

**NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DE
MUDAS DE UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa*
Arr. Cam.) EM RESPOSTA À CALAGEM E ÀS
ADUBAÇÕES NITROGENADA, FOSFATADA
E POTÁSSICA**

ORLANDO SÍLVIO CAIRES NEVES

2005

ORLANDO SÍLVIO CAIRES NEVES

**NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DE MUDAS DE
UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) EM RESPOSTA À
CALAGEM E ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA, FOSFATADA E
POTÁSSICA.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, área de concentração em
Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de
“Doutor”.

Orientadora:
Professora Janice Guedes de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Neves, Orlando Sílvio Caires

Nutrição mineral e crescimento de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) em resposta à calagem e às adubações nitrogenada, fosfatada e potássica / Orlando Sílvio Caires Neves. – Lavras : UFLA, 2005.
113 p. : il.

Orientadora: Janice Guedes Carvalho
Tese (Doutorado) - UFLA.
Bibliografia.

1. Umbu. 2. Potássio. 3. Nitrogênio. 4. Fósforo. 5. Calagem.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.44

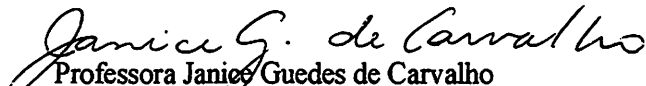
ORLANDO SÍLVIO CAIRES NEVES

**NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DE MUDAS DE
UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) EM RESPOSTA À
CALAGEM E ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA, FOSFATADA E
POTÁSSICA.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, área de concentração em
Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de
“Doutor”.

APROVADA em 13 de junho de 2005.

Prof. Antônio Eduardo Furtini Neto	UFLA
Pesquisadora Miralda Bueno de Paula	EPAMIG
Prof. Moacir Pasqual	UFLA
Prof. Ronaldo Veloso Naves	UFG


Professora Janice Guedes de Carvalho
UFLA
(Orientadora)

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

Aos meus pais, pelo apoio e incentivo à minha formação; aos meus irmãos, avós, tios e ao sobrinho, pela força e confiança; a Vanessa, esposa e incentivadora, e a Maria Helena (*in memoriam*), com a lembrança do seu sorriso angelical.

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida.

À minha família, pelo apoio e ensinamentos éticos.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade concedida.

Ao Departamento de Ciência do Solo e Nutrição de Plantas (DCS) – UFLA pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária pela compreensão e pelo tempo concedido para a elaboração da tese.

À professora Janice Guedes de Carvalho pelos ensinamentos, compreensão e amizade.

Aos demais professores do Departamento de Ciência do Solo e Nutrição de Plantas – UFLA pela convivência respeitosa e contribuição profissional.

A todos os colegas (mestrandos e doutorandos) do DCS, em especial àqueles que comigo tiveram uma convivência mais calorosa.

Ao Adalberto pelo auxílio nas análises de laboratório. Aos funcionários do DCS, em especial ao Pezão, pela boa vontade apresentada quando solicitados. Aos bolsistas de iniciação científica (Eric, Natália e Rodrigo) e ao amigo Bergue, pelo auxílio na condução dos trabalhos.

A Vanêssa, companheira e solidária, pela convivência e incentivo nesses anos de estudo.

Aos meus tios, em especial a Inês e Zé Maria, pelo apoio e contribuição para a minha formação.

BIOGRAFIA

ORLANDO SÍLVIO CAIRES NEVES, filho de Manoel Messias da Anunciação Neves e Lucidalva Alves Caires Neves, nasceu no dia 10 de abril de 1977, na cidade de Dom Basílio, Estado da Bahia.

Ingressou no Curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia no primeiro período de 1996 e graduou-se Engenheiro Agrônomo no segundo período de 2000.

Em agosto de 2001, iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Lavras, defendendo a dissertação em fevereiro de 2003.

Também em fevereiro de 2003, ingressou no curso de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Lavras, na cidade de Lavras, estado de Minas Gerais.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO I	01
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	04
2.1 A planta	04
2.1.1 Taxonomia e denominações	04
2.1.2 Centro de origem	04
2.1.3 Descrição da planta	05
2.1.4 Fenologia e Ecologia	06
2.1.5 Adubação	07
2.1.6 Composição química	07
2.1.7 Requerimento nutricional	08
2.1.8 Sintomas de deficiência nutricional	09
2.1.9 Exportação de N, P e K	10
2.2 Calagem	11
2.3 Nitrogênio	15
2.4 Fósforo	16
2.5 Potássio	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO II	26
RESUMO	26
ABSTRACT	27
1. INTRODUÇÃO	28
2. MATERIAL E MÉTODOS	30

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.1 Crescimento	33
3.2 Teores de macronutrientes	37
3.3 Teores de micronutrientes	42
3.4 Acúmulo de nutrientes na parte aérea.....	45
3.5 Níveis críticos foliares de Ca e Mg	49
4. CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
CAPÍTULO III	55
RESUMO	55
ABSTRACT	56
1. INTRODUÇÃO	57
2. MATERIAL E MÉTODOS	59
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
3.1 Crescimento	62
3.2 Teores de macro e micronutrientes.....	65
3.3 Acúmulo de nutrientes na parte aérea.....	68
3.4 Nível crítico foliar de N.....	71
4. CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
CAPÍTULO IV	76
RESUMO	76
ABSTRACT	77
1. INTRODUÇÃO	78
2. MATERIAL E MÉTODOS	80
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
3.1 Crescimento.....	83
3.2 Teores de macro e micronutrientes.....	86

3.3 Acúmulo de nutrientes na parte aérea.....	88
3.4 Nível crítico foliar de P.....	91
4. CONCLUSÕES	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
CAPÍTULO V	97
RESUMO	98
ABSTRACT	99
1. INTRODUÇÃO	100
2. MATERIAL E MÉTODOS	101
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
3.1 Crescimento.....	103
3.2 Teores e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea.....	106
3.3 Nível crítico foliar de P.....	109
4. CONCLUSÕES	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112

RESUMO

NEVES, Orlando Silvio Caires. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) em resposta à calagem e às adubações nitrogenada, fosfatada e potássica.** Lavras: UFLA, 2005, 113 p. (Tese – Doutorado em Agronomia / Solos e Nutrição de Plantas)*

O umbuzeiro é uma planta típica do sertão e do agreste e tem sua origem no Brasil, mais precisamente na região semi-árida nordestina. O crescimento, a nutrição mineral e os níveis críticos foliares de N, P, K, Ca e Mg, em mudas de umbuzeiro crescidas em vasos contendo amostras do horizonte A de um Latossolo Vermelho distroférico, foram estudados numa série de quatro experimentos realizados em casa-de-vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. No primeiro experimento estudou-se a resposta das mudas do umbuzeiro à calagem. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e cinco níveis de saturação por bases (20, 40, 60, 80 e 100%), além de um tratamento adicional (solo com saturação por bases natural). Nos demais experimentos adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em que foram estudados os efeitos das doses de N (0, 35, 70, 140, 280 e 560 mg dm⁻³), P (0, 30, 60, 120, 240 e 480 mg dm⁻³) e K (0, 30, 60, 120, 240 e 480 mg dm⁻³). Os resultados obtidos permitem verificar que a calagem favorece o crescimento das mudas de umbuzeiro e que o nível de saturação por bases de 80% pode ser indicado para o cálculo da necessidade de calagem para a produção de mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distroférico; a faixa crítica de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de mudas de umbuzeiros é de 25,72 a 29,48 g kg⁻¹, de 1,52 a 1,91 g kg⁻¹, de 3,40 a 6,04 g kg⁻¹, de 14,56 a 21,80 g kg⁻¹ e de 2,60 a 3,34 g kg⁻¹, respectivamente. A dose de 286 mg dm⁻³ de N e a de 281 mg dm⁻³ de P são as que proporcionam o maior acúmulo de matéria seca em mudas de umbuzeiro. Mesmo quando bem nutrido em N e P, o umbuzeiro investe mais na formação do sistema radicular do que na parte aérea. Enquanto para se atingir a máxima produção de folhas a dose de potássio é de 137 mg dm⁻³, a máxima produção de raízes só acontece na dose de 229 mg dm⁻³.

* Orientadora: Janice Guedes de Carvalho – DCS / UFLA.

ABSTRACT

NEVES, Orlando Silvio Caires. Mineral nutrition and growth of umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) seedlings in response to liming and to nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. Lavras: UFLA, 2005, 113 p. Thesis (Doctorate in Soils Science and Plant Nutrition) *

The umbuzeiro is a typical plant of the semi-arid zones of Northeastern Brazil. The growth, the mineral nutrition, and the foliar critical levels of N, P, K, Ca, and Mg of umbuzeiro seedlings cultivated in pots containing samples of a dystroferic Red Latosol were studied in four experiments under greenhouse conditions in the Soil Science Department at the Federal University of Lavras, Brazil. The first experiment studied the response of the umbuzeiro seedlings to liming. The experimental design was completely randomized, with four replications and five levels of base saturation (20, 40, 60, 80, and 100%), and an additional treatment (soil with natural base saturation). In the other experiments the experimental design were randomized blocks, with four replications and were studied the effects of the doses of N (0, 35, 70, 140, 280, and 560 mg dm⁻³), P (0, 30, 60, 120, 240, and 480 mg dm⁻³) and K (0, 30, 60, 120, 240, and 480 mg dm⁻³). Liming stimulated the growth umbuzeiro seedlings and the base saturation of 80% can be indicated as the optimum level for production of umbuzeiro seedlings. The critical levels of N, P, K, Ca, and Mg in the leaves of umbuzeiro seedlings range from 25.72 to 29.48 g kg⁻¹, from 1.52 to 1.91 g kg⁻¹, from 3.40 to 6.04 g kg⁻¹, from 14.56 to 21.80 g kg⁻¹ and from 2.60 to 3.34 g kg⁻¹. The dose of 286 mg dm⁻³ of N and the dose of 281 mg dm⁻³ of P provide the highest accumulation of dry matter in umbuzeiro seedlings. Even when well nurtured in N and P the umbuzeiro seedlings invested more in the formation of the root than the shoot. The highest production of leaves occur in the dose of 137 mg dm⁻³ of K, and the highest production of roots at the dose of 229 mg dm⁻³ of K.

* Guidance Committee: Janice Guedes de Carvalho – DCS/UFLA (Major Professor)

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) não é apenas uma simples frutífera nordestina; ele é, antes de tudo, um destacado representante das potencialidades daquela região. Está inserido na cultura do sertanejo, sendo para este uma planta sagrada, como bem afirma Euclides da Cunha em seu livro “Os Sertões”.

As informações até hoje geradas para a cultura do umbuzeiro são poucas, mas podem contribuir para o desenvolvimento dessa frutífera e, com isso, gerar mais renda para as pessoas que usufruem direta ou indiretamente dessa planta. Assim, toda pesquisa que vise o aprofundamento do estudo do umbuzeiro merece destaque e incentivo por parte dos órgãos de fomento.

O Nordeste do Brasil e o norte do estado de Minas Gerais são conhecidos pelas imagens áridas de áreas castigadas pela falta de chuvas. Para essas regiões, os órgãos de pesquisa e de políticas públicas vêm buscando alternativas econômicas para o desenvolvimento regional, e o umbuzeiro, por ser adaptado a sobreviver e produzir nessas áreas, merece ser melhor estudado.

Os frutos do umbuzeiro, colhidos de forma extrativista, são a principal fonte de renda para milhares de famílias em determinada época do ano. Os plantios comerciais, apesar de ainda incipientes, deverão aumentar muito nos próximos anos, graças aos estudos que vêm procurando selecionar plantas altamente produtivas, com características químicas e físicas dos frutos que agradam ao mercado, conferindo-lhes um padrão superior.

Uma planta, para crescer e expressar sua produção, necessita de boa nutrição e condições ambientais favoráveis. Para estar bem nutrida, a planta requer nutrientes disponíveis e em quantidades suficientes para atender a sua

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A PLANTA

2.1.1 TAXONOMIA E DENOMINAÇÕES

Os primeiros relatos da existência do umbuzeiro datam da época da colonização. A primícia é de Gabriel Soares de Souza quando o cita no seu Tratado Descritivo do Brasil. Três séculos se passam até a sua descrição científica, a cargo de Manuel de Arruda Câmara, que o classifica como espécie *Spondias tuberosa*, da família Anacardiaceae (Mendes, 1990).

A palavra imbu e a variação umbu têm origem do tupi-guarani “Y’m’bu”, que significa “árvore que dá de beber”, em alusão à água contida nas túberas, que era consumida pelos índios que habitavam as caatingas. Também é conhecido regionalmente pelas denominações de ombu, ambu e giqui. No idioma inglês é conhecido por brazilian-plum (Corrêa, 1978).

2.1.2 CENTRO DE ORIGEM

O umbuzeiro é uma planta típica do sertão e do agreste e tem sua origem no Brasil, precisamente na região semi-árida nordestina (Mendes, 1990; Lorenzi, 1992).

De acordo com Giacometti (1993), o centro de alta diversidade e domesticação da espécie *Spondias tuberosa* encontra-se classificado com *Centro 6*: Centro Nordeste / Caatinga, onde vários autores constataram a ocorrência natural de elevado número de plantas dessa espécie. O *Centro 6* inclui a caatinga dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco,

O objetivo deste trabalho foi o de agregar informações a respeito do umbuzeiro na fase de muda, voltadas para seu crescimento e nutrição mineral, quando submetido à calagem e às adubações nitrogenada, fosfatada e potássica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A PLANTA

2.1.1 TAXONOMIA E DENOMINAÇÕES

Os primeiros relatos da existência do umbuzeiro datam da época da colonização. A primícia é de Gabriel Soares de Souza quando o cita no seu Tratado Descritivo do Brasil. Três séculos se passam até a sua descrição científica, a cargo de Manuel de Arruda Câmara, que o classifica como espécie *Spondias tuberosa*, da família Anacardiaceae (Mendes, 1990).

A palavra imbu e a variação umbu têm origem do tupi-guarani “Y'm'bu”, que significa “árvore que dá de beber”, em alusão à água contida nas túberas, que era consumida pelos índios que habitavam as caatingas. Também é conhecido regionalmente pelas denominações de ombu, ambu e giqui. No idioma inglês é conhecido por brazilian-plum (Corrêa, 1978).

2.1.2 CENTRO DE ORIGEM

O umbuzeiro é uma planta típica do sertão e do agreste e tem sua origem no Brasil, precisamente na região semi-árida nordestina (Mendes, 1990; Lorenzi, 1992).

De acordo com Giacometti (1993), o centro de alta diversidade e domesticação da espécie *Spondias tuberosa* encontra-se classificado com *Centro 6*: Centro Nordeste / Caatinga, onde vários autores constataram a ocorrência natural de elevado número de plantas dessa espécie. O *Centro 6* inclui a caatinga dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco,

Alagoas e a Chapada Diamantina, na Bahia, tendo como coordenadas os paralelos 2°S e 14°S e os meridianos 37° a 42° W.

2.1.3 DESCRIÇÃO DA PLANTA

O umbuzeiro é uma árvore com dimensões em torno 4 m a 6 m de altura, de tronco curto, copa umbeliforme, com diâmetro de 10 m a 15 m, projetando uma sombra densa sobre o solo, e apresenta vida longa (mais que 100 anos). É uma planta xerófila e suas raízes exploram profundidades superiores a 1 m. Nas raízes estão localizados os xilopódios, que são órgãos de reserva constituídos de tecidos lacunosos e servem para armazenar água, mucilagem, glicose, tanino, amido, ácidos e nutrientes, entre outros (Ferreira et al., 1987; Mendes, 1990). Os xilopódios são os principais responsáveis pela tolerância dessa frutífera à seca, aliada à estratégia de perda das folhas na época de baixa disponibilidade de água (caducifólia) (Carvalho & Neves, 2004).

O umbuzeiro cresce em estado nativo na caatinga, requerendo dias ensolarados e noites frescas. Requer clima quente, temperatura entre 12°C e 38°C, umidade relativa do ar entre 30% e 90%, insolação com 2.000-3.000 horas/luz/ano e 400mm a 800mm de chuva, podendo se desenvolver em locais com chuvas de até 1.600 mm/ano (Mendes, 1990).

As folhas são alternas, compostas e imparipenadas. Observam-se de três a sete folíolos de bordos inteiros, ovalados ou elíptico, obtusos ou levemente cordados na base, agudos ou obtusos no ápice, com aproximadamente quatro cm de comprimento e dois cm de largura (Corrêa, 1978, Lima, 1989). Não é rara a presença de pêlos no limbo das folhas.

As flores são periféricas, brancas, perfumadas e melíferas. Quando abertas medem de sete a oito mm de diâmetro. O cálice tem de quatro a cinco sépalas e a corola, de quatro a cinco pétalas valvadas. São dispostas em

panículas terminais de 10 cm a 15 cm de comprimento. Os ramos da inflorescência e o pedicelo são finamente pilosos (Lima, 1989). As inflorescências apresentam 50% de flores hermafroditas e 50% masculinas. A abertura das flores se dá durante a madrugada, entre zero e quatro horas da manhã, ocorrendo o pico de abertura às duas horas (Pires & Oliveira, 1986).

