrados os resultados da análise de variância para a massa seca da parte aérea da mamoneira. Apesar de não apresentar diferença estatística, nota-se uma tendência de aumento de massa seca da parte aérea em função das doses de calcário. A não significância das diferenças deve-se ao coeficiente de variação (CV) considerado elevado em experimentos conduzidos em estufa. Porém a espécie utilizada é de crescimento indeterminado, com muita variação fenotípica, resultando neste CV elevado. A aplicação de cálcio através de calcário leva, em geral, quantidades suficientes de nutriente ao solo. O cálcio é um elemento não-móvel nas planta, não sendo transportado pelo floema (RAIJ, 1991). O cálcio tem muitos efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta: melhora a fotossíntese e outros processos como divisão celular, movimentos citoplasmáticos e o aumento do volume celular (MALAVOLTA, et al., 1997). O cálcio é de fundamental importância dentro da planta, pois é o elemento formador de parede celular, garantindo o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular. Não houve diferença significativa das doses de zinco ou da interação V% e doses de zinco para esse parâmetro.

Tabela 9. Esquema de análise de variância para massa seca (MS) da parte aérea nas plantas colhidas em início de florescimento.

Saturação por bases desejada (%)	MS parte aérea (g)
40	65,75
60	72,20
80	76,07
Doses de zinco (mg dm ⁻³)	
0,5	75,04
1,0	73,78
2,0	66,62
4,0	68,97
8,0	72,30
Causas da Variação	
V%	ns
Zn	ns
V% X Zn	ns
CV (%)	27,9
DMS da interação	12,71

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

*.ns Significativo a 5% de probabilidade e não significativo pela análise de variância, respectivamente.

6.2.2 Diagnose foliar

Tabela 10. Teores de macronutrientes nas folhas de diagnose foliar na mamoneira com diferentes saturações por base e doses de zinco. Botucatu, 2008.

Doses de Zn (mg dm ⁻³)	Saturação por bases (%)			
	40	60	80	Média
	-----N (g kg ⁻¹) -----			
0,5	29	25	26	27
1,0	26	28	26	27
2,0	29	27	26	27
4,0	28	27	27	27
8,0	24	25	22	24
Média	27	26	25	
	----- P (g kg ⁻¹) -----			
0,5	3,5	2,8	3,1	3,1
1,0	3,2	3,2	3,1	3,2
2,0	3,3	3,4	3,2	3,3
4,0	3,2	3,4	3,1	3,2
8,0	3,1	3,3	3,2	3,2
Média	3,3	3,2	3,1	
	----- K (g kg ⁻¹) -----			
0,5	14	13	14	14
1,0	16	15	29	20
2,0	16	15	14	15
4,0	16	16	15	16
8,0	13	14	13	13
Média	15	15	17	
	----- Ca (g kg ⁻¹) -----			
0,5	6	6	5	6
1,0	5	6	11	7
2,0	7	6	6	6
4,0	6	7	6	6
8,0	7	7	6	7
Média	6	6	7	
	----- Mg (g kg ⁻¹) -----			
0,5	2,9	3,0	3,1	3,0
1,0	2,9	3,1	6,2	4,1
2,0	3,6	3,4	3,4	3,5
4,0	3,2	3,4	3,4	3,3
8,0	3,5	3,6	3,1	3,4
Média	3,2	3,3	3,8	
	----- S (g kg ⁻¹) -----			
0,5	4,0	3,1	3,5	3,5
1,0	3,3	3,1	3,0	3,1
2,0	3,5	3,4	3,2	3,4
4,0	3,7	3,6	3,8	3,7
8,0	3,2	3,6	3,1	3,3
Média	3,5	3,4	3,3	

Como citado no item 5.6.2.2, uma folha não foi suficiente para fazer a análise química completa segundo a metodologia para coleta da quarta folha (MALAVOLTA et al.,1997), por isso juntaram-se as folhas dos quatro blocos formando uma amostra por tratamento, desta forma não foi possível analisar os dados estatisticamente. Os resultados dos teores médios de macronutrientes obtidos estão nas Tabela 10. Nela observa-se que os teores de N, K e Ca estão abaixo do indicado na literatura por Malavolta et al. (1997). De acordo com os autores, os valores considerados adequados (40-50 de N, 30-40 de K e 15-25 de Ca, em g kg^{-1}) são indicações muito gerais: condições de solo, clima e variedade podem influenciar os mesmos, aumentando ou diminuindo-os. No presente trabalho, as plantas Al Guarani 2002 foram conduzidas em vasos e não apresentaram sintomas visuais de deficiências com os teores destes elementos apresentados na Tabela 10. Lembrando também que estas plantas receberam apenas a primeira parcela de adubação de cobertura.

A adição de calcário resultou em pequena redução dos teores de nitrogênio com valores de 27, 26 e 25 g kg^{-1} de N nas saturações por base de 40, 60 e 80% respectivamente. Uma redução ainda menor (provavelmente não significativa) foi observada nos teores de fósforo e enxofre. O inverso ocorreu nos teores de potássio, cálcio e magnésio, onde a adição de calcário resultou no aumento destes (Tabela 10). Segundo Raij (1991) a calagem é uma prática agrícola complexa em seus efeitos que, pela elevação dos teores de cálcio e magnésio no solo e, principalmente, por eliminar um fator limitante ao crescimento representado pela acidez, permite efeitos favoráveis da adubação potássica. A calagem é também muito importante em reduzir perdas de potássio por lixiviação. Isso se dá pelo aumento da quantidade de outros cátions no solo, cálcio e magnésio, lixiviados então e maiores proporções, favorecendo o potássio, que passa a ser menos lixiviado.

Os resultados dos teores médios de micronutrientes obtidos estão na Tabela 11. Não existem dados na literatura sobre teores foliares adequados de micronutrientes na mamona. A adição de calcário resultou em redução dos teores de boro, manganês e zinco. Segundo Raij (1991) boro, manganês zinco têm sua disponibilidade reduzida pela elevação do pH. O inverso ocorreu nos teores de cobre e ferro, onde a adição de calcário resultou em aumento destes (Tabela 11). Na literatura consultada, os teores foliares de Zn variam de 14 mg kg^{-1} (HOCKING, 1982), em plantas desenvolvidas em solo de baixa fertilidade, a 43 mg kg^{-1} (SOUZA e NATALE, 1997), em solo fértil. No presente experimento (Tabela 11) verificaram-

se teores foliares médios de até 49 mg kg⁻¹ de Zn, sem apresentar sintomas visuais de toxidez nas plantas.

Tabela 11. Teores de micronutrientes nas folhas de diagnose foliar na mamoneira com diferentes saturações por base e doses de zinco. Botucatu, 2008.

Doses de Zn (mg dm ⁻³)	Saturação por bases (%)			
	40	60	80	Média
	-----B (mg kg ⁻¹) -----			
0,5	47	32	37	39
1,0	41	33	36	37
2,0	44	30	33	36
4,0	40	40	35	38
8,0	39	37	33	36
Média	42	34	35	
	----- Cu (mg kg ⁻¹) -----			
0,5	8	8	11	9
1,0	6	9	7	7
2,0	6	7	7	7
4,0	7	7	11	8
8,0	5	7	7	6
Média	6	8	9	
	----- Fe (mg kg ⁻¹) -----			
0,5	568	225	2482	1092
1,0	277	1312	370	653
2,0	260	636	235	377
4,0	864	415	2832	1370
8,0	288	235	334	286
Média	451	565	1251	
	----- Mn (mg kg ⁻¹) -----			
0,5	172	111	133	139
1,0	118	114	75	102
2,0	120	95	79	98
4,0	125	102	152	126
8,0	135	104	85	108
Média	134	105	105	
	----- Zn (mg kg ⁻¹) -----			
0,5	40	32	33	35
1,0	36	37	35	36
2,0	41	39	36	37
4,0	42	39	42	41
8,0	43	48	44	45
Média	40	39	38	

6.3 Na planta de mamona colhida com racemo primário maduro

6.3.1 Características morfológicas

Comparando a Tabela 8 com a Tabela 11, observa-se aumento das plantas em altura de planta e altura de inserção da inflorescência após o florescimento.