O fruto é uma drupa glabra ou levemente pilosa. Normalmente de coloração amarelo-esverdeada quando maduro, com pericarpo coriáceo e polpa succulenta de sabor agridoce, tem no centro um caroço grande.

A forma dos frutos varia entre arredondada, ovóide e oblonga, apresentando diversidade também no tamanho, o qual oscila entre 1,2 cm e 2,7 cm de comprimento e 2,0 cm e 4,0 cm de diâmetro (Silva et al., 1980).

2.1.4 FENOLOGIA E ECOLOGIA

O umbuzeiro, durante a estiagem anual, perde totalmente as folhas, revestindo-se delas subitamente logo após as primeiras chuvas. O florescimento ocorre, normalmente, antes ou juntamente com o enfolhamento das árvores.

A frutificação é copiosa, apresentando uma grande variabilidade na produção de frutos por planta. Uma planta (das mais produtivas) tem a capacidade para produzir mais de 300 kg de frutos por safra; entretanto, essa produção não é mantida normalmente. Brito et al. (1996) conseguiram uma produção média de 168,8 kg por planta. O período de frutificação é de aproximadamente dois meses e meio (Guerra, 1981) e, dependendo da região, compreende os meses de dezembro a março.

O umbuzeiro caracteriza-se pela alta tolerância à seca devido, principalmente, ao sistema radicular apresentar-se com abundância de xilopódios (Mendes, 1990).

Lima Filho (2001), num estudo sobre relações hídricas do umbuzeiro, sugere que o mesmo apresenta duas estratégias para manter o balanço hídrico interno favorável onde. Sob condições de sequeiro, o balanço seria mantido através da utilização da água armazenada nas túberas e uma baixa transpiração, e durante a estação chuvosa, o balanço hídrico seria mediado por um ajuste osmótico.

2.1.5 ADUBAÇÃO

O umbuzeiro se desenvolve naturalmente em solos com teores muito baixos de P (1 a 5 mg dm⁻³ de P). A adubação fosfatada contribui para um maior crescimento dessa planta e, conseqüentemente, maior produção (Silva et al., 2002).

Lima et al. (2000) recomendam a aplicação de 12 kg por planta de esterco de curral curtido ou 5 kg por planta de esterco de galinha para pomares em formação, 12 kg por planta de esterco de curral curtido ou 10 kg por planta de esterco de galinha para pomares em produção. Os autores sugerem, também, que a partir do segundo ano sejam realizadas adubações com N, P e K; exceto na adubação com P, deve-se realizar o parcelamento com vistas a reduzir perdas. Entretanto, trabalhos científicos realizados em campo, voltados para a adubação do umbuzeiro, são raros.

2.1.6 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Silva et al. (1984) verificaram que, na túbera, o teor de K na polpa (43,7 g kg⁻¹) foi maior do que na casca (20,4 g kg⁻¹), ocorrendo o inverso com N, Fe, Mn, Zn e Al; as raízes apresentaram teores inferiores aos da túbera para todos os nutrientes, com exceção do S e do Mn; os frutos (casca + polpa) mostraram

teores mais elevados de N, P, K, S, Fe e Al em relação à semente; nas folhas os teores médios foram: N = 29,0 g kg⁻¹, P = 2,3 g kg⁻¹, K = 10 g kg⁻¹, Ca = 17,9 g kg⁻¹, Mg = 3,1 g kg⁻¹, S = 3,2 g kg⁻¹, Fe = 110 mg kg⁻¹, Cu = 6 mg kg⁻¹, Mn = 32 mg kg⁻¹, Zn = 18 mg kg⁻¹, B = 68 mg kg⁻¹, Na = 1.300 mg kg⁻¹ e Al = 79 mg kg⁻¹.

Os teores foliares de Ca no umbuzeiro só não foram superiores aos de N, sendo isso um indicativo da alta exigência de Ca por essa planta (Silva et al., 1984).

2.1.7 REQUERIMENTO NUTRICIONAL

Quando umbuzeiros foram cultivados em vasos contendo Latossolo Vermelho Distrófico textura média (pH 5,6; P = 1; K = 56; SO₄ = 2; B = 0,3; Zn = 0,7 mg dm⁻³; Ca = 5; Mg = 2; Al = 1 mmol_e dm⁻³; MO = 18 g dm⁻³ e V = 41 %) e subtraíram-se os nutrientes, separadamente, Silva et al. (2002) verificaram que a seqüência dos nutrientes que mais limitaram o crescimento do umbuzeiro em relação ao tratamento completo (todos os nutrientes) foi: N > P > Ca > Zn > B > S > K > Mg.

Em um trabalho com omissão de macronutrientes em solução nutritiva, realizado na UFPA, Gonçalves et al. (2004) constataram que, em ordem decrescente, os macronutrientes que mais limitaram a produção de matéria seca do umbuzeiro foram: Ca > N > K > Mg > S > P. Em outro trabalho com omissão de micronutrientes realizado por Sá et al. (2003), a ordem foi: Fe > B > Zn > Zn+Cu > Cu > Mn; assim, o desenvolvimento da planta durante o período experimental foi menos afetado pela omissão de Mn e mais afetado pela omissão de Fe.

2.1.8 SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL

Nitrogênio

As folhas mais velhas perdem, gradualmente, a tonalidade verde-escura e passam para verde-pálido, com posterior amarelecimento, distribuído uniformemente. Com a intensificação da deficiência toda a planta se torna amarelecida, apresentando reduzido crescimento, as folhas perdem o brilho e ocorre queda prematura das mesmas (Carvalho & Neves, 2004).

Fósforo

As plantas apresentam coloração amarelada nas bordas das folhas mais velhas. Há uma alteração na arquitetura das plantas deficientes em P, ou seja, o ângulo dos ramos plagiotrópicos fica mais fechado em relação ao ramo ortotrópico, no sentido da base para o ápice. As raízes crescem mais, sendo esse um mecanismo do umbuzeiro para sobreviver e produzir em solos pobres em P, como naqueles em que sua ocorrência é natural (Carvalho & Neves, 2004).

Potássio

Inicialmente, caracteriza-se por uma clorose das folhas mais novas (rede verde fina das nervuras sobre fundo amarelado), esse sintoma também é descrito para a deficiência de Fe. Malavolta et al. (1997) citam que em algumas culturas a deficiência de K induz a deficiência de Fe, devido ao acúmulo desse último nos internódios (dificuldades no transporte). Posteriormente, com o agravamento da deficiência é observada pequena necrose marginal das pontas das folhas, iniciando-se pelas folhas mais velhas (Carvalho & Neves, 2004).

Cálcio

A deficiência de Ca acarreta anormalidades visuais nas folhas mais novas, seguidas de murchamento das gemas terminais, com posterior morte das mesmas. Há necrose ao longo das margens das folhas, caracterizada por “queimaduras” de coloração pardo-escuro e enrolada sobre si mesma, com as bordas recurvadas para cima. Com a evolução da deficiência há queda prematura das folhas. O sistema radicular do umbuzeiro crescido na ausência de Ca mostra-se engrossado e pouco volumoso e com aparência esbranquiçada (Carvalho & Neves, 2004).

Magnésio

De princípio, as folhas mais velhas apresentam leve coloração amarela ao longo da nervura principal. Com o agravamento da deficiência, a clorose se expande entre as nervuras das folhas, permanecendo a região próxima da nervura principal colorida de amarelo mais intenso. Antecedendo a abscisão, as folhas passam da coloração amarela para a cor arroxeadada. Nesse estágio, ao simples toque dos dedos, as folhas se desprendem da planta (Carvalho & Neves, 2004).

2.1.9 EXPORTAÇÃO DE N, P E K

Silva et al. (1991) analisaram os teores de N, P e K em diversas partes do umbuzeiro na fase da frutificação e concluíram que ao final dessa, as folhas continham os teores mais elevados de N (21,5 g kg⁻¹) em relação às demais partes da planta, enquanto os teores mais elevados de K (33,5 g kg⁻¹) foram determinados na polpa da túbera, sendo este último o nutriente mais exportado

(1,90 kg tonelada⁻¹ de fruto) pelo fruto por ocasião da colheita, seguido pelo N (1,19 kg por tonelada de fruto) e, em menor quantidade, pelo P (0,28 kg por tonelada de fruto).

2.2 CALAGEM

A calagem promove diminuição da acidez dos solos com insolubilização de elementos tóxicos (principalmente Al e Mn), aumento dos teores de Ca e Mg, aumento da disponibilidade de P e Mo, diminuição da disponibilidade dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn, efeitos favoráveis na microflora dos solos, favorecimento das propriedades físicas do mesmo e maior desenvolvimento radicular (Rajj, 1981).

Segundo Fonseca (2002), a literatura mundial apresenta grande número de publicações ressaltando os efeitos positivos da calagem para diversas culturas, tanto em respostas na produção quanto na absorção de nutrientes; entretanto, a autora ressalta, que nem sempre essa prática resulta em respostas evidentes em crescimento ou absorção de nutrientes devido, principalmente, às particularidades de certas espécies vegetais.

Dentre as funções do cálcio nas plantas destacam-se absorção iônica; manutenção da integridade da membrana plasmática; formação da parede celular; alongação e divisão celular, com reflexo no crescimento radicular (Marschner, 1995; Malavolta et al., 1997).

O magnésio, por ser componente das moléculas de clorofila, participa ativamente na fotossíntese, funciona também como transportador de fósforo em nível de membrana da planta e atua como ativador enzimático, sendo um cofator na maioria das enzimas que ativam as reações de fosforilação (Malavolta et al., 1997).

Premazzi (1991) observou, após realização da calagem, reduções nos teores de Cu em *Brachiaria brizantha* até o nível de 42% de saturação por bases.

Para a cultura do algodão, Silva et al. (1995) demonstraram que maiores produtividades da cv. IAC 20 somente foram observadas quando a camada de 0 – 20 cm do solo apresentava aproximadamente 60% de saturação por bases. Já Rosolem et al. (1998) verificaram que a elevação da saturação para 66,7% da CTC promoveu decréscimo no crescimento radicular da referida cultivar, atribuindo esse efeito a uma possível deficiência de Zn induzida pela calagem. Para a cultivar IAC 22, Rosolem et al. (2000) verificaram que o maior crescimento radicular ocorre em saturações por bases ao redor de 50% e é prejudicado significativamente em saturações próximas ou acima de 70%.

Ao avaliarem o comportamento de cinco cultivares de girassol sob quatro níveis de saturação por bases (20, 35, 50 e 70%) num Latossolo Vermelho, na região do Cerrado brasileiro, Amabilie et al. (2003) verificaram que o plantio dessa cultura em solos com baixos níveis de saturação por bases resulta em pequena redução do crescimento das plantas; entretanto, quando a saturação foi aumentada de 56% para 77%, o crescimento foi mais prejudicado.

Prado et al. (2004) estudaram a resposta de maracujazeiro a diferentes níveis de saturação por bases, em que utilizou como substrato um Latossolo Vermelho distrófico, e verificaram que houve aumento do pH, dos teores de Ca e Mg no solo e maior desenvolvimento das plantas até o nível de saturação de 56%. Já para o maracujazeiro doce, Fonseca (2002), estudando o efeito da calagem num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, verificou não haver influência dos níveis de saturação para o crescimento dessa planta; entretanto, o autor observou que houve aumento nos teores de Ca, Mg e S, redução nos teores de Cu, Mn e Zn na matéria seca da parte aérea, além de não haver influência sobre os teores de N, P e K.

superfície dos óxidos hidratados de Fe e Al, podendo favorecer o aumento da absorção de P pelas raízes das plantas. Caíres & Fonseca (2000) verificaram aumento na absorção de P por plantas de soja após a realização da calagem.

Um dos efeitos da calagem é a elevação do pH, o que pode afetar a disponibilidade de K no solo, por meio do aumento da CTC, pois uma maior capacidade de troca de cátions aumenta a capacidade do solo em reter K, removendo-o, assim, da solução do solo e reduzindo o potencial de perdas por lixiviação (Associação..., 1990). Ainda, Guimarães (2000) observou redução nos teores de K na matéria seca de forrageiras tropicais submetidas à calagem e atribuiu esse efeito à competição do K com o Ca e o Mg, os dois últimos introduzidos no sistema através da calagem.

Os teores foliares de Ca, Mg e S de diversas culturas vegetais geralmente são aumentados na presença de doses de calcário, obedecendo a respostas quadráticas ou lineares conforme o solo utilizado (Hernández, 1994). Num estudo de nutrição mineral da goiabeira em função da calagem num Latossolo Vermelho distrófico, Prado & Natale (2004) verificaram que houve aumento na disponibilidade e na absorção de Ca pela planta e aumento no crescimento radicular.

O aumento nos teores de S pode ser explicado pelo aumento do pH do solo, que promove a liberação de sulfatos ligados ao Fe e ao Al e, ainda, ao favorecimento da mineralização da matéria orgânica do solo, que sabidamente é fonte de S (Raij, 1991).

A redução da disponibilidade de micronutrientes, exceto o Cl e o Mo, é um fato de ocorrência generalizada, citado por diversos autores. A diminuição da acidez do solo promove a insolubilização de Cu, Fe e Zn através da formação de óxidos; o Mn trocável muda de forma e não é absorvido; o B tem sua disponibilidade aumentada até certo valor de pH, quando, então, formam-se compostos de baixa solubilidade (Malavolta, 1980; Raij, 1991).

Premazzi (1991) observou, após realização da calagem, reduções nos teores de Cu em *Brachiaria brizantha* até o nível de 42% de saturação por bases.

Para a cultura do algodão, Silva et al. (1995) demonstraram que maiores produtividades da cv. IAC 20 somente foram observadas quando a camada de 0 – 20 cm do solo apresentava aproximadamente 60% de saturação por bases. Já Rosolem et al. (1998) verificaram que a elevação da saturação para 66,7% da CTC promoveu decréscimo no crescimento radicular da referida cultivar, atribuindo esse efeito a uma possível deficiência de Zn induzida pela calagem. Para a cultivar IAC 22, Rosolem et al. (2000) verificaram que o maior crescimento radicular ocorre em saturações por bases ao redor de 50% e é prejudicado significativamente em saturações próximas ou acima de 70%.

Ao avaliarem o comportamento de cinco cultivares de girassol sob quatro níveis de saturação por bases (20, 35, 50 e 70%) num Latossolo Vermelho, na região do Cerrado brasileiro, Amabilie et al. (2003) verificaram que o plantio dessa cultura em solos com baixos níveis de saturação por bases resulta em pequena redução do crescimento das plantas; entretanto, quando a saturação foi aumentada de 56% para 77%, o crescimento foi mais prejudicado.

Prado et al. (2004) estudaram a resposta de maracujazeiro a diferentes níveis de saturação por bases, em que utilizou como substrato um Latossolo Vermelho distrófico, e verificaram que houve aumento do pH, dos teores de Ca e Mg no solo e maior desenvolvimento das plantas até o nível de saturação de 56%. Já para o maracujazeiro doce, Fonseca (2002), estudando o efeito da calagem num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, verificou não haver influência dos níveis de saturação para o crescimento dessa planta; entretanto, o autor observou que houve aumento nos teores de Ca, Mg e S, redução nos teores de Cu, Mn e Zn na matéria seca da parte aérea, além de não haver influência sobre os teores de N, P e K.

2.3 NITROGÊNIO

Dependendo da espécie da planta, do estágio de desenvolvimento e do órgão, os teores de N no tecido vegetal variam de 2% a 5% da matéria seca. Quando o suprimento de N é abaixo do nível de exigência da planta, o seu crescimento é retardado e o N das folhas mais velhas é redistribuído para as folhas mais novas (Marschner, 1995).

O N é constituinte básico da clorofila, dos aminoácidos, das proteínas e dos ácidos nucléicos. Plantas com teores de N abaixo de 1% em seus diferentes órgãos, durante seu ciclo, são consideradas deficientes nesse elemento (Marschner, 1995). Segundo Natr (1992), o decréscimo na taxa de crescimento foliar e a conseqüente redução no tamanho das folhas parecem ser o maior resultado da deficiência de N nas plantas.

O nitrogênio é absorvido do solo pelas plantas nas formas de amônio (NH_4^+) e de nitrato (NO_3^-), sendo a última forma preferencial para grande parte das culturas. A absorção de nitrato estimula a absorção de cátions, enquanto a absorção de amônio pode restringir a absorção de cátions como do Ca^{2+} , por exemplo (Marschner, 1995).

A absorção do N pela planta é afetada pelas condições ambientais (temperatura, aeração, pH do solo, atividade e outros elementos na solução, estresse hídrico e da concentração do sal na zona radicular). Também depende da espécie vegetal e do ciclo da cultura, sendo a maior absorção no estágio vegetativo (Amane, 1997).

Segundo Dias & Barros (1997), o nitrogênio aplicado ao solo pode ser absorvido pela planta, perdido no sistema solo-planta ou permanecer no solo. Em geral, 50% do nitrogênio fertilizante aplicado ao solo é absorvido pelas plantas, 25% são perdidos por diferentes caminhos e 25% permanecem no solo.

Quaggio (1992) observou respostas significativas e positivas da laranjeira à aplicação de N, tanto no Podzólico Vermelho-Amarelo (atual Argissolo) quanto no Latossolo Vermelho Escuro eutrófico (atual Latossolo Vermelho eutrófico), sendo a dose calculada para a máxima produção em ambos os solos de 220 kg ha⁻¹ de N.

Cultivando pupunheiras em solo de textura arenosa e de baixa fertilidade (Neossolo Aluvial), Bovi et al. (2002) constataram respostas positiva e significativa para as variáveis de crescimento quando adubadas com N, sendo o máximo crescimento atingido com a dose de 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N.

A resposta em crescimento e produção de plantas de pimenta-do-reino (cultivares: Bragantina, Cingapura e Guajarina) às doses de N, P e K aplicadas num Latossolo Amarelo distrófico foi estudada por Veloso et al. (2000), que concluíram que a adição de N favorece o aumento da produção de grãos, sendo as doses de 72 e 78 kg ha⁻¹ de N as indicadas para as cultivares Cingapura e Bragantina, respectivamente.

2.4 FÓSFORO

Na planta, o fósforo encontra-se em vários grupos: DNA (ácido desoxirribonucléico), RNA (ácido ribonucléico), polímeros de nucleotídeos, ésteres e Pi (fósforo inorgânico) (Malavolta et al., 1997). O requerimento de P pela planta para um crescimento ótimo está na faixa de 0,3% a 0,5% da matéria seca (Marschner, 1995).

O fósforo desempenha importante papel na respiração vegetal e no armazenamento, transporte e utilização de energia no processo fotossintético, agindo também na síntese das proteínas e no metabolismo de enzimas e sendo um elemento essencial para o metabolismo das plantas, principalmente na fase reprodutiva (Rajj, 1991).

O P, embora sendo classificado como macronutriente, tem seus teores nas plantas mais baixos que os de nitrogênio e potássio. Em quantidades adequadas, ele estimula o desenvolvimento radicular, é essencial para a boa formação da planta e incrementa a produção (Raij, 1991). Sobral et al. (2000), citando Davies & Albrigo (1994), relatam que apesar de as quantidades de P requeridas pelas plantas cítricas serem bem menores quando comparadas com as de Ca, N e K em solos tropicais, este nutriente age como fator limitante da produção. Os mesmos autores relatam que laranjeiras responderam com aumento de produção à adubação com P em Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros com teor original de P (Mehlich 1) de $1,1 \text{ mg kg}^{-1}$.

A adubação fosfatada aumentou, em média, 12% os teores de P nas folhas de maracujazeiro amarelo, sendo esses teores atingidos na dose de 72 kg ha^{-1} de P, entretanto seu teor no solo foi aumentado 35 vezes, passando de 2 mg dm^{-3} para 70 mg dm^{-3} (Borges et al., 2002).

Com o desenvolvimento da agricultura de altos insumos, o uso de fertilizantes, principalmente fosfatados, tem sido intensivo. Nos solos brasileiros, com predomínio de minerais oxidicos, onde é verificada a fixação de P, elevadas quantidades deste nutriente têm sido utilizadas nas adubações (Fernandes & Muraoka, 2002).

Devido à grande tendência de retenção de fosfato pela maioria dos solos, a maior parte do fósforo adicionado ao solo passa para a fase sólida, constituindo o P-lábil. Este é representado pelo P-adsorvido (ligado a sítios de trocas dos colóides minerais e orgânicos do solo) ou precipitado, mas em equilíbrio relativamente rápido com o P-solução, podendo ser, assim, considerado como disponível para as plantas. Já o P-não lábil é representado pelo P-precipitado em compostos insolúveis (comumente Ca, Fe e Al) ou adsorvido especificamente por sítios de troca de elevada energia, praticamente não trocáveis, ficando com o aproveitamento incerto pelas plantas. As relações existentes entre o P-não lábil

e outras formas são complexas, variáveis de solo para solo e, por isso, pouco conhecidas (Goedert & Souza, 1984).

2.5 POTÁSSIO

O potássio é absorvido na forma K^+ e é altamente móvel em todas as partes da planta, estando presente em maior abundância no citoplasma, tendo papel fundamental na regulação osmótica da célula e na ativação enzimática (Marschner, 1995; Malavolta et al., 1997). Depois do N, o potássio é o nutriente exigido em maior quantidade pelas culturas e seu teor no tecido vegetal para que a planta expresse bom crescimento e produtividade varia de 2% a 5% do peso da matéria seca (Marschner, 1995).

Andreotti et al. (2001) estudaram o efeito da adubação potássica aliada à calagem em Neossolo Quartzarênico, Latossolo Bruno e Latossolo Vermelho, sobre o desenvolvimento de plantas de milho, e verificaram o efeito do potássio na produção de grãos e no crescimento, sendo o maior crescimento detectado no Neossolo Quartzarênico. Os autores atribuíram esse efeito à menor reserva de nutrientes nesse solo, sendo que nos solos de maior CTC a resposta foi semelhante. Ainda, em menores teores de Ca e Mg no solo, a absorção de K foi maior, sendo atribuído esse efeito à competição pelos sítios de adsorção, pois em menores concentrações o Ca e o Mg são favorecidos na competição, tornando-os menos disponíveis para a absorção pelas raízes.

Para a pupunheira, cultivada em solo de textura arenosa e de baixa fertilidade (Neossolo Aluvial), Bovi et al. (2002) constataram respostas positivas e significativas para as variáveis de crescimento quando adubadas com K, sendo o máximo crescimento atingido com a dose de $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O .

Veloso et al. (2000) estudaram a resposta em crescimento e produção de plantas de pimenta-do-reino à doses de N, P e K aplicadas num Latossolo

Amarelo distrófico e concluíram que a adição de K favoreceu o aumento da produção de grãos com a aplicação de 42, 13 e 22 kg ha⁻¹ de K₂O para as cultivares Cingapura, Bragantina e Guajarina, respectivamente.

A aplicação de 285 kg ha⁻¹ de K em Latossolo Amarelo da região do Recôncavo Baiano proporcionou aumento dos teores foliares de K em plantas de maracujazeiro amarelo, atingindo, nessa dose, 29,6 g kg⁻¹ de K (Borges et al., 2002). Já Prado et al. (2004), também estudando o maracujazeiro amarelo e sua resposta em crescimento e sobre a nutrição mineral, verificaram que o maior desenvolvimento e a maior produção de matéria seca estiveram associados às doses entre 200 e 220 mg dm⁻³ de K. Nessas doses verificou-se que o teor foliar de K foi de 38,5 g kg⁻¹. Segundo os mesmos autores, o acúmulo de K na planta descreve um comportamento quadrático.

A adubação potássica proporcionou aumentos de produtividade do mamoeiro, cultivado na região de Cruz das Almas-Ba, com as doses de 40, 240, 400, 560 e 700 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo a máxima produção atingida na dose calculada de 360 kg ha⁻¹ (Oliveira & Caldas, 2004).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMABLE, R. F.; GUIMARÃES, D. P.; FARIAS NETO, A. L. Análise de crescimento de girassol em Latossolo com diferentes níveis de saturação por bases no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 2, p. 219-224, fev. 2003.
- AMANE, M. I. V. **Adubação nitrogenada e molibdica da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na zona da mata de Minas Gerais: efeito de doses, calagem e rizóbio.** 1997. 83 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA, E. C. A.; BULL, L. T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 145-150, jan./mar. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna.** Tradução de Bernardo Van Raij. Piracicaba: POTAFOS, 1990. 45 p.
- BIASI, L. A.; LIMA, M. R. de; KOLLER, O. C. Calagem e condicionantes físicos em substratos para porta-enxertos de abacateiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 16, n. 2, p. 13-17, set. 1994.
- BORGES, A. L.; CALDAS, R. C.; LIMA, A. A.; ALMEIDA, I. E. de. Efeito de doses de NPK sobre os teores de nutrientes nas folhas e no solo, e na produtividade do maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 208-213, abr. 2002.
- BOVI, M. L. A.; GODOY, G.; SPINERLING, S. H. Respostas de crescimento da pupunheira à adubação NPK. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 161-166, jan./mar. 2002.
- BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. & OLIVEIRA, C. A. V. Produtividade do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) na região semi-árida do Nordeste brasileiro: um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14., 1996, Curitiba, PR. **Resumos...** Curitiba: SBF, 1996. p. 389.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. da. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 2, p. 213-220, 2000.

CARVALHO, J. G.; NEVES, O. S. C. *Umbuzeiro (Spondias tuberosa Arr. Cam.)*. Lavras: Editora UFLA, 2004. 60 p.

CORRÊA, M. P. Umbuzeiro. In: _____. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro-RJ: Ministério da Agricultura, IBDF, 1978. v. 6, p. 336.

DIAS, L. E.; BARROS, F. N. de. **Nitrogênio**. 1ª aproximação. 1997. Monografia (Curso de Fertilidade e Manejo do Solo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FAQUIN, V.; ANDRADE, C. A. B.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, A. T.; CURI, N. Resposta do feijoeiro à aplicação de calcário em solos de várzea do Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, v. 22, n. 4, p. 651-660, out./dez. 1998.

FERNANDES, C.; MURAOKA, T. Absorção de fósforo por híbridos de milho cultivados em solo de cerrado. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.59, n.4, p.781-787, out./dez. 2002.

FERREIRA, F. R.; FERREIRA, S. A. N.; CARVALHO, J. E. U. Espécies frutíferas pouco exploradas, com potencial econômico e social para o Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 9, n. extra, p.11-12, 1987.

FONSECA, E. B. A. **Crescimento do maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Dryand) em função da calagem, classes de solo e tipos de muda**. 2002. 99 p. Tese (Doutorado em fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1993, Cruz das Almas. **Resumos...** Cruz das Almas-Ba: Embrapa/CNPMPF, 1993. p. 13-27.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 255-290.

GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; CLEMENTE, F. M. T.; GONÇALVES, S. M. Crescimento de mudas de umbuzeiro em razão da omissão de macronutrientes na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis-SC, 2004. CD-Rom.

GUERRA, P. de B. **O umbuzeiro: a civilização da seca.** Fortaleza-CE: DNOCS, 1981. p. 186-188.

GUIMARÃES, G. F. P. B. **Avaliação de quatro forrageiras tropicais cultivadas em dois solos da Ilha do Marajó-PA submetidos a crescentes saturações por bases.** 2000. 197 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queroz, Piracicaba, SP.

HERNÁNDEZ, R. J. M. **Efeito da saturação por bases, relação Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de matéria seca e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.)** 1994. 134 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queroz, Piracicaba.

LIMA, D. de A. **Imbuzeiro: plantas da caatinga.** Rio de Janeiro-RJ: Academia Brasileira de Ciências, 1989. p. 166-169.

LIMA, F. L. N.; ARAÚJO, J. E. V.; ESPINDÓLA, A. C. M. **Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.)**. Jaboticabal-SP: Funep, 2000. 29 p. (Série frutas nativas, 6)

LIMA FILHO, J. M. P. **Internal water relations of the umbu tree under semi-arid conditions.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 518-521, dez. 2001.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Piracicaba: Plantarum, 1992. 352 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba – SP: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant.** 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MENDES, B. V. **Umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): importante fruteira do semi-árido. Mossoró-RN: ESAM, 1990. 67 p. (Coleção Mosoroense, v. DLXIV).

NATR, L. Mineral nutrients: o ubiquitous stress factor for photosynthesis. *Photosynthetica*, Prague, v. 27, n. 3, p. 271-294, 1992.

OLIVEIRA, A. M. G.; CALDAS, R. C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 160-163, abr. 2004.

PIRES, I. E.; OLIVEIRA, V.R. de. **Estrutura floral e sistema reprodutivo do umbuzeiro**. Petrolina-PE: Embrapa, 1986. v.7, n. 50, p. 1-2.

PRADO, R. M.; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 10, p. 1007-1012, 2004.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. M.; BRAGHIROLI, L. F. Efeitos da aplicação de calcário no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 145-149, out. 2004.

PREMAZZI, L. M. **Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 215 p. Dissertação (Mestrado em Ciencia Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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

QUAGGIO, J. A. Conceitos modernos sobre calagem e adubação para citros no estado de São Paulo. *Laranja*, Cordeirópolis, v. 13, n. 27, p. 457-488, 1992.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba-SP: POTAFOS, 1981. 142 p.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo-SP: Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

RODRIGUES, L. A. **Crescimento e composição mineral na parte aérea e nas raízes de duas variedades de café em resposta à calagem na superfície do solo.** 1997. 89 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

ROSOLEM, C. A.; SCHIOCHET, M. A.; SOUSA, L. S.; WITACKER, J. P. T. Root growth and cotton nutrition as affected by liming and soil compaction. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, n. 1/2, p. 169-177, 1998.

SÁ, J. R.; NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; VILAS BOAS, R. C. Efeito DA omissão de B, Cu, Fe, Mn e Zn na solução nutritiva sobre o crescimento de mudas de umbuzeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, SP, 2003. CD-ROM.

SANTOS, H. Q. **Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades.** 1999. 80 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, A. Q. da; SILVA, H.; SILVA, H. M. do M.; CARDOSO, E. de A. Estado nutricional de plantas de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) e absorção de NPK pelos frutos por ocasião da colheita. **Revista brasileira de fruticultura**, Cruz das Almas, Ba, v. 13, n. 4. p. 259-263, 1991.

SILVA, C. M. M. de; PIRES, I. E.; SILVA, H. D. da. **Variação fenotípica dos frutos do umbuzeiro.** Petrolina-PE: Embrapa/CPATSA, 1980.

SILVA, E. de B.; GONÇALVES, N. P.; PINHO, P. J. de; CANUTO, R. da S. Requerimentos nutricionais do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro-RJ: UFRRJ, 2002. 1 CD-ROM.

SILVA, H.; SILVA, A. Q. da; ROQUE, M. L.; MALAVOLTA, E. Composição mineral do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF/EMPASC, 1984. v. 4, p.1129-1134.

SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; QUAGGIO, J. A. Ensaio de longa duração com calcário e cloreto de potássio na cultura do algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 353-360, 1995.

SOBRAL, L. F.; SOUZA, L. F. S.; MAGALHÃES, A. F. J.; SILVA, J. U. B.; LEAL, M. L. S. Resposta de laranjeira-pêra à adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em um Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 307-312, fev. 2000.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 754 p.

VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MALAVOLTA, E.; TAKASHI, M. Resposta de cultivares de pimenta-do-reino aos nutrientes NPK em um Latossolo Amarelo da Amazônia Oriental. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 343-347, abr./jun. 2000.

CAPÍTULO II

NUTRIÇÃO MINERAL, CRESCIMENTO E NÍVEIS CRÍTICOS FOLIARES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO EM MUDAS DE UMBUZEIRO, EM FUNÇÃO DA CALAGEM.

RESUMO

O crescimento, a nutrição mineral e os níveis críticos foliares de Ca e Mg em mudas de umbuzeiro crescidas num Latossolo Vermelho distroférico submetidas à calagem foram avaliados neste experimento. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e cinco níveis de saturação por bases (20, 40, 60, 80 e 100%), mais um tratamento adicional (solo sem calagem). A calagem foi realizada com CaCO_3 e MgCO_3 (p.a.), na relação 3:1 (Ca:Mg). Os resultados obtidos permitem verificar que a calagem favorece o crescimento das mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distroférico e que o nível de saturação por bases de 80% pode ser indicado para o cálculo da necessidade de calagem; o aumento da saturação por bases incrementa os teores de Ca, Mg e S e reduz os de N, P, K, Cu, Fe, Mn e Zn nas mudas do umbuzeiro; a ordem de acumulação dos macronutrientes na parte aérea é: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} = \text{P} > \text{S}$ e; a faixa crítica de Ca e Mg nas folhas de mudas de umbuzeiros é de 14,56 a 21,80 g kg^{-1} e 2,60 a 3,34 g kg^{-1} , respectivamente.

ABSTRACT

MINERAL NUTRITION, GROWTH AND FOLIAR CRITICAL LEVELS OF CALCIUM AND MAGNESIUM IN UMBUZEIRO SEEDLINGS, IN FUNCTION OF LIMING.