Na Tabela 11 observa-se que as doses de calcário aplicadas para alcançar as V% = 60 e 80 promoveram maiores alturas das plantas (1,13 e 1,04 m) em comparação a dose para V% = 40 (0,95 m), resultando com V% = 60 num aumento de 19% e com V%= 80 num acréscimo de 9% na altura da planta. Aumento semelhante ocorreu na altura de inserção da inflorescência, onde as doses de calcário aplicadas para alcançar as V% = 60 e 80 promoveram maior altura de inserção (0,94 e 0,84 m) em comparação a dose para V% = 40 (0,76 m), resultando num aumento de 24% com V% = 60 e num acréscimo de 11% com V%= 80 na altura de inserção da inflorescência. Como comentado no item 6.2.1, o aumento da altura das plantas devido a maiores doses de calcário vem sendo constantemente relatado em outras culturas.

Tabela 11. Esquema de análise de variância para altura, altura de inserção, diâmetro de colmo e número de nós nas plantas colhidas com racemo primário maduro.

Saturação por bases desejada (%)	Altura (m)	Altura de inserção da inflorescência (m)	Diâmetro Colmo (mm)	Nº de nós por planta
40	0,95 b ¹	0,76 b	20,32	17,35
60	1,13 a	0,94 a	21,03	17,05
80	1,04 ab	0,84 ab	20,63	16,55
Doses de zinco (mg dm ⁻³)				
0,5	1,02	0,83	20,11	16,92
1,0	0,99	0,81	19,11	17,25
2,0	1,12	0,91	20,81	17,25
4,0	0,94	0,76	21,47	16,25
8,0	1,12	0,91	21,81	17,25
Causas da Variação				
V%	*	*	ns	ns
Zn	ns	ns	*	ns
V% X Zn	*	ns	ns	ns
CV (%)	16,8	20,3	10,5	8,82
DMS da interação	0,11	0,11	1,39	0,96

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.
*^{ns} Significativo a 5% de probabilidade e não significativo pela análise de variância, respectivamente.

Dentre os parâmetros avaliados na planta de mamona colhida com racemo primário maduro (174 dias após a emergência), apenas na altura de plantas houve interação V% e doses de zinco (Tabela 11), por isso este parâmetro foi desdobrado na Tabela 12 e Figura 3.

Analisando as saturações por bases em cada dose de zinco (Tabela 12) verificou-se maior altura da planta na dose de 0,5 mg dm⁻³ de zinco na saturação por bases de 60%, que diferiu significativamente das medidas nas saturações de 40 e 80%. Na dose de 2 mg dm⁻³ de zinco, as maiores alturas da planta ocorreram nas saturações de 60 a 80%. Nas demais doses de Zn, não houve diferença significativa entre as saturações.

Tabela 12. Desdobramento de saturações por base em cada dose de zinco no parâmetro altura da planta com 1º racemo maduro.

Doses de Zn (mg dm ⁻³)	Saturação por bases (%)			Média
	40	60	80	
Altura da planta com 1º racemo maduro (m)				
0,5	0,82 B ²	1,27 A	0,96 B	1,02
1,0	0,92	1,06	1,02	0,99
2,0	0,88 B	1,19 A	1,29 A	1,12
4,0	0,89	1,02	0,91	0,94
8,0	1,22	1,10	1,03	1,12
Média	0,95	1,13	1,04	

⁽²⁾ Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas linhas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 3, verificou-se um ajuste linear positivo da altura de plantas em função das doses de zinco na saturação por bases desejada de 40%. Nas demais saturações não houve diferença significativa entre as doses.

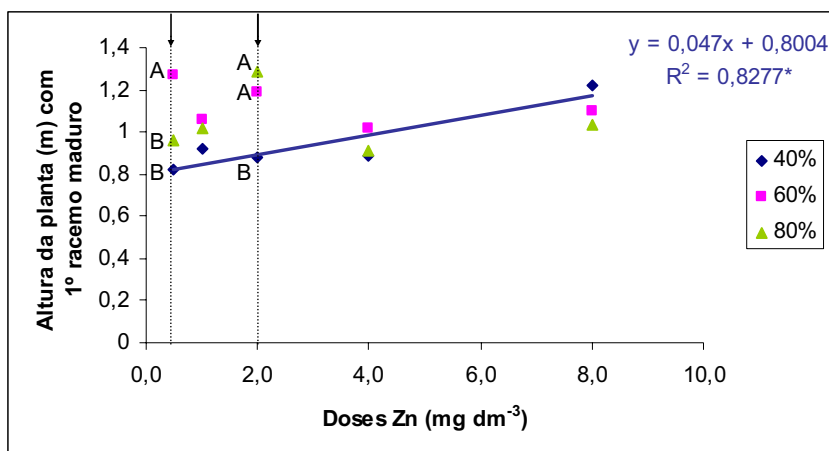


Figura 3. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para o parâmetro altura da planta (m).

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas na mesma dose, diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

As doses de zinco refletiram de forma significativa no diâmetro do colmo (Tabela 11). A linha de tendência da análise de regressão deste parâmetro se ajustou linearmente com resposta positiva em função das doses de zinco (Figura 4).

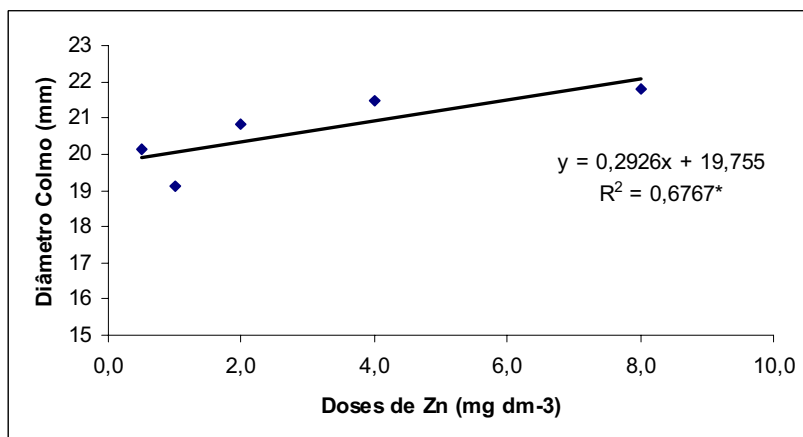


Figura 4. Regressão para doses de zinco no parâmetro diâmetro do colmo (mm).

*Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

Severino et al. (2006) em experimento realizado em mamoneira cv. BRS 149 observaram que no tratamento com mistura de micronutrientes, embora não tenha obtido efeito estatisticamente significativo, as características ligadas ao crescimento da planta foram modificadas expressivamente. A altura da planta aumentou de 0,98m para 1,8m e o

diâmetro do caule de 24 cm para 33cm. A não significância das diferenças deve-se provavelmente ao coeficiente de variação (CV) elevado devido a grande variação fenotípica do material, como já comentado. Os autores sugeriram que o tratamento com micronutrientes seja mais bem avaliado em outros experimentos para confirmar seu efeito benéfico.

Não se observou diferença significativa dos tratamentos estudados no número de nós por planta (Tabela 11).

6.3.2 Produção de massa da parte aérea (174 DAE)

Houve significância na MS da parte aérea (sem os frutos) em função das doses de calcário (Tabela 13). As doses de calcário aplicadas para as saturações de 60 e 80% resultaram em valores e 65,6g e 62,32g respectivamente, maiores em 31 e 25% que o valor obtido na menor dose de calcário. O Ca e o Mg têm papel importante no crescimento de tecidos da planta (MENGEL E KIRKBY, 1987; TAIZ E ZEIGER, 1991). Andreotti et al. (2001) observou que o aumento da dose de calcário resultou em maior produção de matéria seca da parte aérea no milho.

Tabela 13. Esquema de análise de variância para massa seca (MS) da parte aérea nas plantas colhidas com racemo primário maduro.

Saturação por bases desejada (%)	MS parte aérea (g)
40	49,93 b ⁽¹⁾
60	65,46 a
80	62,32 a
Doses de zinco (mg dm ⁻³)	
0,5	57,89
1,0	54,10
2,0	59,52
4,0	57,98
8,0	66,68
Causas da Variação	
V%	*
Zn	ns
V% X Zn	ns
CV (%)	
	18,64
DMS da interação	
	7,05

⁽¹⁾Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

*.ns Significativo a 5% de probabilidade e não significativo pela análise de variância, respectivamente.

6.3.3 Produção de massa seca das raízes (duas plantas por vaso)

Verificou-se interação entre V% e doses de zinco na Tabela 14 e por isso foi feito o desdobramento deste parâmetro (Tabela 15 e Figuras 5).

Tabela 14. Esquema de análise de variância para massa seca (MS) de raízes das duas plantas conduzidas no vaso, sendo que uma planta foi colhida no início do florescimento e outra com o racemo primário maduro.

Saturação por bases (V%)	Raiz MS (g)
40	64,69
60	59,36
80	59,89
Doses de zinco (mg dm ⁻³)	
0,5	66,89
1,0	63,26
2,0	55,27
4,0	58,42
8,0	62,72
Causas da Variação	
V%	ns
Zn	ns
V% X Zn	*
CV (%)	17,7
DMS	6,93

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

*.ns Significativo a 5% de probabilidade e não significativo pela análise de variância, respectivamente.

Observando a MS das raízes em cada dose (Tabela 15 e Figura 5), na dose 0,5 mg dm⁻³ de zinco o maior valor da MS das raízes foi obtido na V% = 40, que diferiu estatisticamente do valor obtido na V% = 80. Já na dose 2,0 mg dm⁻³ ocorreu o inverso, maior valor de MS das raízes na maior dose de calcário.

Tabela 15. Desdobramento de saturações por base em cada dose de zinco para o parâmetro massa seca da planta (g).

Doses de Zn (mg dm ⁻³)	Saturação por bases (%)			Média
	40	60	80	
	Massa Seca (MS) de raízes das duas plantas (g)			
0,5	79,26 A ²	66,21 AB	55,20 B	66,89
1,0	62,48	61,86	65,45	63,26
2,0	48,76 B	49,73 B	67,33 A	55,27
4,0	66,69	53,43	55,14	58,42
8,0	66,28	65,57	56,32	62,72
Média	64,69	59,36	59,89	

⁽²⁾ Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas linhas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

Desdobrando as doses de Zn em cada saturação (Tabela 15 e Figura 5) têm-se valores da MS das raízes diferindo estatisticamente na saturação por bases a 60%.

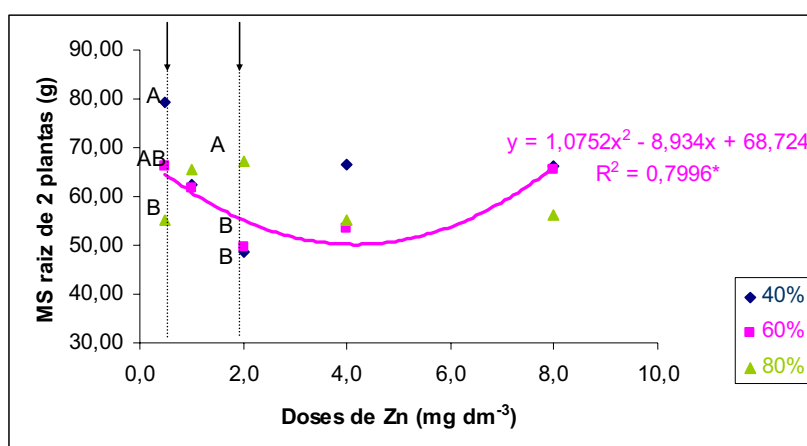


Figura 5. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para a massa seca (MS) da planta (g).

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas na mesma dose, diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

Como inexistem resultados de literatura referentes à resposta do crescimento da raiz da mamoneira em função da calagem, a confrontação dos resultados fica limitada. Entretanto, observando respostas positivas ao calcário em outras culturas a exemplo do milho (ROSOLEM et al., 1994) e do algodoeiro (ROSOLEM et al., 2000), talvez a não resposta às doses de calcário na mamoneira, observada para MS em algumas doses de zinco, se deva a menor dose de calcário já promover o crescimento radicular suficiente. Porém isto não significa que a mamona não seja responsiva à calagem, pois no presente experimento

outros parâmetros avaliados na planta apresentaram respostas positivas às doses de calcário, e ainda, a comparação esta sendo feita entre as doses, não havendo comparação com uma testemunha de dose zero de calcário.

6.3.4 Componentes de produção

Na Tabela 16 os componentes de produção: comprimento da parte masculina (♂) do racemo primário, nº de frutos por racemo, massa seca dos frutos, nº de grãos por planta e massa seca dos grãos por planta foram influenciados somente pelas doses de calcário, apresentando valores significativamente superiores na V% = 60 e 80. No comprimento da parte feminina (♀) do racemo primário foi observado maior valor na V% = 60, diferindo estatisticamente apenas do valor na V% = 40. Porém essas diferenças não foram refletidas na massa seca de 100 grãos, componente onde também não houve significância quanto às doses de zinco ou interação entre as saturações por base e doses de zinco.

Tabela 16. Esquema de análise de variância para comprimento da parte masculina, feminina e total do primeiro racemo, razão parte feminina/masculina e número frutos por cacho nas plantas colhidas com racemo primário maduro.

Saturação desejada (V%)	Comprimento racemo primário (cm)			Razão ♀/♂	Nº frutos/racemo	Frutos		Grãos/planta		MS (g) 100 grãos
	Parte♂	Parte♀	Total			MF (g)	MS (g)	Número	MS (g)	
40	16,45 b ¹	18,25 b	31,65	1,14	38,35 b	63,25	45,74 b	105,80 b	33,56 b	32,14
60	20,40 a	20,80 a	35,20	1,05	43,25 a	61,03	51,89 a	120,65 a	37,75 a	31,68
80	19,00 a	20,05 ab	34,55	1,08	44,80 a	66,14	55,35 a	124,75 a	40,79 a	33,09
Doses de zinco (mg dm ⁻³)										
0,5	17,83	19,42	31,58	1,11	39,75	64,88	49,61	110,58	36,83	34,02
1,0	18,00	19,00	32,58	1,08	3975	64,90	50,70	112,08	37,44	33,16
2,0	19,00	21,00	36,42	1,17	42,58	62,00	50,16	119,33	37,17	32,30
4,0	19,25	18,58	33,42	0,97	43,58	61,68	51,70	117,42	37,51	31,44
8,0	19,00	20,50	35,00	1,12	45,00	63,90	52,80	125,92	37,88	30,58
Causas da Variação										
V%	*	*	ns	ns	*	ns	*	*	*	ns
Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V% X Zn	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	18,58	18,37	14,46	23,25	16,03	22,81	13,62	16,61	13,97	14,98
DMS	2,21	2,3	3,12	0,16	4,31	9,24	4,43	12,41	3,33	3,09

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

*.ns Significativo a 5% de probabilidade e não significativo pela análise de variância, respectivamente.

No comprimento da parte masculina (δ) e comprimento total do racemo primário observou-se interação de V% e doses de zinco (Tabela 16).