The growth, the mineral nutrition and the foliar critical levels of Ca and, Mg in umbuzeiro seedlings, grown in a dystroferric Red Latosol, submitted to liming, were evaluated in this experiment. The experimental design was completely randomized, with four replications and five base saturation levels (20, 40, 60, 80, and 100%), and additional treatment (soil without liming). The liming was realized with CaCO_3 and MgCO_3 , in the relationship 3:1 (Ca:Mg). The liming stimulate the growth of the umbuzeiro seedlings and the base saturation of 80% can be indicated as optimum level for production of umbuzeiro seedlings. The increase of the base saturation increases the contents of Ca, Mg, and S and reduces the contents of N, P, K, Cu, Fe, Mn, and Zn in the umbuzeiro seedlings. The order of macronutrients accumulation in the shoot is: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} = \text{P} > \text{S}$ and the critical levels of Ca and Mg in the leaves of umbuzeiro seedlings range of 14.56 to 21.80 g kg^{-1} and from 2.60 to 3.34 g kg^{-1} .

1 INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) pertence à família Anacardiaceae. É uma espécie xerófita, caducifólia, originária das zonas menos chuvosas da Região Nordeste do Brasil e do norte do estado de Minas Gerais. Ocupa uma área bastante significativa da região semi-árida do nordeste brasileiro e, apesar de sua distribuição ser dispersa, consagra-se como uma espécie frutífera de grande importância econômica, social e ecológica (Gondim et al., 1991).

Neves (2003a), embasado em citações de vários autores, relata a escassez de estudos sobre o umbuzeiro. Até então, apesar da importância que essa planta apresenta para os sertanejos, existem poucos trabalhos publicados, destacadamente na área da nutrição mineral.

A calagem promove a diminuição da acidez dos solos com insolubilização de elementos tóxicos (principalmente Al e Mn), aumento dos teores de Ca e Mg, aumento da disponibilidade de P e Mo, diminuição da disponibilidade dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn, efeitos favoráveis na microflora dos solos, favorecimento das propriedades físicas do mesmo e um maior desenvolvimento radicular (Raij, 1981).

A deficiência de Ca em umbuzeiro acarreta anormalidades visuais nas folhas mais novas, seguidas de murchamento das gemas terminais, com posterior morte das mesmas. Há necrose ao longo das margens das folhas, caracterizada por “queimaduras” de coloração pardo-escura e enrolada sobre si mesma, com as bordas recurvadas para cima. Com a evolução da deficiência há queda prematura das folhas. O sistema radicular do umbuzeiro crescido na ausência de Ca mostrara-se engrossado e pouco volumoso e com uma aparência esbranquiçada (Carvalho & Neves, 2004).

Quando o suprimento de Mg para o umbuzeiro é inadequado, este apresenta, nas folhas mais velhas, leve coloração amarela ao longo da nervura principal. Com o agravamento da deficiência, a clorose se expande entre as nervuras das folhas, permanecendo a região próxima da nervura principal colorida de amarelo mais intenso. Antecedendo a abscisão, as folhas passam da coloração amarela para a cor arroxeadada. Nesse estágio, ao simples toque dos dedos, as folhas se desprendem da planta (Carvalho & Neves, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, a nutrição mineral e os níveis críticos foliares de Ca e Mg em mudas de umbuzeiro cultivadas num Latossolo Vermelho distroférico, em função da calagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste, com altitude de 910 m, sendo conduzido por 150 dias (setembro de 2003 a fevereiro de 2004).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições e cinco níveis de saturação por bases (20, 40, 60, 80 e 100%), mais um tratamento adicional (solo com saturação por bases natural). A parcela foi composta por vaso com capacidade para 8 dm³, com 50 cm de altura, preenchidos com Latossolo Vermelho distroférrico, cuja caracterização química se encontra na Tabela 1, com uma planta por vaso.

Para se atingirem os níveis de saturação esperados, realizou-se o cálculo da necessidade de calagem pelo método de saturação por bases (Raij, 1981). A calagem foi realizada com CaCO₃ e MgCO₃ (p.a.), na relação 3:1 (Ca:Mg). Depois de peneirado, o solo foi misturado ao corretivo e incubado por quinze dias. Os demais nutrientes foram aplicados nas seguintes doses, em mg dm⁻³: N = 300; P = 200; K = 300; S = 60; B = 0,5; Cu = 1,5; Zn = 5,0 e Mo = 0,1. O adubo fosfatado foi incorporado ao solo após o período de incubação, numa única aplicação, utilizando como fonte o MAP. As aplicações de N e K foram parceladas em quatro vezes, sendo que, para o N, a primeira aplicação foi na forma de MAP e as demais, na forma de uréia, e o potássio foi aplicado nas formas de sulfato de potássio e cloreto de potássio.

A reposição de umidade foi feita diariamente, utilizando-se água deionizada para elevar a 60% do volume total de poros, sendo o volume a ser adicionado determinado através de pesagens dos vasos.

TABELA 1 Análise química do solo (Latossolo Vermelho distroférico) utilizado no experimento*.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S-SO ₄	V	
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmolc. dm ⁻³				dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³							%
4,9	1,2	13	0,7	0,2	0,9	7,0	3,0	1,2	47,3	4,8	1,5	0,4	8,9	13,3	

* pH em água; P, K, Fe, Zn, Mn e Cu pelo extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al pelo extrator KCl 1 N; B – extrator água quente; H + Al pelo extrator SMP e; S-SO₄ pelo extrator fosfato monocálcico em ácido acético.

As mudas para a implantação do experimento foram oriundas de sementeira, sendo o substrato utilizado para germinação a vermiculita. As sementes passaram pelo processo de quebra de dormência através de escarificação mecânica, conforme recomendação de Nascimento et al. (2000). Após 20 dias da germinação, as mudas com altura média de 9,0 cm foram transplantadas para os vasos com os tratamentos.

Foram avaliados a altura (cm) e o diâmetro do caule (mm) das plantas. Depois de colhido, o material vegetal foi separado em raiz, caule e folhas, lavado em água corrente e destilada e seco em estufa a 70°C até peso constante. A matéria seca correspondente a cada uma das partes foi pesada (g planta⁻¹), moída e, em seguida, foram realizadas as determinações químicas para os teores dos nutrientes no caule e nas folhas. Ainda, procedeu-se a contagem do número de ramos por planta.

Através do extrato nítrico-perclórico foram determinados os teores de P por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; K e Na por fotometria de chama; S por turbidimetria do sulfato de bário; N total pelo método semimicro Kjeldahl; e os teores de B, após digestão por via seca, foram determinados por colorimetria (método da curcumina) (Malavolta et al., 1997).

A partir dos teores dos nutrientes e com base na matéria seca das plantas, determinou-se o acúmulo dos elementos na parte aérea das mudas de umbuzeiro (somatório do acúmulo no caule e nas folhas).

Os níveis críticos foliares de Ca e Mg foram obtidos estimando-se o nível de saturação por bases que proporcionou a produção de 90% da matéria seca das mudas de umbuzeiro e aquele acima do ponto de máxima eficiência física que proporcionou uma redução de 10% na produção. Em seguida, esses níveis foram substituídos nas equações de regressão para os teores foliares de Ca e Mg, obtendo-se, assim, uma faixa correspondente ao nível crítico desses nutrientes.

Os dados obtidos foram submetidos à análise variância, sendo a interação níveis de saturação x adicional avaliada mediante significância do teste F; para o efeito dos níveis de saturação, realizou-se análises de regressão. As análises de variância e de regressão foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento

O resumo das análises de variância para as medidas avaliadas em função dos níveis de saturação por base encontra-se na Tabela 2. Verifica-se que o tratamento adicional diferiu significativamente dos demais tratamentos e limitou o crescimento das plantas; quando se aplicou calcário para elevação da saturação por bases para 20, 40, 60, 80 e 100%, as plantas responderam com maior crescimento. No tratamento adicional, apenas a calagem não foi realizada, sendo os nutrientes, exceto o Ca e Mg, fornecidos às plantas.

TABELA 2 Resumo das análises de variância para altura, diâmetro do caule, matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de folha (MSF) e matéria seca total (MST) de mudas de umbuzeiro, em função da calagem.

-----Quadrados médios-----							
FV	GL	Altura	Diâmetro	MSR	MSC	MSF	MST
Saturação	4	1589,72**	7,95**	72,81**	63,08**	16,62**	384,37**
Adic.xNíveis	1	13072,97**	74,58**	5,87**	276,58**	1,15**	2020,15**
Erro	18	138,71	0,92	7,80	5,25	1,56	31,46
C.V. (%)		11,69	10,29	25,97	26,03	20,58	21,88

** , ns, significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente.

A Tabela 1 ilustra a pobreza química do solo utilizado no experimento. Assim, a resposta em crescimento das mudas de umbuzeiro à calagem naquele solo era esperada, pois essa é uma prática agrônômica que proporciona melhorias na fertilidade e conseqüentemente, estímulo ao crescimento da maioria das espécies vegetais. Como o umbuzeiro tem seu centro de origem nas

regiões áridas do nordeste brasileiro, cuja maioria dos solos se caracteriza por apresentar altos níveis de saturação por bases, o menor crescimento das mudas do umbuzeiro no tratamento adicional é um indicativo da necessidade de calagem para o cultivo de umbuzeiros em solos ácidos.

Todas as medidas avaliadas apresentaram diferenças significativas em relação aos tratamentos (níveis de saturação por bases de 20, 40, 60, 80 e 100%) e com comportamento de resposta quadrático (Figura 1).

A calagem, além de promover a diminuição da acidez, eleva os teores de Ca e Mg nos solos. Esse fato ficou bem evidenciado no solo estudado quando se analisou a caracterização química antes e depois da aplicação dos tratamentos. Como era de se esperar, a adição de calcário elevou o pH, a saturação por bases, os teores de Ca e Mg e diminuiu o teor de Al, sendo que, no tratamento para elevar a saturação para 40%, o pH atingiu 5,5, não se registrando, a partir daí, a presença de Al em solução (Tabela 3).

TABELA 3 Resumo da caracterização química do horizonte A do Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf_A) utilizado no experimento, antes e depois de aplicados os tratamentos.

Nível esperado	Nível atingido	pH	Ca	Mg	Al	SB
-----V % -----						
-----cmol _c dm ⁻³ -----						
Natural(13,3)	13,3	4,9	0,7	0,2	0,9	1,0
20	19,5	5,3	1,0	0,3	0,2	1,4
40	38,9	5,5	2,1	0,7	0,0	2,9
60	58,9	5,9	3,0	1,1	0,0	4,2
80	73,2	6,3	4,4	1,3	0,0	5,8
100	82,1	6,5	4,9	1,4	0,0	6,4

No tratamento adicional (saturação por base natural do solo), o Al em solução foi tóxico ao umbuzeiro, caracterizando-se pelo baixo crescimento da

plantas, folhas pequenas e com pontos arroxeados, tendo, assim, comprometido o desenvolvimento das mudas. Esse comportamento evidencia que o umbuzeiro não é uma planta adaptada a sobreviver e produzir em solos de acidez elevada e, ainda, necessita de alta saturação por bases para expressar bom crescimento.

Segundo Quaggio (2000), a calagem favorece a liberação do P adsorvido à superfície de óxidos de Fe e Al, tornando-o disponível às plantas, sendo, portanto, mais um benefício que pode ter auxiliado o maior desenvolvimento das mudas de umbuzeiro, já que o solo utilizado no experimento tem características oxídicas.

A altura das plantas e o diâmetro do caule (Figuras 1 a,b) responderam positivamente até o nível de 91% de saturação por bases. Por o umbuzeiro se tratar de uma planta originária da região semi-árida nordestina, onde naturalmente existem solos com elevados V%, esse comportamento não é surpreendente.

A máxima produção de matéria seca (g planta^{-1}) da raiz, do caule, das folhas e total (Figura 1 c, d, e, f) foi atingida quando se elevaram os níveis de saturação (níveis calculados) para 84,0, 76,0, 79,1 e 77,0%, respectivamente. Percebe-se proximidade entre os valores atingidos para todas as variáveis, o que fortalece a indicação de um valor de saturação por bases (V_2) por volta de 80% para o cálculo da necessidade de calagem para solos quando do cultivo do umbuzeiro.

A exemplo do ocorrido com o umbuzeiro, tem-se na literatura grande número de publicações relatando os efeitos positivos da calagem para diversas espécies vegetais. Rosolem et al. (1994) e Hernández (1994), ambos estudando milho; Caires & Rosolem (2001), com amendoinzeiro; Guimarães (2000), com forrageiras tropicais; Biasi et al. (1994), com porta-enxerto de abacateiro e Neves et al. (2003b), para mudas de rosella, entre outros, observaram benefícios da elevação da saturação por bases através da calagem no desenvolvimento das

plantas estudadas, as quais apresentaram incrementos na altura, no diâmetro do caule e no peso da matéria seca total.

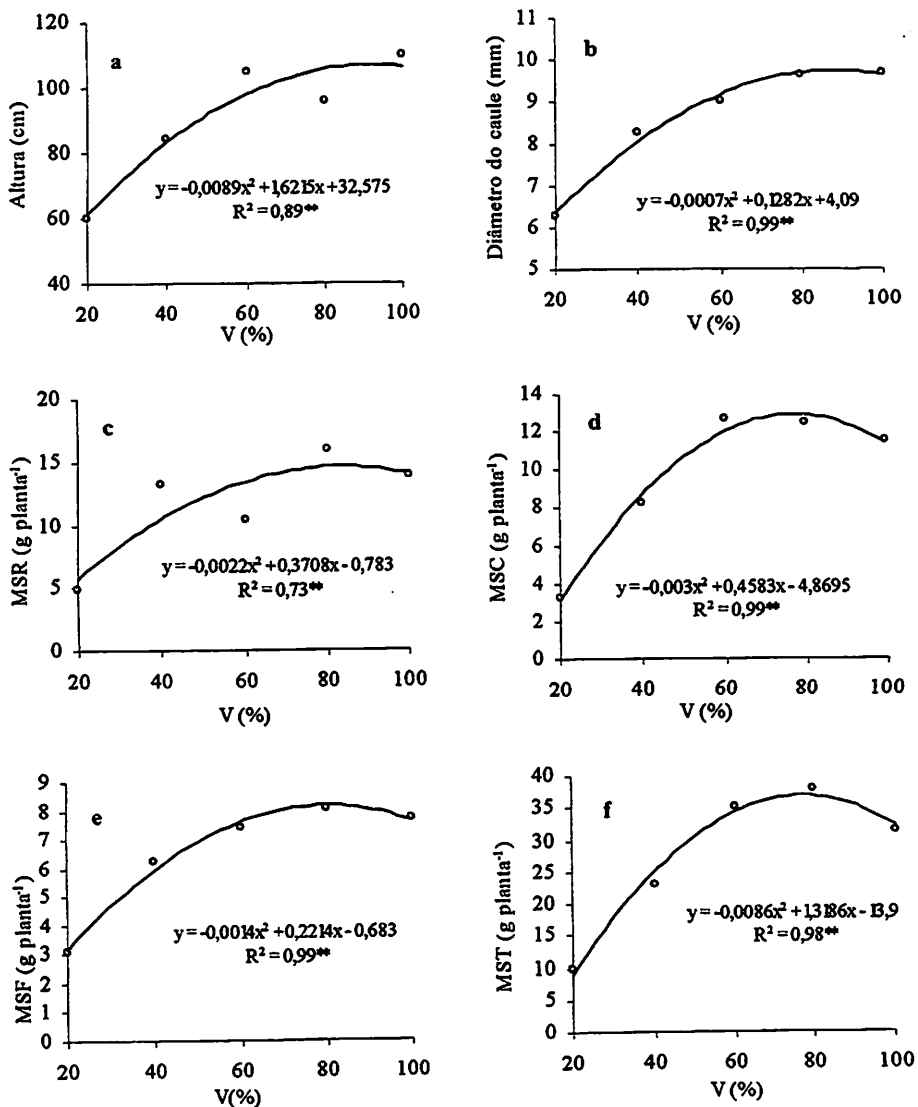


FIGURA 1 Altura (a), diâmetro do caule (b), matéria seca da raiz-MSR (c), matéria seca do caule-MSC (d), matéria seca das folhas-MSF (e) e matéria seca total-MST (f) de mudas de umbuzeiro, em função da calagem.

Todavia, nem sempre a calagem resulta em respostas evidentes em crescimento ou absorção de nutrientes, como verificado, por exemplo, por Dias et al. (1990), estudando *Acácia mangium*; Ulhôa (1997), com baru (*Dipteryx alata* Vob); Baleiro et al. (2001), com *Acacia holoresicea* e *Acacia auriculiformis*; e Fonseca (2002), estudando o crescimento vegetativo do maracujá amarelo-doce propagado por estaca.

3.2 Teores de macronutrientes

Analisando a Tabela 4, em que é apresentado o resumo das análises de variância para os teores foliares de macronutrientes no umbuzeiro, verifica-se que a calagem influenciou significativamente os teores de todos os elementos (N, P, K, Ca, Mg e S), visto que a interação adicional x níveis de saturação por bases foi significativa. Entretanto, para os teores foliares de N não se verificou efeito significativo das doses de calcário aplicadas ao solo (20, 40, 60, 80 e 100% da saturação por bases), sendo o teor foliar médio na ausência da calagem de 19,9 g kg⁻¹ (tratamento adicional), passando para uma média de 28,9 g kg⁻¹ na presença da calagem (demais tratamentos).