A interação doses de calcário e de zinco no comprimento da parte masculina do racemo primário foi desdobrada na Tabela 17 e Figura 6. Nela observou-se que o comprimento da parte δ na dose de 0,5 mg dm⁻³ de zinco diferiu estatisticamente na V% = 60, sendo de maior valor que nas demais (V% = 40 e 80%). Na dose de 1,0 mg dm⁻³ e de 2,0 mg dm⁻³ de Zn, o maior comprimento da parte δ também foi alcançado na V% = 60, recomendada para a cultura, mas nestas doses diferiu-se significativamente apenas do valor alcançado na V% = 40.

Tabela 17. Desdobramento de saturações por base em cada dose de zinco para o comprimento da parte masculina do racemo primário (cm).

Doses de Zn (mg dm ⁻³)	Saturação por bases (%)			Média
	40	60	80	
	Comprimento da parte masculina do racemo primário (cm)			
0,5	16,00 B ²	21,25 A	16,25 B	17,83
1,0	14,75 B	20,00 A	19,25 AB	18,00
2,0	13,25 B	21,75 A	22,00 A	19,00
4,0	17,75	21,00	19,00	19,25
8,0	20,50	18,00	18,50	19,00
Média	16,45	20,40	19,00	

⁽²⁾ Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas linhas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando as diferentes saturações por bases em cada dose de zinco (Figura 6), observou-se que apenas na menor dose de calcário os valores do comprimento da parte δ se ajustaram a uma linha de tendência quadrática significativa em função das doses de zinco. Promovendo, desta forma, maior crescimento da parte δ na maior dose de zinco (8 mg dm⁻³). Como o solo utilizado apresentava baixo teor de zinco (0,2 mg dm⁻³), essa resposta positiva deste parâmetro provavelmente deve-se ao fato do zinco ser necessário para a síntese do triptofano, aminoácido precursor do AIA (ácido indolacético – auxina), hormônio promotor de crescimento em plantas (FERREIRA e CRUZ, 1991). Uma possível explicação para não haver diferença significativa entre as doses de zinco nas maiores saturações por bases (60 e 80%), é que ocorre um decréscimo na disponibilidade desse elemento quando o pH aumenta (ABREU et al., 1998), assim, mesmo elevando as doses do zinco, a disponibilidade deste no solo permaneceu semelhante.

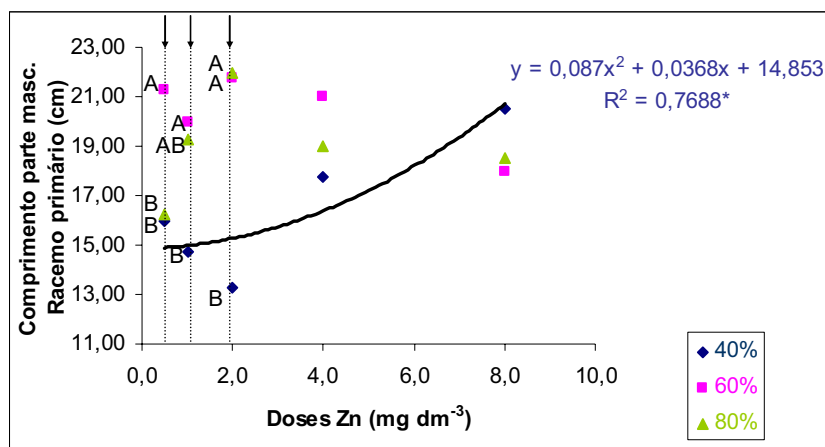


Figura 6. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para o comprimento da parte masculina do racemo primário (cm).

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas na mesma dose, diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

Na Tabela 18 foi feito o desdobramento da interação doses de calcário e de zinco no comprimento total do racemo primário. Na dose de 1,0 mg dm⁻³ de Zn alcançou maior valor na V% = 80, sendo de maior valor que nas demais (V% = 40 e 60%), diferindo-se significativamente apenas do valor alcançado na V% = 40. Na dose de 2,0 mg dm⁻³ de Zn, o maior comprimento total foi alcançado nas V% = 60 e 80, diferindo-se significativamente apenas do valor alcançado na V% = 40.

Tabela 18. Desdobramento de saturações por base em cada dose de zinco para o comprimento total do racemo primário (cm).

Doses de Zn (mg dm ⁻³)	Saturação por bases (%)			Média
	40	60	80	
	Comprimento total do racemo primário (cm)			
0,5	30,75	35,00	29,00	31,58
1,0	28,25 B ²	33,00 AB	36,50 A	32,58
2,0	29,25 B	39,50 A	40,50 A	36,42
4,0	32,75	36,50	31,00	33,42
8,0	37,25	32,00	35,75	35,00
Média	31,65	35,20	34,55	

⁽²⁾ Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas linhas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

No comprimento total do cacho (Figura 7) pode-se dizer que também apenas na menor dose de calcário os valores do comprimento total se ajustaram a uma linha de

tendência linear significativa em função das doses de zinco, pois na maior dose ($V\% = 80$), apesar de significativa, apresentou R^2 muito baixo.

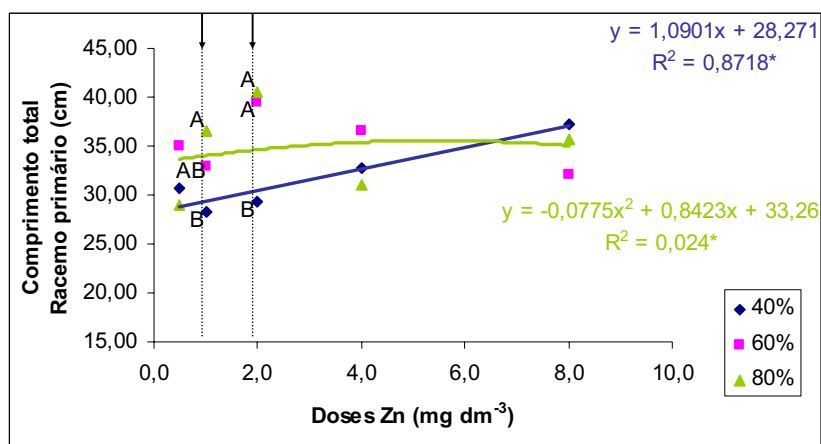


Figura 7. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para o comprimento total do racemo primário (cm).

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas na mesma dose, diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

No entanto, apesar destas diferenças, a razão da parte feminina/ parte masculina não apresentou diferença significativa entre as doses de calcário, nem nas doses de zinco e nem na interação destes. Pois, quando algum destes fatores promovia o crescimento da parte feminina, promovia também o da masculina, compensando-os na razão. Quanto maior essa razão, maior será o número de frutos por planta, porque a parte feminina que corresponde à quantidade de frutos formados.

Severino et al. (2006), avaliando o crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes, relataram que apenas o nitrogênio e o potássio promoveram efeitos discretos na expressão sexual da mamoneira, favorecendo o aumento de produtividade.

6.3.5 Acúmulo dos nutrientes nos grãos

Não houve significância do acúmulo nos grãos dos macronutrientes analisados em função das doses de zinco (Tabela 19).

Tabela 19. Esquema de análise de variância para acúmulo médio de macronutrientes nos grãos da mamoneira Al Guarani 2002 em túnel plástico. Botucatu, 2008.

Saturação (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----mg nos grãos da mamoneira por planta-----					
40	1017	175,9 b ¹	217	137	112,3 b	61,6
60	1104	208,9 a	240	130	134,4 a	66,2
80	1129	215,9 a	248	147	141,3 a	62,8
Doses de zinco (mg dm ⁻³)						
0,5	1042	196,8	226	141	128,9	67,9
1,0	1090	201,6	222	136	128,8	63,2
2,0	1072	197,7	246	130	132,0	64,2
4,0	1089	201,9	235	147	126,8	60,5
8,0	1122	203,2	247	136	131,0	62,0
Causas da Variação						
V%	ns	*	ns	ns	*	ns
Zn	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V% X Zn	ns	ns	ns	*	ns	ns
CV (%)	16,7	16,4	19,4	24,4	15,9	21,0
DMS	115,64	21	29,05	21,44	13,16	8,53

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.
 *.ns Significativo a 5% de probabilidade e não significativo pela análise de variância, respectivamente.

Apenas o acúmulo de P e Mg nos grãos apresentaram diferença significativa devido às saturações por bases (Tabela 19). Esses nutrientes apresentaram os menores acúmulos quando foi aplicada a menor dose de calcário. Um dos benefícios da calagem é o aumento da disponibilidade de fósforo no solo. O processo de fixação de fósforo é maior em meio ácido devido à sua interação com os colóides, tirando-o da solução do solo pela precipitação pelo Al e pelo Fe, por exemplo. O fósforo que se encontra na solução do solo sofre precipitação com Al, Fe e Mn, que se encontram livres no solo devido ao baixo pH. Quando corrigido o pH, esses elementos se precipitam e o fósforo não sofre precipitação e fica na forma disponível (VITTI e MAZZA, 2002). Na maioria das plantas, o fósforo é facilmente redistribuído de um órgão para outro, sendo remobilizado das folhas mais velhas para as folhas mais novas, flores e sementes em desenvolvimento (MARENCO et al. 2005). Outro benefício da calagem é o fornecimento do magnésio no solo. O Mg²⁺ possui sinergismo com o H₂PO₄⁻, melhorando sua absorção e em pH baixo sofre interferência do H⁺ no momento da absorção. Na planta, o Mg é um elemento facilmente translocável dos tecidos velhos para os

novos em crescimento ativo (MARENCO et al. 2005). Acredita-se então que a calagem tenha promovido a maior disponibilidade de P e Mg na solução do solo para planta, resultando no maior acúmulo nos grãos.

Dentre os macronutrientes avaliados, somente no acúmulo de Ca observou-se interação significativa de V% e doses de zinco (Tabela 19), interação esta desdobrada na Tabela 20 e Figura 8. Na Tabela 20 houve diferença no acúmulo de Ca nas doses de calcário em cada dose de zinco. Nas doses de 1,0 mg dm⁻³ e de 8,0 mg dm⁻³ de Zn os maiores valores de acúmulo foram observados na maior dose de calcário. E o inverso ocorre na dose de 2,0 mg dm⁻³.

Tabela 20. Desdobramento de saturações por base em cada dose de zinco para o acúmulo de cálcio (mg nos grãos).

Doses de Zn (mg dm ⁻³)	Saturação por bases (%)			Média
	40	60	80	
	Acúmulo de cálcio (mg nos grãos)			
0,5	156	131	136	141
1,0	113 B ²	135 AB	161 A	136
2,0	116	151	122	130
4,0	181 A	124 B	137 AB	147
8,0	120 B	108 B	179 A	136
Média	137	130	147	

⁽²⁾ Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas linhas, diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve significância do acúmulo de Ca nos grãos em função da doses de zinco nas três saturações por bases (Figura 8).

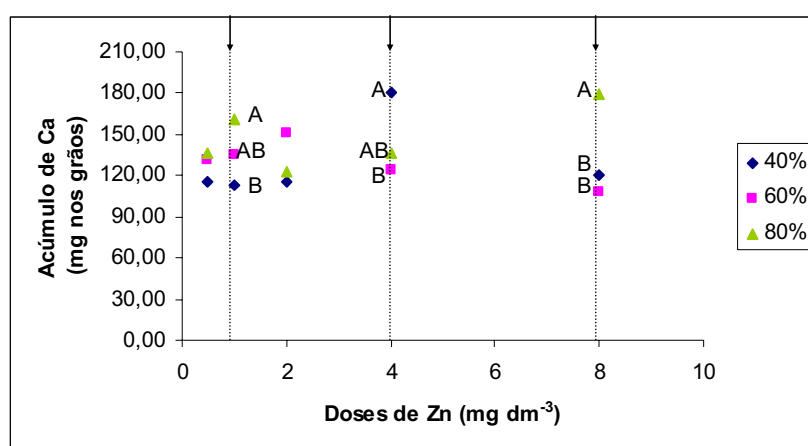


Figura 8. Regressão para doses de Zn dentro de cada saturação por base e desdobramento das saturações dentro de cada dose de zinco para o acúmulo de Ca nos grãos.

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas na mesma dose, diferem entre as saturações, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

Apesar da aplicação de calcário aumentar a disponibilidade do Ca^{2+} (forma iônica absorvido pela planta), sua translocação via floema é muito reduzida. Em razão disso, os níveis de Ca nos diferentes órgãos da planta estão diretamente relacionados ao fluxo transpiratório via xilema (MARENCO et al. 2005). Em comparação aos outros órgãos da planta as maiores concentrações de Ca são encontradas nas folhas, órgão que transpiram intensamente (Von FIRKS et al., 2001). Por motivos descritos no material e métodos não foi possível fazer análise estatística do teor de nutrientes da diagnose foliar (Tabela 10), no entanto calculando a média do teor de Ca entre as doses de zinco em cada saturação teremos: 6,2; 6,4 e 6,8 g kg^{-1} de Ca nas saturações por bases de 40, 60 e 80% respectivamente, observando um pequeno aumento dos teores de Ca em função das doses de calcário, confirmando as citações feitas acima. Uma possível explicação para as doses crescentes de calcário aplicadas no solo terem apresentado diferença significativa no acúmulo de Ca nos grãos somente em algumas doses de zinco (1,0 mg dm^{-3} e de 8,0 mg dm^{-3}), seria que nestas doses de zinco, o micronutriente de alguma forma tenha favorecido à translocação do Ca via floema na mamoneira.

Nas condições em que o experimento foi conduzido, o acúmulo de macronutrientes nos grãos da mamoneira Al Guarani 2002 ocorreu na seguinte ordem decrescente: $\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S}$.

Quanto ao acúmulo dos micronutrientes analisados nos grãos, nenhum deles apresentou diferença significativa em função da interação saturação por bases e doses de zinco (Tabela 21).

Tabela 21. Esquema de análise de variância para acúmulo médio de micronutrientes nos grãos da mamoneira Al Guarani 2002 em túnel plástico. Botucatu, 2008.

Saturação (%)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg nos grãos da mamoneira por planta-----					
40	0,57 b	0,16 c	1,29	0,83	1,42 ab
60	0,61 ab	0,21 b	1,13	0,81	1,48 a
80	0,68 a	0,29 a	1,40	0,81	1,27 b
Doses de zinco (mg dm ⁻³)					
0,5	0,64	0,21	1,13	0,87	1,11
1,0	0,63	0,24	1,10	0,77	1,14
2,0	0,60	0,23	1,39	0,79	1,25
4,0	0,58	0,22	1,26	0,88	1,56
8,0	0,64	0,21	1,29	0,78	1,89
Causas da Variação					
V%	*	*	ns	ns	*
Zn	ns	ns	ns	ns	*
V% X Zn	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	21,4	24,9	33,4	27,3	20,1
DMS	0,08	0,04	0,27	0,14	0,18

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.
 *.ns Significativo a 5% de probabilidade e não significativo pela análise de variância, respectivamente.

Os acúmulos de B, Cu e Zn nos grãos apresentaram diferença significativa devido às saturações por bases (Tabela 21). O acúmulo de B e de Cu apresentaram os menores valores quando foi aplicada a menor dose de calcário, porém o acúmulo de B não diferiu estatisticamente a V% = 40 do valor na V% = 60.