TABELA 4 Resumo das análises de variância para os teores de macronutrientes nas folhas de mudas de umbuzeiro, em função da calagem.

-----Quadrados médios-----							
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Saturação	4	8,9055ns	0,4181**	93,357**	57,663**	0,582**	0,207*
Adic.xNíveis	1	275,7301**	2,2944**	85,345**	548,461**	11,022**	0,482**
Erro	18	6,855972	0,0032	5,903	6,278	0,123	0,048
C.V. (%)		9,53	7,90	19,01	14,29	12,95	15,15

** , * , significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

De forma semelhante ao que ocorreu com os teores foliares dos macronutrientes, no caule, excetuando o S, os teores destes sofreram influência da calagem, sendo que o tratamento adicional diferiu dos demais tratamentos (Tabela 5). O teor médio de S observado no caule das mudas de umbuzeiro não diferiu do tratamento adicional para os demais tratamentos, sendo a média geral de 0,58 g kg⁻¹.

O S é constituinte de aminoácidos e conseqüentemente, das proteínas (Malavolta et al., 1997; Marschner, 1995). Talvez pela maior concentração de proteínas nas folhas, a adição de calcário, por facilitar maior mineralização da matéria orgânica, tenha favorecido a absorção e translocação desse elemento para essa parte da planta, diferentemente do ocorrido no caule, que apresentou teores desse elemento inferiores aos observados nas folhas.

TABELA 5 Resumo das análises de variância para os teores de macronutrientes no caule de mudas de umbuzeiro, em função da calagem.

-----Quadrados médios-----							
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Saturação	4	33,093**	3,7142**	3,6270ns	1,2944*	0,1750**	0,0273*
Adic. x Níveis	1	167,797**	4,0495**	21,0003*	3,8320**	1,1148**	0,0051ns
Erro	18	3,764861	0,2895	3,7783	0,4168	0,0329	0,0086
C.V. (%)		16,93	21,06	16,08	18,14	13,74	15,99

** , * , ns, significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente.

Como ilustrado na Figura 2 a, os teores de N no caule apresentaram redução linear com o incremento dos níveis de saturação por bases, provavelmente devido a um efeito de diluição, visto que a produção de matéria seca do caule respondeu positivamente à calagem. No tratamento adicional o

teor de N foi de $17,37 \text{ g kg}^{-1}$, superior ao verificado no tratamento em que se elevou a saturação por bases para 20%, que foi de $12,72 \text{ g kg}^{-1}$.

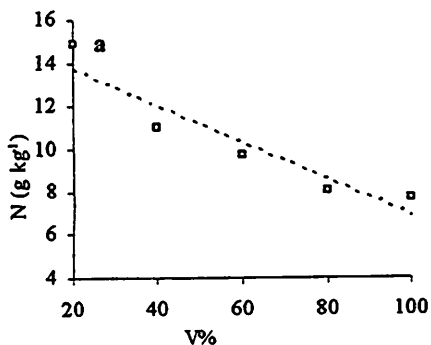
O mesmo efeito observado para os teores de N no caule foi observado para os teores de P, tanto no caule quanto nas folhas (Figura 2 b), ressaltando-se que no caule, nas doses de calcário mais baixas, os teores foram menores que os detectados nas folhas, ocorrendo inversão a partir do nível de saturação de 60%. Sabidamente a calagem favorece maior disponibilidade de P para a absorção radicular (Caires & Fonseca, 2000), além de estimular o crescimento radicular (Raij, 1991), favorecendo maior crescimento da planta. Nas mudas de umbuzeiro foi verificado aumento na matéria seca total, entretanto, os teores de P não foram aumentados com as maiores doses de calcário, o que indica efeito de diluição. Os teores de P tanto no caule ($3,38 \text{ g kg}^{-1}$) quanto nas folhas ($3,02 \text{ g kg}^{-1}$) do tratamento adicional foram superiores aos verificados nos demais tratamentos.

A adição de calcário, além de elevar o pH, do solo fornece também Ca e Mg, aumentando a disponibilidade desses nutrientes para a absorção pelas culturas (Raij, 1991). Como era de se esperar, o aumento da saturação por bases favoreceu o aumento dos teores foliares de Ca e Mg e os teores de Ca no caule das mudas de umbuzeiro (Figura 2 c, d). As respostas para os teores de Ca tanto na folha quanto no caule foram quadráticas; para os teores foliares de Mg a resposta foi linear positiva.

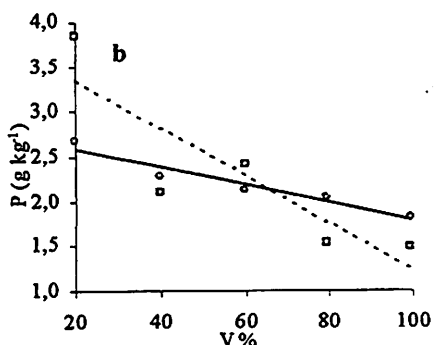
No nível de saturação por bases estimado de 81%, o teor foliar de Ca nas mudas de umbuzeiro foi de $22,52 \text{ g kg}^{-1}$, e nas plantas do tratamento adicional, apenas de $6,84 \text{ g kg}^{-1}$. Estudando umbuzeiros adultos em campo, Silva et al. (1984) verificaram teores foliares de Ca de $17,9 \text{ g kg}^{-1}$.

No caule, o maior teor de Ca ($4,25 \text{ g kg}^{-1}$) foi atingido no nível de saturação por bases de 73%, sendo esse teor 60% superior ao encontrado no tratamento adicional ($2,66 \text{ g kg}^{-1}$). O Ca é constituinte da parede celular

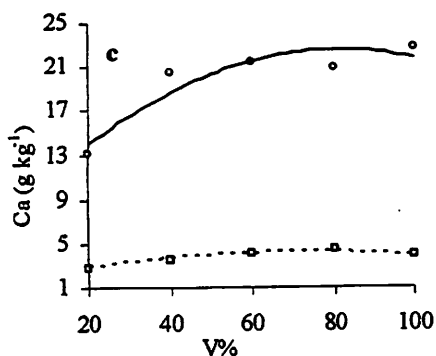
□ Caule $y = 14,440 - 0,086x$ $R^2 = 0,89^{**}$



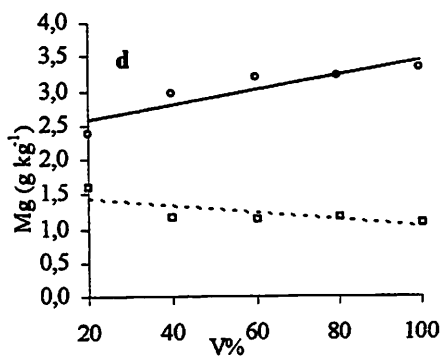
□ Caule $y = 3,865825 - 0,026471x$ $R^2 = 0,76^{**}$
 ○ Folha $y = 2,7789 - 0,009868x$ $R^2 = 0,93^{**}$



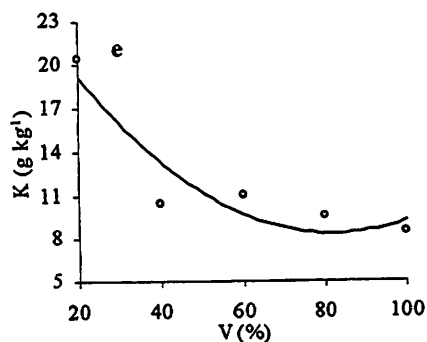
□ Caule $y = 1,55005 + 0,073008x - 0,000498x^2$ $R^2 = 0,99^{**}$
 ○ Folha $y = 7,4397 + 0,371238x - 0,002283x^2$ $R^2 = 0,86^*$



□ Caule $y = 1,533375 - 0,0055174x$ $R^2 = 0,61^*$
 ○ Folha $y = 2,360725 + 0,010866x$ $R^2 = 0,81^{**}$



○ Folha $y = 27,33 - 0,46275x + 0,002813x^2$ $R^2 = 0,86^{**}$



○ Folha $y = 1,084225 + 0,006479x$ $R^2 = 0,81^{**}$

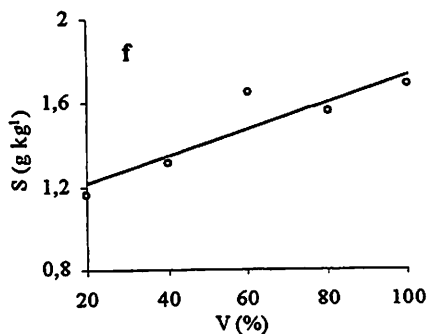


FIGURA 2 Teores de macronutrientes nas folhas e no caule de mudas de umbuzeiros crescidas em Latossolo Vermelho distroférrico, em função da calagem.

(Marschner, 1995); assim, para um maior crescimento da planta são necessárias maiores quantidades de Ca disponíveis para a absorção, independentemente da parte da planta (raiz, caule, folha, flor, fruto).

O Mg tem sua principal função na planta no processo de fotossíntese (Guimarães, 2000). Um maior desenvolvimento das plantas requer maiores taxas fotossintéticas, culminando numa maior exigência em Mg. A calagem aumentou a disponibilidade de Mg para a absorção, proporcionando aumento nos teores foliares de Mg de forma linear positiva. Os teores de Mg no caule reduziram de forma linear com o aumento das doses de calcário, não acompanhando o mesmo comportamento da matéria seca do caule.

A prática da calagem aumenta os teores de Ca e Mg no solo, alterando as relações entre os nutrientes. Segundo Malavolta et al. (1997), a absorção de um dado elemento pode ser influenciada pela presença de outro, podendo ocorrer efeito antagônico, inibitório ou sinérgico. Em relação ao K, provavelmente ocorreu inibição competitiva durante o processo de absorção, pois os teores foliares desse nutriente foram reduzidos de forma significativa com o aumento das doses de calcário (Figura 2 e). Segundo Malavolta et al. (1997), a absorção de K é favorecida na presença de Ca, entretanto, em concentração altas de Ca a absorção de K é inibida.

Como discutido anteriormente, o S é constituinte das proteínas e a calagem favorece sua maior disponibilidade às plantas (mineralização da matéria orgânica). O aumento das doses de calcário favoreceu o aumento dos teores de S nas folhas das mudas do umbuzeiro de forma linear (Figura 2 f). No tratamento adicional o teor de S foliar foi de $1,09 \text{ g kg}^{-1}$, passando para $1,21 \text{ g kg}^{-1}$ no nível de saturação por bases calculado de 20% e para $1,70 \text{ g kg}^{-1}$ no nível de 100%, o que representa um incremento no teor foliar de S do nível de saturação de 20% para 100% da ordem de 40%.

3.3 Teores de micronutrientes

Nas Tabelas 6 e 7 estão apresentadas os resumos das análises de variância para os teores dos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) nas folhas e no caule de mudas de umbuzeiro, respectivamente. O tratamento adicional diferiu significativamente dos demais tratamentos para os teores foliares de B, Cu, Fe e Zn e no caule para os teores de B, Cu, Fe e Mn, não diferindo para os teores de Mn nas folhas e os de Zn no caule.

TABELA 6 Resumo das análises de variância para os teores foliares de B, Cu, Fe, Mn e Zn em mudas de umbuzeiro, em função da calagem.

FV	GL	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C.V. (%)
Saturação	4	114,6607ns	75,953*	245,23ns	7622,64**	746,165**	17,15
Adic x Níveis	1	1027,029**	628,24**	4233,9**	595,678ns	1049,56**	46,27
Erro	18	68,54923	19,527	130,406	912,705	47,575	15,52
-----Quadrados médios-----							
** , * ns, significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente.							

TABELA 7 Resumo das análises de variância para os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn no caule de mudas de umbuzeiro, em função da calagem.

FV	GL	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C.V. (%)
Saturação	4	1,5100ns	6,8128**	1451,36**	19770,3**	1607,47**	21,52
Adic x Níveis	1	182,6034**	14,3175**	4468,62**	23261,7**	236,91ns	41,4
Erro	18	1,750905	1,3325	190,621	677,789	142,062	32,08
-----Quadrados médios-----							
** , * ns, significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente.							

O teor foliar médio de Mn quantificado nas mudas de umbuzeiro foi de 185,00 mg kg⁻¹, sendo aproximadamente seis vezes superior ao encontrado por Silva et al. (1984) em umbuzeiros adultos em campo, que foi de 32,00 mg kg⁻¹. Já o teor médio de Zn no caule foi de 28,84 mg kg⁻¹.

Os teores de B do tratamento adicional, tanto nas folhas quanto no caule, diferiram significativamente dos demais tratamentos; entretanto, dentro dos tratamentos (20, 40, 60, 80 e 100%) não foram verificadas diferenças nos teores de B. No tratamento adicional os teores de B foram de 62,92 e 4,42 mg kg⁻¹, respectivamente para as folhas e para o caule, enquanto os teores médios dos demais tratamentos para folhas e caule foram de 45,63 e 11,83 mg kg⁻¹, respectivamente. Verifica-se que o aumento dos níveis de saturação por bases proporcionou um incremento nos teores de B no caule e uma redução nas folhas. Guimarães (2000) elevou a saturação por bases do solo arenoso de 11% para 34, 49, 64, 79 e 94% e a do solo muito argiloso, de 15% para 37, 51, 65, 79 e 93%, e verificou que houve um aumento nos teores B na parte aérea de várias forrageiras e uma diminuição nos teores de Fe, Mn e Zn.

Corroborando o autor citado anteriormente, os teores de Fe (caule), Mn (caule) e Zn (folha) sofreram reduções com o aumento da saturação por bases no Latossolo Vermelho distroférico (Figura 3 b, c, d). Segundo Raij (1991), a calagem promove a diminuição da disponibilidade no solo dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn. Com reflexo da menor disponibilidade destes nutrientes, as mudas de umbuzeiro apresentaram menores teores em suas partes (folha e caule).

Também os teores de Cu tiveram uma redução com o aumento da saturação por bases (Figura 3 a) tanto para as folhas quanto para o caule, sendo o comportamento de reposta quadrático para as folhas e linear para o caule. Observa-se que os teores foliares de Cu nas primeiras doses de calcário foram

aproximadamente duas vezes maiores que aqueles encontrados no caule e que, a partir do nível de saturação de 60%, essa diferença deixou de existir.

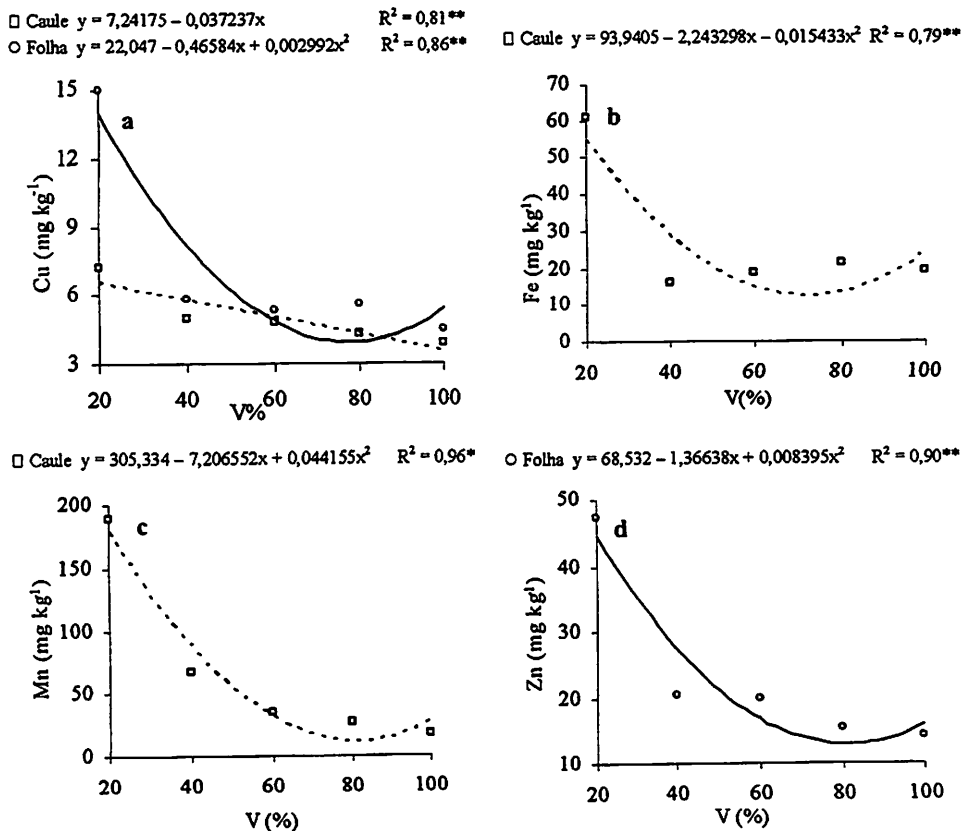


FIGURA 3 Teores de micronutrientes nas folhas e no caule de mudas de umbuzeiros crescidas em Latossolo Vermelho distroférico, em função da calagem.