Na amostragem de solo realizada após a colheita foi observada uma pequena diminuição do teor de B com o aumento das doses de calcário. Uma possível explicação deste fato seria o aumento da mineralização da matéria orgânica (maior fonte de boro) com o aumento de pH, tornando o boro mais disponível na solução do solo e mais facilmente absorvido pelas plantas. Sabendo que o B movimenta-se facilmente das raízes para a parte aérea, via xilema pela corrente transpiratória (MARENCO e al, 2005) essa hipótese de que esta diminuição no solo deva-se a maior extração da planta se confirmaria ao verificar o acúmulo do boro nos grãos. No entanto, sua redistribuição é limitada, sendo considerado imóvel no floema. Contudo, tem-se observado mobilidade do B pelo floema de algumas espécies hortícolas (brássicas, rabanete, couve-flor, tomateiro) e fruteiras (OERTLI, 1993;

BLEVINS E LUKASZEWSKI, 1998). São inexistentes informações quanto à mobilidade deste nutriente em mamona.

A remobilização de Cu durante a fase reprodutiva é geralmente maior que nos estágios de crescimento vegetativo. Em ervilhaca, o acúmulo de cobre em sementes foi máximo no final do desenvolvimento da semente, e a remobilização de cobre dos órgãos vegetativos foi responsável por 60% do cobre da semente (CABALLERO et al.,1996). Uma significativa quantidade de Cu (67%) pode ser retranslocada dos órgãos vegetativos para flores e frutos durante a maturação e senescência, embora sob condições normais o cobre seja imóvel (LONERAGAN et al, 1980). Considerando a relação entre a parte aérea e o acúmulo de Cu no trabalho acima citado, provavelmente o aumento do teor de Cu nas sementes em função das doses de calcário (Tabela 21) se deva ao incremento na produção de massa seca da parte aérea promovido pelo aumento da saturação por bases.

O acúmulo de zinco foi influenciado pelas doses de calcário (Tabela 21) e de zinco (Figura 9). Segundo Bar-Yosef et al. (1980) o decréscimo na concentração de zinco, na solução do solo, é devido ao aumento da adsorção de zinco pelos constituintes da fase sólida. No presente experimento houve uma diminuição de 11% no acúmulo de zinco da V%=40 para V%=80 e de 14% no acúmulo de zinco da V%=60 para V%=80.

A linha de tendência resultante do acúmulo de zinco foi crescente em relação às doses de zinco aplicadas (Figura 9).

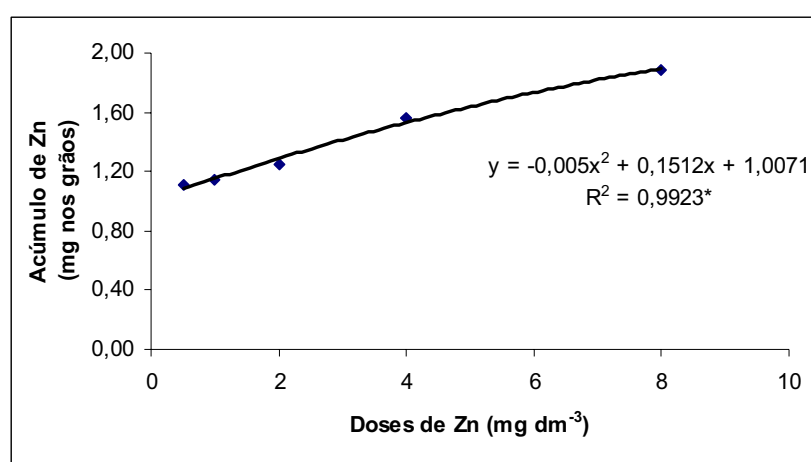


Figura 9. Regressão para doses de zinco no acúmulo de Zn nos grãos da mamoneira.

*Significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

De acordo com a literatura consultada, sugere-se que o transporte do zinco do solo até a parte reprodutiva ocorre de maneira diferente em cada espécie. Person e Rengel (1994) mostraram que o acúmulo de zinco em trigo, tanto em folhas baixas como na folha bandeira, continuou até 14 dias após a antese. Esse acúmulo foi então seguido por um período de remobilização desses órgãos para suprir o grão. O decréscimo no conteúdo do zinco desses tecidos coincidiu com o aumento na sua quantidade nos grãos. Rodrigues et al. (1997) na cultura do feijão e Haslett et al. (2001) em trigo, relataram que o zinco é transportado das raízes à parte aérea pelo xilema, sendo facilmente retranslocado pelo floema. Segundo Dordas et al. (2001), sob condições de suprimento normal de zinco, apenas uma pequena porção desse elemento pode ser retranslocada no floema e que, entretanto, em algumas espécies (trigo e trevo subterrâneo), significativa remobilização pode ocorrer durante o crescimento reprodutivo. Em ambos trabalhos o transporte direto da raiz para os grãos não é comentado. Quanto à mamona, não há trabalhos relacionados ao assunto. Desta forma, a literatura consultada não permite uma conclusão clara sobre a remobilização de zinco.

Não houve significância na interação V% e doses de zinco para o acúmulo de Zn nos grãos.

Nas condições em que o experimento foi conduzido, o acúmulo de micronutrientes nos grãos da mamoneira Al Guarani 2002 ocorreu na seguinte ordem decrescente: Zn>Fe>Mn>B>Cu.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Maiores doses de calcário: aumentaram o pH no solo, os teores de Ca e Mg, a soma de bases e a saturação por bases. Em contrapartida, diminuíram os teores de K, B e Fe no solo. Promoveram também aumento da altura de plantas em início de florescimento e da altura de plantas e produção de massa seca da parte aérea com racemo primário maduro. Nos grãos, resultaram em maior número de grãos por planta e maior massa seca de grãos por planta e, em maiores acúmulos de P, Mg, B e Cu.

Maiores doses de zinco no solo: aumentaram o teor médio de zinco no solo e promoveram aumento do diâmetro do colmo. Resultaram em maior acúmulo de Zn nos grãos, não refletindo em maior massa seca de grãos por planta ou em massa seca de 100 grãos.

Interação de doses de calcário e zinco no solo: houve interação somente na altura da planta com racemo primário maduro, na massa seca da raiz, nos comprimentos da parte masculina e total do racemo e, no acúmulo de Ca nos grãos da mamoneira Al Guarani 2002.

Nas condições em que o experimento foi conduzido, o acúmulo de macronutrientes e micronutrientes nos grãos da mamoneira Al Guarani 2002 ocorreu na seguinte ordem decrescente: N>K>P>Ca>Mg>S e Zn>Fe>Mn>B>Cu, respectivamente.

8. CONCLUSÕES

No solo as maiores doses de calcário resultaram em maior pH, teores de Ca e Mg, soma de bases e saturação por bases, enquanto maiores doses de zinco aumentaram o teor médio de zinco no solo. Na planta as maiores doses de calcário resultaram em aumento na altura, produção de massa seca da parte aérea, número e massa seca de grãos por planta. Nos grãos o aumento de calcário resultou em maiores acúmulos de P, Mg, B e Cu. Doses maiores de zinco no solo resultaram em maior acúmulo de Zn nos grãos.

A interação de doses de calcário e zinco no solo influenciou na altura da planta com racemo primário maduro (aumento linear em função das doses de zinco na V%=40), na massa seca da raiz (diferença significativa entre as doses de zinco com V%=60), no comprimento da parte masculina (aumento quadrático em função das doses de zinco na V%=40), no comprimento total do racemo (aumento linear em função das doses de zinco na V%=40) e, no acúmulo de Ca nos grãos da mamoneira Al Guarani 2002 .

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.A.; FERREIRA, M.E.; BORKERT, C.M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: zinco e cobre. In: FERREIRA, M.E. et al. **Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.126.

ABREU, C.A.; BERTON, R.S.; KOEKKOED, E.P.J. Validation of annual and total cumulative loading limits stipulated by USEPA for Zn on oxisol. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16, 1998, Montpellier. **Summaries**. Montpellier, International Society of Soil Science/French soil Science Society, 1998. 5p. 1 CD-ROOM. (Simpósio 25, Trabalho 2207).

ALBUQUERQUE et al. Avaliação de sistemas de preparo e calagem em um Latossolo Bruno aluminico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.963-975, 2005.

ALMEIDA, C. M. et al. A Produção de mamona no Brasil e o Probiodiesel. In: **Congresso Brasileiro de Mamona, I**. Campina Grande, 2004.

ANDERSON, D.L. e BOWEN, J.E. Nutrição da cana-de-açúcar. Piracicaba, POTAFOS, 1992. 40p.

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E.C.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.321-327, abr./jun. 2001.

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A.E. de; BELTRÃO, N.E. de.M. Clima e solo. In: AZEVEDO, M.P. de; LIMA, E.F. (Eds. Tec.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. EMBRAPA, Algodão: Campina Grande: EMBRAPA, 2001. p.63-76.

BAHIA. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. **Oleaginosas: diagnósticos e oportunidades de investimento – mamona**. Salvador: CICM/SEBRAE, 1995. v.5, 63 p.

BAHIA ANÁLISE & DADOS Salvador, v. 16, n. 1, p. 143-150, jun. 2006. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/publicacoes/publicacoes_sei/bahia_analise/analise_dados/pdf/energias_alternativas/12_vantagens_cultura.pdf>. Acesso em 15 jan 2008.

BARBOSA FILHO, M.P.; DYNIA, J.F. e FAGERIA, N.K. Zinco e ferro na cultura do arroz. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 71 p.

BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz; sequeiro irrigado**. Piracicaba, POTAFOS, 1987. 120p. (Boletim técnico, 9).

BARBOSA FILHO, M. P.; CANTARELLA, H.; WIETHOLTER, S. Arroz, Milho e Trigo. In: FERREIRA, M. E. et al. (ed) **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFÓS, 2001. 600p.

BARBOSA FILHO, M.P. et al. Interações entre calagem na absorção de nutrientes e produção de arroz sequeiro em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.355-360, 1992.

BAR-YOSEF, B.; FISHMAN, S.; TALPAZ, H. A model of zinc movement to single roots in soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.44, p.272-279, 1980.

BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B.van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, n.2, p.205-212, 1989.

BELTRÃO, N.E. de M.; CARDOSO, G.D. **Informações sobre os sistemas de produção utilizados na ricinocultura na região nordeste, em especial o semi-árido e outros aspectos ligados a sua cadeia**. Comunicado Técnico 213, julho de 2004. Campina Grande/BA.

- BELTRÃO, N. E. M. et al. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Eds). **O agronegócio da mamona no Brasil**. EMBRAPA, Algodão: Campina Grande: EMBRAPA, 2001, p. 36-61.
- BORKET, C.M.; COX, F.R. e TUCKER, M.R. Zinc and copper toxicity in peanut, soybean, rice, and corn in soil mixtures. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v.29, p. 2991-3005, 1998.
- BORKET, C.M.; PAVAN, M.A.; BATAGLIA, O.C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M. E. et al. (ed) **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFÓS, 2001. 600p.
- BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.49, p. 481-500, 1998.
- CABALLERO, R.; ARAUZO, M.; HERNAIZ, P.J. Accumulation and redistribution of mineral elements in common vetch during pod filling. **Agron. J.**, v.88, p.801-80, 1996.
- CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares. **Bragantia**, v. 17, p. 243-259, 1958.
- CAKMAK, I. e MARSCHNER, H. Enhanced superoxide radical production in roots of zinc-deficient plants. *J. Exp. Bot.*, v.39, p.1449-1460, 1988.
- CAKMAK, I. ; MARSCHNER, H.; BANGERTH, F. Efect of zinc nutritional staus on growth, protein metabolism and levels of indole-3-acetic acid and other phytohorons in bean. *J. Exp. Bot.*, v.40, p.405-412, 1989.
- CARVALHO, W.A.; ESPINDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônomicas UNESP** , Botucatu, n.1, 1983. 95p.
- CONAB. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/MamonaSerieHist.xls> Acesso em: Janeiro de 2008.
- CHIERICE, G. O.; NETO, S. C. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. EMBRAPA Algodão: Campina Grande: EMBRAPA, 2001. p. 89-120.

DAVIS, J.G. e PARKER, M.B. Zinc toxicity symptom development and partitioning of biomass and zinc in plants. *J. Plant Nutr.*, v.16, p.2353-2369, 1993.

D'YAKOV, A.B. Properties of photosynthesis. In: MOSHKIN, V.A. (Ed.) **Castor**. NewDelhi: Amerind, 1986. p.65-67.

DORDAS et al. Remobilização de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M.E. et al. **Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.52.

DUDKA, S.; PIOTROWSKA, M. & CHLOPECKA, A. Effect of elevated concentrations of Cd and Zn in soil on spring wheat yield and the metal content of plants. **Water Air Soil Pollut.**, v.76, p.333-341, 1994.

EMBRAPA ALGODÃO. Cultivares. Disponível em:
<<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/cultivares.html>>, Acesso em: Setembro de 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412p.

FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P. de; DUTRA, L.G. Limitações químicas dos solos de cerrado e de várzea. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Deficiências nutricionais na cultura ao feijoeiro e suas correções**. Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1996. p.8-11. (Documento, 65).

FERNANDES, D. M. **Efeitos de micronutrientes na mamoneira (*Ricinus communis* L.) – CV (%)**. 'IAC-80'. 1990. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) –Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1990.

FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafós/CNPq, 1991. 734 p.

FERREIRA, G. B. et al. Deficiência de fósforo e potássio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: Congresso Brasileiro de Mamona, I, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

FERREIRA, M. M. M. et al. Deficiência de enxofre e micronutrientes na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: Congresso

Brasileiro de Mamona, I, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Eds). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2001. p. 295-335.

FILHO, G.L. **Alternativa que vem do campo**. PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel), 2006. Disponível em:
<http://www.tnpetroleo.com.br/internas/downloads/TN_48_site_materia_capa.pdf> Acesso em: 30/08/2006.

GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, p.167-170, 1981.

GALRÃO, E.Z. Níveis críticos de Zinco para milho cultivado m latossolo vermeho-amarelo, fase vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.255-260, 1995.

GRANT, C.A. e BAILEY, L.D. Interactions of zinc with banded and broadcast phosphorus-fertilizer on the concentration and uptake of P, Zn, Ca and Mg in plant-tissue of oilseed flax. *Can. J. Plant Sci.*, v.73, p.17-29, 1993.

HASLETT, B.S.; REID, R.J.; RENGEL, Z. Zinc mobility in wheat: uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. **Annals of Botany**, 87, p.379-386, 2001.

HEMERLY, F.X. **Mamona: comportamento e tendências no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-DID, 1981. 69p. (EMBRAPA-DTC, Documentos, 2).

HOCKING, P.J. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of castor bean (*Ricinus communis* L.). **Annals of Botany**, v.49, p.51-62, 1982.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola para Dezembro de 2005. Disponível em: <www.ibge.br> Acesso em: abril de 2006.

KALBASI, M.; RACZ, G.J. & LOEWER-RUDGERS, L.A. Mechanism of zinc adsorption by iron and aluminium oxides. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.125, p.146-150, 1978.

KINNIBURGH, D.G. & JACKSON, M.L. Concentration and pH dependence of calcium and zinc adsorption by iron hydrou oxide gel. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.46, p.56-61, 1982.

LANGE, A. et al. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.1, p.61-67, jan.2005.

LINDSAY, W.L. Zinc in soils and plant nutrition. **Advances in Agronomy**, New York, v.24, p.147-86, 1972.