Estudando o efeito da elevação da saturação por bases sobre o crescimento e nutrição mineral do maracujazeiro doce, Fonseca (2002) verificou uma redução dos teores de B, Cu, Mn e Zn, concordando com os resultados obtidos para o umbuzeiro neste trabalho.

3.4 Acúmulo de nutrientes na parte aérea

O acúmulo de macronutrientes e de micronutrientes na parte aérea das mudas de umbuzeiro foi significativamente diferente quando se comparou o tratamento adicional com aqueles que receberam a calagem (Tabelas 8 e 9). Esse efeito deve-se principalmente à maior produção de matéria seca do caule e das folhas das plantas nos tratamentos que tiveram a saturação por bases aumentada, pois com as maiores doses de calcário, os teores foliares de Ca, Mg e S e os teores de Ca no caule foram aumentados.

TABELA 8 Resumo das análises de variância para o acúmulo de macronutrientes na parte aérea de mudas de umbuzeiro, em função da calagem.

-----Quadrados médios-----							
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Saturação	4	0,0272**	0,000344**	0,01285**	0,02088**	0,000535**	0,00016**
Adic. x Níveis	1	0,2175**	0,002775**	0,09979**	0,08942**	0,002891**	0,00068**
Erro	18	0,002685	0,00006	0,00164	0,000875	0,000039	0,000017
C.V. (%)		22,04	27,74	25,14	20,71	23,81	31,48

** , * , ns, significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente.

TABELA 9 Resumo das análises de variância para o acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea de mudas de umbuzeiro, em função da calagem.

-----Quadrados médios-----						
FV	GL	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Saturação	4	0,097528**	0,000877ns	0,094158ns	0,828826**	0,004178ns
Adic. x Níveis	1	0,44078**	0,013409**	0,953834**	6,412563**	0,259628**
Erro	18	0,011736	0,000376	0,032951	0,094024	0,005182
C.V. (%)		30,66	26,72	32,75	22,52	25,55

** , * , ns, significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente.

Os acúmulos de Cu, Fe e Zn na parte aérea de mudas de umbuzeiro no tratamento adicional foram de 0,020, 0,108 e 0,049 mg planta⁻¹, respectivamente. Já a média dos demais tratamentos foi de 0,083, 0,643 e 0,328 mg planta⁻¹, respectivamente para Cu, Fe e Zn, o que representa, em termos percentuais, um incremento no acúmulo de 310% para o Cu, 500% para o Fe e 570% para o Zn. Observa-se, na Figura 3, que com o aumento dos níveis de saturação por bases no solo, os teores desses nutrientes nas mudas de umbuzeiro sofreram reduções; já a matéria seca (Figura 1) obteve aumento significativo, o que indica que o incremento no acúmulo de Cu, Fe e Zn deveu-se basicamente à produção de matéria seca.

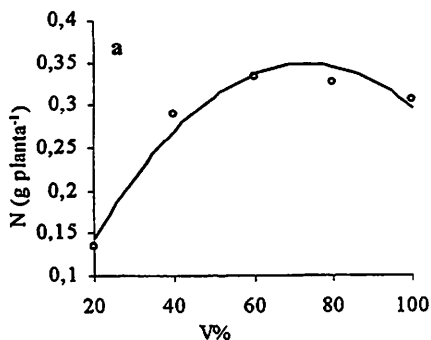
O acúmulo máximo de N na parte aérea das mudas de umbuzeiro foi obtido com o nível de saturação por bases de 73%, correspondendo a 0,347 g planta⁻¹; a partir desse nível o acúmulo teve uma redução, o que caracteriza uma resposta quadrática (Figura 4 a).

O comportamento observado para o acúmulo de N foi o mesmo verificado para os acúmulos de P, K, Ca e Mg, ou seja, nas menores doses de calcário o acúmulo desses nutrientes foi baixo, aumentando até os níveis estimados de 67, 78, 81 e 79% de saturação por bases, respectivamente, e a partir desses níveis passaram a decrescer (Figura 4 a b, c).

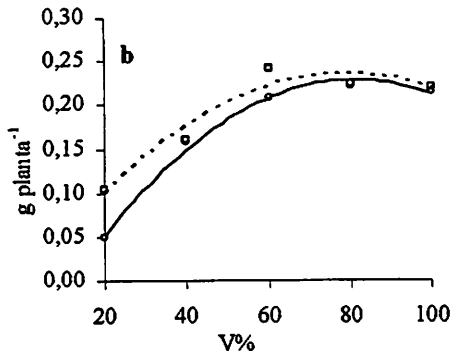
Para o acúmulo de S (Figura 4 d) a resposta foi linear positiva, demonstrando que o aumento dos teores foliares (Figura 2 f) com o fornecimento de maiores doses de calcário ao solo influenciou significativamente esse acúmulo, já que a produção de matéria seca teve seu pico no nível calculado de saturação por bases de 80%.

No tratamento adicional a ordem de acúmulo para os macronutrientes na parte aérea das mudas de umbuzeiro foi N > K > Ca > P > Mg > S, correspondendo, em g planta⁻¹, a 0,022, 0,017, 0,006, 0,004, 0,002 e 0,001, respectivamente. Já para nos tratamentos sob influência das doses de calcário, na

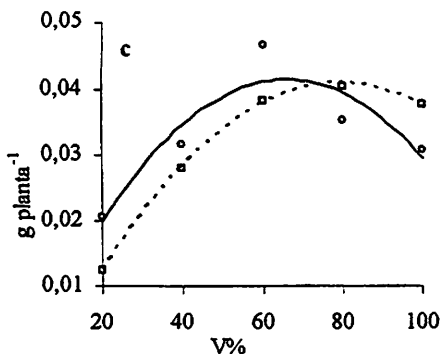
○ N $y = -0,03815 + 0,010537x - 0,000072x^2$ $R^2 = 0,96^{**}$



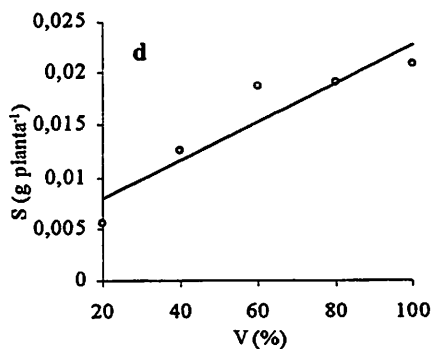
□ K $y = -0,00726 + 0,006134x - 0,000039x^2$ $R^2 = 0,94^*$
 ○ Ca $y = -0,08133 + 0,00766x - 0,000047x^2$ $R^2 = 0,99^{**}$



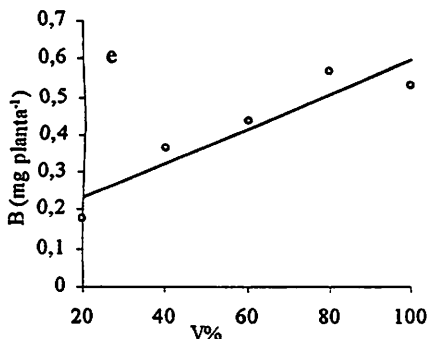
□ Mg $y = -0,01005 + 0,001279x - 0,000008x^2$ $R^2 = 0,99^{**}$
 ○ P $y = -0,002655 + 0,001336x - 0,00001x^2$ $R^2 = 0,83^{**}$



○ S $y = 0,004333 + 0,000184x$ $R^2 = 0,86^{**}$



○ B $y = 0,13919 + 0,00458x$ $R^2 = 0,86^{**}$



○ Mn $y = 0,0603 + 0,068892x - 0,000591x^2$ $R^2 = 0,96^{**}$

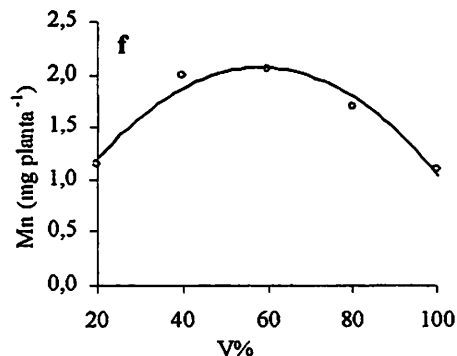


FIGURA 4 Acúmulo de nutrientes na parte aérea de mudas de umbuzeiros crescidas em Latossolo Vermelho distroférico, em função da calagem.

dose de máxima produção de matéria seca, a ordem foi $N > Ca > K > Mg = P > S$, correspondendo a 0,347, 0,277, 0,234, 0,042, 0,042 e 0,022 g planta⁻¹, respectivamente. É importante salientar que no caso do S utilizou-se a máxima dose testada (100%), pois seu acúmulo foi linear positivo. Era de se esperar que com o aumento dos teores de Ca e Mg no solo, como apresentado na Tabela 3, as mudas de umbuzeiro apresentassem maior absorção destes pelas raízes e, conseqüentemente, maior translocação para a parte aérea; isso justifica a mudança na ordem de acumulação de macronutrientes apresentada do tratamento adicional para os demais tratamentos.

Em trabalho com omissão de macronutrientes em solução nutritiva realizado na UFLA, Gonçalves et al. (2004) constataram que, em ordem decrescente, os macronutrientes que mais limitaram a produção de matéria seca do umbuzeiro foram $Ca > N > K > Mg > S > P$. Em relação à acumulação de macronutrientes por umbuzeiros crescidos em solução nutritiva, Neves et al. (2004) constataram a seguinte ordem: $N > K > Ca > P > S > Mg$, semelhante à observada no tratamento adicional, diferindo apenas em relação ao Mg e ao S.

Nesse estudo verificou-se que o Ca foi o nutriente que mais obteve ganho em acumulação, sendo a máxima acumulação 46,1 vezes maior do que aquele acumulado no tratamento adicional, constituindo no maior ganho entre os macronutrientes. Os demais ganhos foram de 22,0 vezes para o S; 21,0 vezes para o Mg; 15,8 vezes para o N; 13,8 vezes para o K e 10,5 vezes para o P.

Apesar de serem estudos diferenciados, ambos apontam para uma alta exigência do umbuzeiro a Ca e uma menor exigência em P.

Os acúmulos de B e Mn (Figura 4 e, f) tiveram comportamentos de respostas diferentes; ou seja, o primeiro respondeu linear e positivamente ao aumento das doses de calcário e o segundo, de forma quadrática, com a máxima acumulação (2,07 mg planta⁻¹) sendo atingida no nível de saturação por bases de 58%.

3.5 Níveis críticos foliares de Ca e Mg

Como definido por Fritz (1976), citado por Santos (1999), o nível crítico ou concentração crítica de um nutriente na planta ou no solo pode ser considerado como a concentração abaixo da qual existe probabilidade de resposta da planta à sua adição no solo. Na realidade, o nível crítico refere-se a uma faixa e não a um ponto, e nessa faixa, encontram-se os teores desejáveis dos nutrientes para se obter a máxima produção econômica.

Como ilustrado na Figura 5, os níveis críticos foliares de Ca e Mg nas mudas de umbuzeiro foram de 14,46 a 21,80 g kg⁻¹ para o Ca e de 2,60 a 3,34 g kg⁻¹ para o Mg.

Valores abaixo de 14,46 g kg⁻¹ de Ca nas folhas dos umbuzeiros na fase de muda podem ser considerados baixos e, acima de 21,80, g kg⁻¹ podem ser considerados altos, o que pode indicar em deficiência ou excesso desse nutriente.

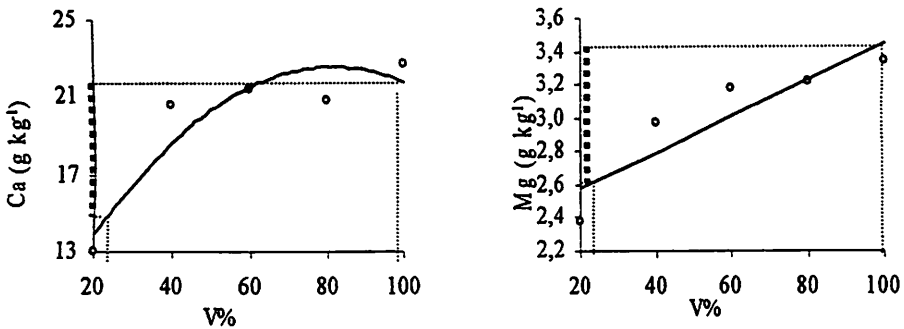


FIGURA 5 Níveis críticos foliares de Ca e Mg em mudas de umbuzeiro.

Para os níveis críticos de Mg nas mudas de umbuzeiro, teores foliares abaixo de $2,60 \text{ g kg}^{-1}$ e acima de $3,34 \text{ g kg}^{-1}$ foram os que limitaram a produção de matéria seca, indicando que pode ter havido deficiência e excesso de Mg, respectivamente.

Silva et al. (1984) encontraram teores foliares de Ca em umbuzeiros adultos, em campo, de $17,9 \text{ g kg}^{-1}$ e Mg de $3,1 \text{ g kg}^{-1}$, estando esses valores contidos dentro dos intervalos determinados nesse experimento. Neves et al. (2004), em experimento com umbuzeiros submetidos a níveis de salinidade, em solução nutritiva, verificaram que na dose de máxima produção de matéria seca o teor foliar de Mg foi de $2,13 \text{ g kg}^{-1}$, já para o teor de Ca não houve diferença significativa.

4 CONCLUSÕES

A calagem favorece o crescimento das mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distroférico, sendo que o nível de saturação por bases (V_2) de 80% pode ser indicado para o cálculo da necessidade de calagem.

O aumento do nível de saturação por bases incrementa os teores de Ca, Mg e S e reduz os de N, P, K, Cu, Fe, Mn e Zn nas mudas de umbuzeiro.

A ordem de acumulação dos macronutrientes na dose de máxima produção de matéria seca é $N > Ca > K > Mg = P > S$.

As faixas críticas de Ca e Mg nas folhas de mudas de umbuzeiros são de 14,56 a 21,80 g kg⁻¹ e 2,60 a 3,34 g kg⁻¹, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALEIRO, F. de; OLIVEIRA, I. G. de; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acácia holosericea* e *Acácia auriculiformis*: resposta a calagem, fósforo, potássio e enxofre. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 25, n.2, p. 183-191, abr./jun. 2001.

BIASI, L. A.; LIMA, M. R. de; KOLLER, O. C. Calagem e condicionantes físicos em substratos para porta-enxertos de abacateiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 16, n. 2, p. 13-17, set. 1994.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. da. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 2, p. 213-220, 2000.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Correção da acidez do solo e do desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. *Bragantia*, Campinas, v. 57, n. 1, p. 175-178, 2001.

CARVALHO, J. G.; NEVES, O. S. C. *Umbuzeiro (Spondias tuberosa* Arr. Cam.). Lavras: Editora UFLA, 2004. 60 p.

DIAS, L. E.; ALVAREZ, V. H.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium*. I. Resposta a calcário e fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO FLORESTAL, 6., 1990. Campos do Jordão. *Anais... Campos do Jordão*: SBCS/SBEF, 1990. p. 449-453.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. *Anais... São Carlos*: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FONSECA, E. B. A. **Crescimento do maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Dryand) em função da calagem, classes de solo e tipos de muda.** 2002. 99 p. Tese (Doutorado em fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; CLEMENTE, F. M. T.; GONÇALVES, S. M. Crescimento de mudas de umbuzeiro em razão da omissão de macronutrientes na solução nutritiva. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...**
Florianópolis-SC, 2004. 1 CD-ROM.

GONDIM, T. M. S.; SILVA, H.; SILVA, A. Q.; CARDOSO, E. A. Período de ocorrência de formação de xilopódios em plantas de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) propagadas sexualmente e assexuadamente. A. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 33-38, out. 1991.

GUIMARÃES, G. F. P. B. **Avaliação de quatro forrageiras tropicais cultivadas em dois solos da Ilha do Marajó-PA submetidos a crescentes saturações por bases**. 2000. 197 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

HERNÁNDEZ, R. J. M. **Efeito da saturação por bases, relação Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de matéria seca e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.)** 1994. 134 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba – SP: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

NASCIMENTO, C. E. de S.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de. **Produção de mudas enxertadas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda)**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 2000. 13 p. (Embrapa Semi-árido. Circular técnica ; n. 48).

NEVES, O. S. C. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), em solução nutritiva, em função de níveis de salinidade**. 2003a. 70 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG.

NEVES, O. S. C.; SÁ, J. R.; CARVALHO, J. G.; VILAS BOAS, R. C. Determinação do nível de saturação por bases ótimo para o crescimento de mudas de rosella. In: CONGRESSO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 12., 2003 Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003b. 1 CD-ROM.

- NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; RODRIGUES, C. R. Crescimento e nutrição mineral de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) submetidas a níveis de salinidade em solução nutritiva. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 997-1006, set./out. 2004.
- QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: IAC, 2000. 111 p.
- RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba-SP: POTAFOS, 1981. 142 p.
- RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo-SP: Ceres/Potafos, 1991. 343 p.
- ROSOLEM, C. A.; VALE, L. S. R.; GRASSI FILHO, H. MORAES, M. H. de. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 491-497, set./dez. 1994.
- SANTOS, H. Q. **Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades**. 1999. 80 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SILVA, H.; SILVA, A. Q. da; ROQUE, M. L.; MALAVOLTA, E. Composição mineral do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF/EMPASC, 1984. v. 4, p.1129-1134.
- ULHÔA, M. L. **Efeito da calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial e nutrição do baru (*Dipteryx alata* Vog.), fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpun* St. Hil)**. 1997. 17 p. Dissertação (Mestrado em produção florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAPÍTULO III

NUTRIÇÃO MINERAL, CRESCIMENTO E NÍVEL CRÍTICO FOLIAR DE NITROGÊNIO EM MUDAS DE UMBUZEIRO, EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO.

RESUMO

O crescimento, a nutrição mineral e o nível crítico foliar de N em mudas de umbuzeiro, submetidas a doses de nitrogênio foram avaliados neste experimento. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e seis doses de nitrogênio (0, 35, 70, 140, 280 e 560 mg dm⁻³ de N). A adubação nitrogenada foi parcelada em quatro aplicações, sendo as fontes de N utilizadas a uréia e o sulfato de amônio. Os resultados obtidos permitem verificar que a dose de 286 mg dm⁻³ de N é a que proporciona maior produção de matéria seca de mudas de umbuzeiro e que, mesmo quando bem nutrido em N, o umbuzeiro investe mais na formação do sistema radicular do que na parte aérea. Na dose de maior produção de matéria seca, a ordem de acúmulo dos macronutrientes é N > Ca > K > Mg > P > S. A faixa crítica dos teores de N nas folhas das mudas do umbuzeiro é de 25,72 a 29,48 g kg⁻¹.

ABSTRACT

MINERAL NUTRITION, GROWTH AND FOLIAR CRITICAL LEVEL OF NITROGEN IN UMBUZEIRO SEEDLINGS, IN FUNCTION OF NITROGEN DOSES.

The growth, the mineral nutrition and the foliar critical levels of Ca and Mg in umbuzeiro seedlings, grown in a distroferic Red Latosol, submitted to nitrogen doses, were evaluated in this experiment. The experimental design was randomized blocks, with four replications and six doses of N (0, 35, 70, 140, 280, and 560 mg dm⁻³). The nitrogen fertilization was parceled in four applications, using the urea and the ammonium sulfate. The dose of 286 mg dm⁻³ of N provides highest production of dry matter in umbuzeiro seedlings and even when well nurtured in N, the umbuzeiro accumulate more organic matter in the root than shoot. In the dose of highest production of dry matter the order of macronutrients accumulation is: N > Ca > K > Mg > P > S. The critical level of the content of N in the leaves of the umbuzeiro seedlings range from 25.72 to 29.48 g kg⁻¹.

1 INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) é uma frutífera adaptada a sobreviver e produzir sob condição de estresse hídrico. Apesar de sua distribuição ser dispersa, consagra-se como uma espécie frutífera de grande importância econômica, social e ecológica para o semi-árido nordestino (Silva et al., 1987). A comercialização dos frutos, colhidos de forma extrativista, representa uma fonte de renda importante para muitas famílias nordestinas, chegando a contribuir com até a metade da renda média anual das mesmas (Gondim et al., 1991). Assim, pode-se pensar no umbuzeiro como uma alternativa viável para o desenvolvimento agrícola da região semi-árida do Nordeste do Brasil.

Neves (2003), embasado em citações de vários autores, relata a escassez de estudos sobre o umbuzeiro. Até então, apesar da importância que essa planta apresenta para os sertanejos, existem poucos trabalhos publicados, destacadamente na área da nutrição mineral.

A eficiência da adubação nitrogenada depende de fatores genéticos das plantas, da fertilidade do solo, do controle das perdas, da localização e, sobretudo, da dose a ser aplicada (Malavolta et al., 1997). Doses excessivas podem ocasionar superbrotamento, levando a planta ao tombamento, além de interferir na pressão osmótica da solução do solo.

A deficiência de N nas plantas de umbuzeiro ocasiona às folhas mais velhas a perda gradual da tonalidade verde-escura, passando para verde-pálido, com posterior amarelecimento, distribuído uniformemente. Com a intensificação da deficiência toda a planta se torna amarelecida, apresentando um reduzido crescimento, as folhas perdem o brilho e ocorre queda prematura das mesmas (Carvalho & Neves, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, a nutrição mineral e o nível crítico foliar de N em mudas de umbuzeiro cultivadas num Latossolo Vermelho distroférico, em função da adubação nitrogenada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação da área experimental do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste, com altitude de 910 m, sendo conduzido de julho de 2004 a fevereiro de 2005.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e seis doses de N (0, 35, 70, 140, 280 e 560 mg dm⁻³). O N foi fornecido parceladamente, em quatro aplicações, na forma de uréia e sulfato de amônio. A parcela foi composta por vaso com capacidade para 8 dm³, com altura de 50 cm, preenchidos com amostras do horizonte A de um Latossolo Vermelho distroférico, cuja caracterização química se encontra na Tabela 1, com uma planta por vaso.

A calagem foi feita com CaCO₃ e MgCO₃ (p.a.), na relação 3:1 (Ca:Mg), visando a elevação da saturação por bases a 80% (Neves et al., 2004). Depois de peneirado, o solo foi misturado ao corretivo e incubado por quinze dias. A adubação complementar, em mg dm⁻³, incluindo o S adicionado na adubação nitrogenada, foi a seguinte: P = 200; K = 300; S = 60; B = 0,5; Cu = 1,5; Zn = 5,0 e Mo = 0,1.

TABELA 1 Análise química do solo (Latosolo Vermelho distroférico) utilizado no experimento*.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S-SO ₄	V
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmolc. dm ⁻³				dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³						%
4,9	1,2	13	0,7	0,2	0,9	7,0	3,0	1,2	47,3	4,8	1,5	0,4	8,9	13,3

* pH em água; P, K, Fe, Zn, Mn e Cu pelo extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al pelo extrator KCl 1 N; B – extrator água quente; H + Al pelo extrator SMP e; S-SO₄ pelo extrator fosfato monocálcico em ácido acético.

A reposição de umidade foi feita diariamente, utilizando-se água deionizada para elevar a 60% do volume total de poros, sendo o volume a ser adicionado determinado através de pesagens dos vasos.

As sementes passaram pelo processo de quebra de dormência através de escarificação mecânica, conforme recomendação de Nascimento et al. (2000), e foram germinadas em vermiculita. Após 20 dias da emergência, as mudas com altura média de 9,5 cm foram transplantadas para vasos com os tratamentos.

Ao final do experimento foram avaliados a altura (cm) e o diâmetro do caule (mm); depois de colhido, o material vegetal foi separado em raízes, caule e folhas, lavado em água corrente e destilada, seco em estufa a 70°C até peso constante e a matéria seca correspondente a cada uma das partes foi pesada ($g\ planta^{-1}$), moída; em seguida, foram realizadas as determinações químicas para os teores dos nutrientes no caule e nas folhas. Ainda, calculou-se a relação parte aérea / raiz.

Através do extrato nítrico-perclórico foram determinados os teores de P por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; K e Na por fotometria de chama; S por turbidimetria do sulfato de bário; N total pelo método semimicro Kjeldahl; e os teores de B, após digestão por via seca, foram determinados por colorimetria (método da curcumina) (Malavolta et al., 1997).

A partir dos teores dos nutrientes e com base na matéria seca das plantas, calculou-se o acúmulo dos elementos na parte aérea das mudas de umbuzeiro (somatório do acúmulo no caule e nas folhas).

Os dados obtidos foram submetidos à análise variância mediante significância do teste F e, quando significativos, realizaram-se análises de regressão. As análises de variância e de regressão foram feitas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

O nível crítico foliar de N foi obtido estimando-se a dose de N aplicada ao solo que proporcionou a produção de 90% da matéria seca das mudas de umbuzeiro e aquela acima do ponto de máxima eficiência física que proporcionou uma redução de 10% na produção. Em seguida, essas doses foram substituídas na equação de regressão para os teores foliares N, obtendo-se, assim, uma faixa correspondente ao nível crítico desse nutriente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

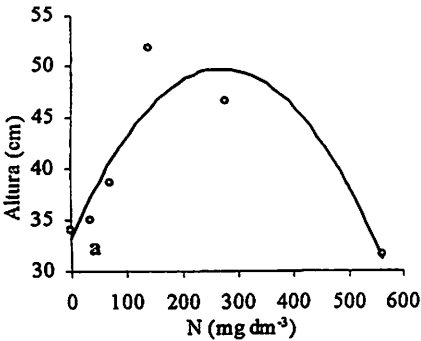
3.1 Crescimento

No tratamento com 0 mg dm^{-3} de N, a única fonte de N disponível para as plantas foi a matéria orgânica natural do solo. Quando se aplicou N ao solo as plantas responderam significativamente em altura e acúmulo de matéria seca de raiz, caule, folha e total; entretanto, não foram detectadas diferenças para as variáveis diâmetro do caule e relação parte aérea / raiz.

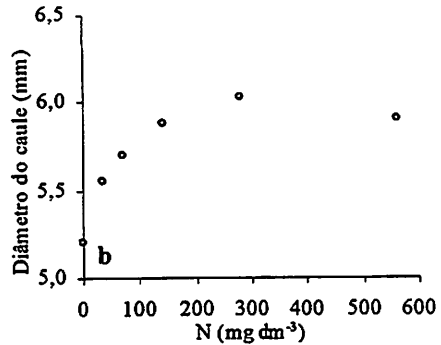
Quando o fornecimento de N para a planta é abaixo do seu nível de exigência, o crescimento da mesma é retardado (Marschner, 1995). Para as mudas de umbuzeiro, verificou-se que nas menores doses de N aplicadas ao solo as plantas apresentaram crescimento reduzido e amarelecimento das folhas mais velhas, sintomas idênticos aos descritos por Carvalho & Neves (2004) para umbuzeiros deficientes em N. Quando se elevaram as doses de N as mudas responderam com um maior crescimento, entretanto, nas doses mais altas aplicadas ao solo, as plantas apresentaram menor crescimento, retratando comportamento de resposta quadrático (Figura 1).

Na dose estimada de 272 mg dm^{-3} de N foi obtida a máxima altura (49,68 cm) das mudas do umbuzeiro (Figura 1 a). O diâmetro do caule não sofreu influência das doses de N aplicadas ao solo, não sendo detectadas diferenças significativas. O diâmetro médio do caule foi de 5,71 mm. Malavolta et al. (1997) relatam que plantas bem nutridas em N apresentam elevado crescimento e produção e seu excesso pode ocasionar estiolamento. No caso do umbuzeiro, as plantas adubadas com N cresceram verticalmente (altura), mas o aumento em espessura do caule foi reduzido. É importante salientar que no solo utilizado no experimento foi realizada a calagem, o que favoreceu, provavelmente, a mineralização da matéria orgânica natural do solo.

$$y = 33,235 + 0,120883x - 0,000222x^2 \quad R^2 = 0,83^{**}$$

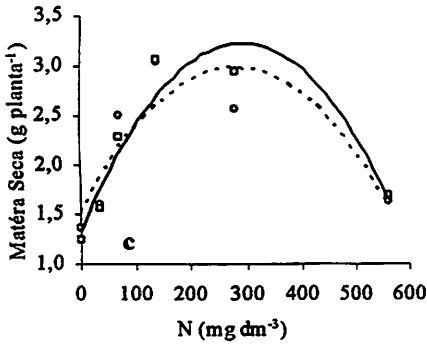


$$y = y_{med} = 5,71^{ns}$$



$$MSC(o) y = 1,524 + 0,0103x - 0,000018x^2 \quad R^2 = 0,75^{**}$$

$$MSF(\square) y = 1,328 + 0,012965x - 0,000022x^2 \quad R^2 = 0,90^{**}$$



$$MST(o) y = 6,375 + 0,059116x - 0,0000103x^2 \quad R^2 = 0,84^{**}$$

$$MSR(\square) y = 3,523 + 0,035854x - 0,000063x^2 \quad R^2 = 0,84^{**}$$

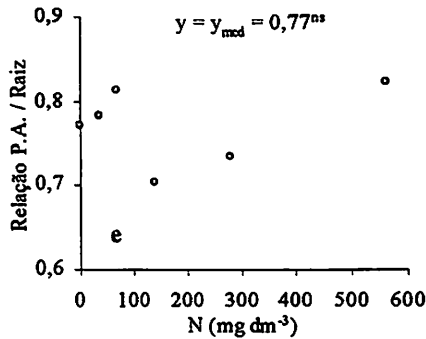
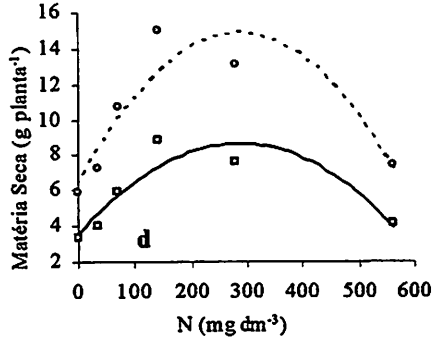


FIGURA 1 Altura (a), diâmetro do caule (b), matéria seca de caule-MSF e matéria seca de folhas-MSF (c), matéria seca de raízes-MSR e matéria seca total-MST (d) e relação parte aérea / raiz (e) de mudas de umbuzeiro, em função de doses de nitrogênio.

Para a matéria seca das folhas e do caule (Figura 1 c) as doses estimadas de 294 e 286 mg dm⁻³ de N, respectivamente, foram as que possibilitaram às mudas de umbuzeiro atingir suas máximas produções. Apesar de o diâmetro do caule não ter apresentado diferença significativa, a matéria seca dessa parte foi estatisticamente diferente, possivelmente devido ao crescimento em altura das plantas e não em espessura.

A matéria seca da raiz (Figura 1 d) apresentou sua máxima produção física (8,52 g planta⁻¹) com a dose calculada de 281 mg dm⁻³ de N.

A dose calculada de 286 mg dm⁻³ de N proporcionou a produção de matéria seca total de 14,86 g planta⁻¹ de umbuzeiro (Figura 1 d), sendo que, já na dose de 166 mg dm⁻³ de N, foram obtidos 90% da máxima produção física (13,37 g planta⁻¹).

A relação percentual entre as três partes estudadas (matéria seca de raiz, caule e folhas) na dose de máxima produção de matéria seca total (286 mg dm⁻³ de N) foi de 58,1% para o sistema radicular; 20,2% para o caule e 21,7,8% para as folhas, destacando-se que mesmo bem nutrido em N, o umbuzeiro concentra compostos orgânicos no sistema radicular.

A relação parte aérea / raiz não diferiu significativamente, indicando que a relação citada anteriormente manteve-se mais ou menos constante, independentemente da dose de N, sendo a média geral de 0,77, o que confirma a maior produção de raízes em relação à parte aérea pelas mudas de umbuzeiro.

De forma geral, todas as medidas de matéria seca estudadas apresentaram comportamento muito semelhante, com seus pontos de máxima eficiência física entre 284 e 294 mg dm⁻³ de N.

3.2 Teores de macro e micronutrientes

Para os macronutrientes, apenas os teores foliares de N e Ca e os teores de N, Ca e S no caule diferiram significativamente entre os tratamentos estudados.


Os teores foliares de P, K, Mg e S não foram influenciados pelas doses de N aplicadas ao solo, sendo os teores médios, em g kg^{-1} , de 1,68, 9,90, 2,21 e 1,77, respectivamente.

Os teores de P, K e Mg no caule não sofreram influência das doses de N, não havendo diferença significativa nos seus teores entre as plantas, independentemente do tratamento. Os teores médios detectados no caule foram de $0,94 \text{ g kg}^{-1}$ para o P; $11,25 \text{ g kg}^{-1}$ para o K; e $1,40 \text{ g kg}^{-1}$ para o Mg.

Os teores de Ca nas folhas das mudas do umbuzeiro responderam linear e positivamente à adubação nitrogenada, sendo que, na dose de 0 mg dm^{-3} de N, o teor de Ca foi de $26,79 \text{ g kg}^{-1}$, passando para $32,97 \text{ g kg}^{-1}$ na máxima dose de N testada (Figura 2 b). No caso dos teores de Ca no caule, a resposta foi quadrática inversa, sendo os teores reduzidos até a dose estimada de 440 mg dm^{-3} de N. O máximo teor de Ca no caule ($15,66 \text{ g kg}^{-1}$) foi obtido na menor dose de N.