LOGANATHAN, P.; BURAU, R.G & FUERSTENAU, D.W. Influence of pH on Co^{+2} , Zn^{+2} and Ca^{+2} by adsorption a hydrous manganese oxide. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.43, p.966-972, 1979.

LONERAGAN, J.F; SNOWBALL, K.; ROBSON, A.D. Copper supply in relation to content and redistribution of copper among organs of the wheat plant. **Ann. Bot.**, v.45, p.621-632, 1980.

LUO, Y.M. e RIMMER, D.L. Zinc copper interaction affecting plant-growth on metal-contaminated soil. *Environ. Pollut.*, v.88, p.79-83, 1995.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARENCO, R. A. **Fisiologia vegetal; fotossíntese, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005, 451p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nded. London: Academic Press, 1995. 889p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2^a ed. San Diego: Academic Press, 1997. 889p.

MARTENS, D.C. e REED,S.T. **Zinc: unlocking agronomic potencial**. Solutions. 1991. p. 29-31.

MATOS, A.T. et al. Mobilidade e formas de retenção de metais pesados em Latossolo Vermelho-Amarelo **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.379-386, 1996.

McLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; MIKKELSEN, D.S. e LOTT, N.L. A adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no Estado de São Paulo. São Paulo, IBEC Research Institute, 1961. 35p. (Boletim, 27).

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. p.525-536: Zinc.

MOSHKIN, V.A. Growth and development of the plant. In: MOSHKIN, V.A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986 a. p. 36-42.

MOSHKIN, V.A.; PERESTOVA, T.A. Morphology and anatomy. In: MOSHKIN, V.A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. p. 28-33.

NAKAGAWA, J.; LEVORATO, E.; BOARETTO, A.E. Efeito de doses crescentes de termofosfato na presença e ausência de micronutrientes em dois cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.). **Científica**, v.14, p.55-64, 1986.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A.M.L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Campinas. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.28, p.323-337, 1971.

OERTLI, J.J. The mobility of boron in plants. **Plants and Soil**, v. 155/156, p.301-304, 1993.

PAGE, E.R. Studies on soil an plant manganese. II. The relationship of soil pH to manganese availability. **Plant Soil**, v.16, p.247-257, 1962.

PAYNE, G.G. et al. Form and availability of copper and zinc following long-term copper sulfate and zinc sulfate applications. **J. Environ. Qual.**, v.17, p.707-711, 1988.

POLAR, E. Zinc in pollen and its incorporation into seeds. *Planta*, Berlin, v.123, p.99-103, 1975.

POMBO, L.C.A. & KLAMT, E. Adsorção de zinco e cobre de dois solos do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.191-194, 1986.

PRATT, P.F. Chromium. In: CHAPMAN, H.D.,ed. **Diagnostic criteria for plants and soils**. Riverside, Division of Agricultural Sciences/ University of California, 1966. p. 478-479.

PREMAZZI L.M. Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais. 1991. 215p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP, Piracicaba, 1991.

PRICE, C.A.; CLARK, H.E.; FUNKHOUSER, E.A. Functions of micronutrientes in plants. In: MORTVERDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L., ed. **Micronutrientes in agriculture**. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.231-42.

QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. e BERTON, R.S. Culturas oleaginosas. In: FERREIRA, M.E. e CRUZ, M.C.P., eds. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. p.445-484.

RAMOS, N.P.; AMORIM, E.P.; SAVY FILHO, A. Potencial da cultura da mamona como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção e uso de biodiesel. In: CÂMARA, G.M. de S.; HEIFFIG, L.S. (Coord.). **Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para biodiesel**. Piracicaba: Esalq, 2006. p.81-104.

RAIJ, B. van. Pesquisa e Desenvolvimento em Micronutrientes e Metais Pesados. In: FERREIRA, M.E. et al. **Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.7.

RAIJ, B. van. et al. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van. et al. **Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RODRIGUES L.A. et al. Absorção e translocação de zinco em feijoeiro aplicado via foliar **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.9, p.11-115, 1997.

ROSOLEM, C.A.; GIOMMO, G.S.; LAURENTI, R.L.B. Crescimento radical e nutrição de cultivares de algodoeiro em resposta à calagem. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.4, p.827-833, 2000.

ROSOLEM, C.A. et al. Sistema radical e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18,p.491-497,1994.

ROSOLEM, C.A.; FRANCO, G.R. Translocação de zinco e crescimento radicular em milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.807-814, 2000.

SAEED, M. e FOX, R.L. Influence of phosphate fertilization on zinc adsorption by tropical soils. Soil Sci. Soc. Am. J., v.43, p.683-686, 1979.

SANTOS, R.F. et al. Análise econômica. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (Eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2001. p. 17-35.

SANTOS, A.C..M.. et al. Deficiência de cálcio e magnésio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: Congresso Brasileiro de Mamona, I, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004a. CD ROM.

SANTOS, A.C.M. et al. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis*): descrição do efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: Congresso Brasileiro de Mamona, I, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. CD ROM.

SAVY FILHO, A. Mamoneira: técnicas de cultivo. Campinas, **O Agrônomo**, v.53 n.1, 2001.

SAVY FILHO, A. et al. Mamona. In: COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Oleaginosas no estado de São Paulo: análise e diagnóstico**. Campinas, 1999. 180p.

SAVY FILHO, A. **Mamona – Tecnologia agrícola**. 1ed. Campinas: Emopi. 2005.105p.

SILVA, M. A.V. Meteorologia e climatologia. 2 ed. Brasília: Pax, 2001.532 p. WEISS, E.A. Castor. In: WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. p. 31-99.

SEVERINO, L.S. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.563-568, abr. 2006.

SEVERINO, L.S. O que sabemos sobre a torta de mamona. **Documentos**. Embrapa: Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, Campina Grande, Paraíba, nº137. 2005.

SHUMA, L.M. & LI, Z.B. Amelioration of zinc in cotton using lime or mushroom compost. *J. Soil Cont.*, v.6, p.425-438, 1997.

SOARES, E.; LIMA, L. A.; MISCHAN, M. M. et al. Efeito da relação entre teores trocáveis de Ca e Mg do solo na absorção de K por plantas de centeio. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 315-330, dez. 1983.

SOUZA, E. C. A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. **Científica**, São Paulo, v. 25, n.2, p. 327-333, 1997.

SOUZA, E.A.; NEPTUNE, A.M.L. Resposta da cultura de *Ricinus communis* L à adubação e calagem. **Científica**, v.4. n.3. p.274-281, 1976.

SWIETLIK, D. Interaction between zinc-deficiency and boron toxicity on growth and mineral nutrition of sour orange seedling. *J. Plant Nutr.*, v.18, p.1191-1207, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Belmont: The Benjamin Cummings, 1991. p.426-449.

TAKKAR, P.N. Requirement and response of crop cultivars to micronutrients in India – a review. In: RANDALL, P.J. et al., eds. **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 341-348.

TEIXEIRA, L.C. Potencialidade de oleaginosas para produção de biodiesel. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.18-27, 2005.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Potafós** - Encarte do informações agronômicas n. 97, março 2002.

VON FIRCKS, Y.;ERICSSON, T.; SENNERBY-FORSSE, L. Seasonal variation of macronutrients in leaves, stems and roots of *Salix dasyclados* Wimm. grown at two nutrient levels. **Biomass and bioenergy**, v.21, p. 321-334, 2001.

WEISS, E.A. Castor. In: WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. p. 31-99.

WELLS, BR.; HUEY, B.A.; NORMAN, R.J. & HELMS, R.S. Rice In: BENNETT, W.F., ed. **Nutrient deficiencies and toxicities in crops plants**. Sain Paul, APS Press, The American Phytopathological Society, 1993. p. 15-19.

XIANG, H.F.; TANG, H.A. & YING, Q.H. **Transformation and distribution of forms of zinc in acid, neutral and calcareous soils of China**. *Geoderma*, v.66, p.121-135, 1995.