As doses de N aplicadas ao solo influenciaram significativamente os teores de N tanto nas folhas quanto no caule das mudas de umbuzeiro. Como ilustrado na Figura 2 a, com o aumento das doses de N o teor foliar desse elemento respondeu de forma quadrática, tendo seu máximo teor ($29,49 \text{ g kg}^{-1}$) atingido na dose de N estimada de 425 mg dm^{-3} . Como relatado por Corrêa (1999), além da expansão foliar, o aumento do suprimento de N no solo promoveu aumento na absorção deste nutriente pelo umbuzeiro, resultando em um aumento do teor de N nas folhas.

O aumento dos teores foliares de N (Figura 2 a) e o acúmulo de matéria seca seguiram funções quadráticas (Figura 1 d). Esse comportamento pode ser explicado, segundo Tolley-Henry & Raper (1986), porque com o fornecimento



em excesso de N, a planta apresenta um declínio na atividade fotossintética, de modo que essa atividade pode atingir níveis abaixo daqueles adequados à demanda da respiração das plantas. Com isto, começa a haver degradação de compostos orgânicos nitrogenados, que passam a ser usados como fonte de energia, levando ao acúmulo de amônio e à redução no crescimento e produção e, por último, intensificando o efeito de concentração.

No caule, os teores de N foram aumentados até a dose estimada de 444 mg dm⁻³ de N, decaindo a partir dessa dose, caracterizando uma resposta quadrática. Na referida dose o teor de N foi de 13,71 g kg⁻¹. Vários autores, dentre eles Malavolta et al. (1997), destacam que o N é o elemento que proporciona maiores ganhos em produção às culturas. As mudas de umbuzeiro adubadas com N tiveram maior produção de matéria seca, o que reforça a importância da adubação nitrogenada na produção destas mudas.

Inversamente ao observado para os teores de N no caule, os teores de S foram menores nos tratamentos em que se aplicaram as maiores doses de N (Figura 2 c). Segundo Malavolta et al. (1997), o excesso de N pode promover a redução na absorção de S por algumas plantas.

Tanto nas folhas quanto no caule das mudas de umbuzeiro, os teores de B, Cu, Fe e Zn não diferiram estatisticamente entre os tratamentos. Os teores médios, respectivamente para folhas e caule, foram de 30,10 e 13,45 mg kg⁻¹ para o B; 4,76 e 4,18 mg kg⁻¹ para o Cu; 182,27 e 13,12 mg kg⁻¹ para o Fe; e 10,90 e 6,41 mg kg⁻¹ para o Zn.

Silva et al. (1984), estudando plantas adultas de umbuzeiro em campo, encontraram os seguintes teores foliares médios: P = 2,3 g kg⁻¹, K = 10 g kg⁻¹, Ca = 17,9 g kg⁻¹, Mg = 3,1 g kg⁻¹, S = 3,2 g kg⁻¹, Fe = 110 mg kg⁻¹, Cu = 6 mg kg⁻¹, Mn = 32 mg kg⁻¹, Zn = 18 mg kg⁻¹ e B = 68 mg kg⁻¹.

O estágio vegetativo da planta é um fator que deve ser considerado quando da comparação de resultados da análise química, pois os teores de um

determinado nutriente em determinada parte da planta, em épocas e idades distintas, podem apresentar diferenças significativas (Marschner, 1995). Os resultados encontrados por Silva et al. (1984) foram obtidos de umbuzeiros em estágio vegetativo diferente dos obtidos neste experimento.

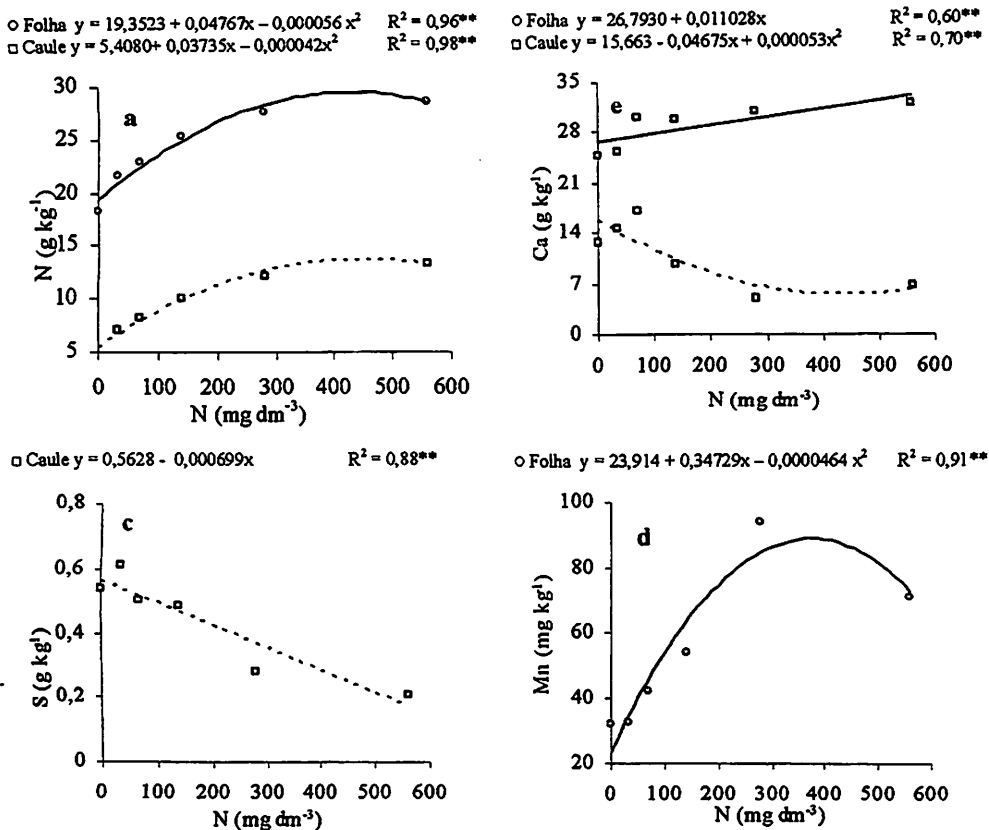


FIGURA 2 Teores de nitrogênio (a), cálcio (b), enxofre (c) e manganês (d) em mudas de umbuzeiros em função de doses de N.

Os teores de Mn no caule das mudas do umbuzeiro não foram influenciados pelas doses de N aplicadas ao solo, mantendo uma média de 15,76 mg kg⁻¹. Já os teores foliares de Mn (Figura 2 d) nas mudas de umbuzeiro

aumentaram no sentido do aumento das doses de N aplicadas ao solo até a dose estimada de 374 mg dm^{-3} de N. Nessa dose o teor de Mn foi de $88,90 \text{ mg kg}^{-1}$.

3.3 Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea

Os acúmulos de todos os nutrientes, exceto o Fe, foram influenciados pelas doses de N aplicadas ao solo. O Fe acumulado pelas mudas de umbuzeiro foi, em média, de $0,398 \text{ mg planta}^{-1}$.

Segundo Faquin (2001), o acúmulo dos macronutrientes segue a mesma tendência da produção de matéria seca. Esse autor cita que, para plantas de soja cultivadas em ambientes não-salinos, há perfeita sobreposição das curvas de produção de matéria seca e acumulação de macronutrientes.

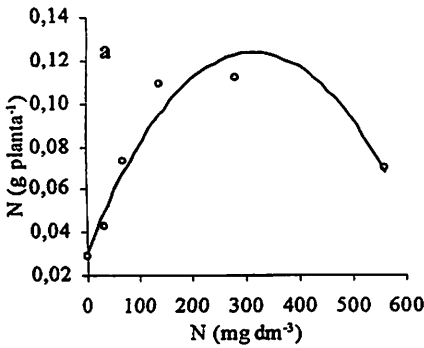
Semelhantemente ao descrito pelo autor anteriormente citado, os resultados apresentados na Figura 3 indicam forte relação do acúmulo dos macronutrientes com a produção de matéria seca pelas mudas de umbuzeiro.

O acúmulo de N teve seu pico ($0,123 \text{ g planta}^{-1}$) na dose calculada de 322 mg dm^{-3} de N (Figura 3 a). A partir dessa dose o acúmulo foi reduzido. Na dose 0 mg dm^{-3} de N a acumulação de N foi de $0,032 \text{ g planta}^{-1}$, sendo 3,8 vezes inferior à detectada na dose que proporcionou o maior acúmulo.

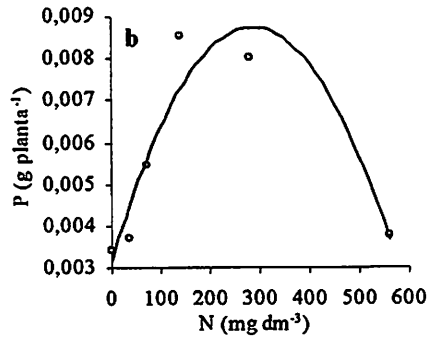
Para o P, o maior acúmulo ($0,0086 \text{ g planta}^{-1}$) foi atingido na dose de 278 mg dm^{-3} (Figura 3 b). Esse acúmulo foi 2,7 vezes maior que o detectado nas plantas do tratamento que não recebeu adição de N ($0,0032 \text{ g planta}^{-1}$). Já o K teve seu pico de acumulação ($0,063 \text{ g planta}^{-1}$) na dose de 325 mg dm^{-3} de N (Figura 3 c), representando um ganho de aproximadamente 100% em relação ao acúmulo atingido no tratamento com 0 mg dm^{-3} de N.

Os maiores acúmulos de Ca, Mg e S foram atingidos nas doses calculadas de 275 , 278 e 250 mg dm^{-3} de N, respectivamente (Figura 3 d, e, f).

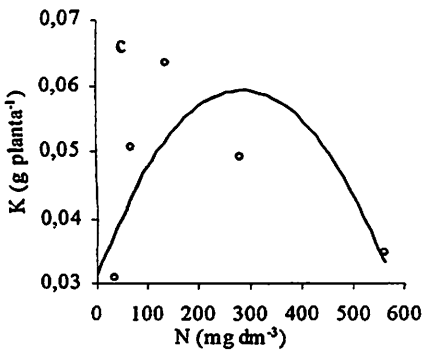
$$y = 0,0324 + 0,00058x - 0,0000009x^2 \quad R^2 = 0,93^{**}$$



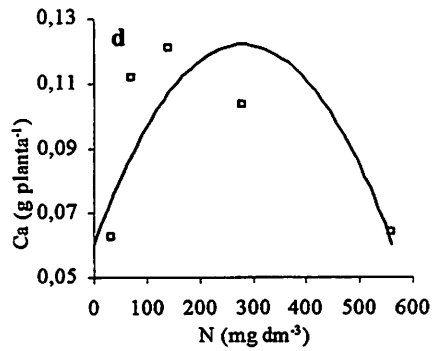
$$y = 0,0032 + 0,000039x - 0,0000007x^2 \quad R^2 = 0,90^{**}$$



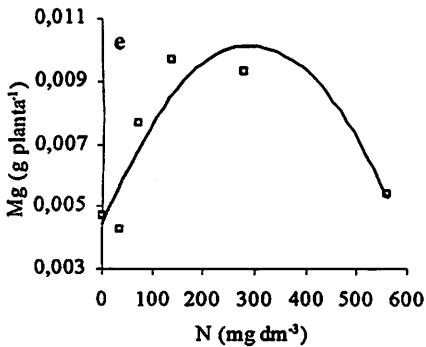
$$y = 0,03144 + 0,000195x - 0,0000003x^2 \quad R^2 = 0,63^{**}$$



$$y = 0,06025 + 0,00044x - 0,0000008x^2 \quad R^2 = 0,69^{**}$$



$$y = 0,004433 + 0,000039x - 0,00000007x^2 \quad R^2 = 0,83^{**}$$



$$y = 0,003283 + 0,00002x - 0,00000004x^2 \quad R^2 = 0,81^{**}$$

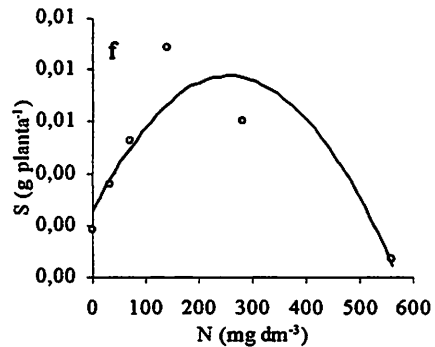
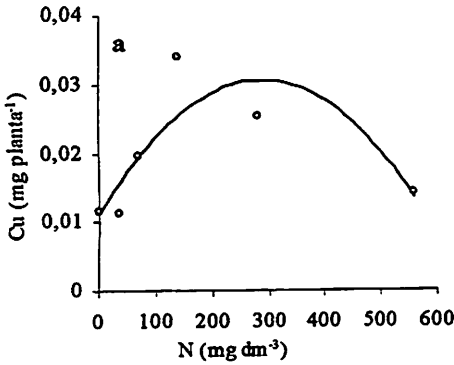
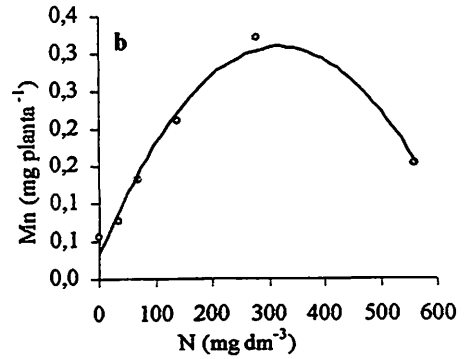


FIGURA 3 Acúmulo de macronutrientes na parte aérea de mudas de umbuzeiro, em função de doses de N.

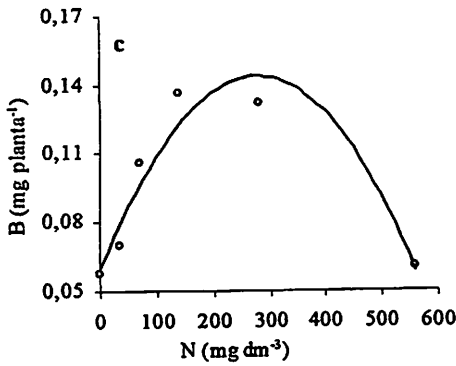
$$y = 0,011265 + 0,000134x - 0,0000002x^2 \quad R^2 = 0,70^{**}$$



$$y = 0,033304 + 0,001724x - 0,000003x^2 \quad R^2 = 0,97^{**}$$



$$y = 0,06046 + 0,000599x - 0,000001x^2 \quad R^2 = 0,92^{**}$$



$$y = 0,01922 + 0,00032x - 0,000001x^2 \quad R^2 = 0,90^{**}$$

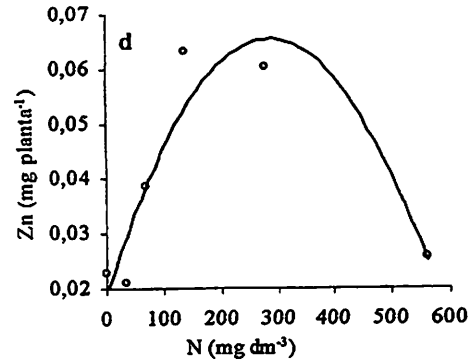


FIGURA 4 Acúmulo de cobre (a), manganês (b), boro (c) e Zn (d) na parte aérea de mudas de umbuzeiro, em função de doses de N.

Esses acúmulos corresponderam a 0,121 g planta⁻¹ de Ca, 0,01 g planta⁻¹ de Mg e 0,006 g planta⁻¹ de S.

Se considerarmos a dose de 286 mg dm⁻³ de N, que foi aquela que proporcionou a maior produção de matéria seca pelas mudas de umbuzeiro, a ordem de acumulação dos macronutrientes é N > Ca > K > Mg > P > S. Já no tratamento adicional a ordem foi Ca > N > K > Mg > P = S. Observa-se que a ordem só foi alterada em relação ao N e ao Ca, o que era de se esperar, pois o

fornecimento de N favoreceu a disponibilidade desse elemento, proporcionando maior absorção pelas raízes e conseqüentemente, maior transporte e acúmulo na parte aérea.

Como apresentado na Figura 4, os acúmulos de Cu, Mn, B e Zn tiveram os mesmos comportamentos daqueles apresentados na acumulação dos macronutrientes, todos respondendo de forma quadrática à aplicação de N.

O acúmulo de Cu foi aumentado em função das doses de N até o ponto de 335 mg dm⁻³ de N, quando acumulou 0,034 mg planta⁻¹. De forma semelhante aconteceu com o Mn, o B e o Zn, que tiveram seus máximos acúmulos nas doses de 287, 299 e 160 mg dm⁻³ de N, respectivamente. Nessas doses o acúmulo de Mn foi de 0,281 mg kg⁻¹; o de B foi de 0,150 mg kg⁻¹ e o de Zn foi de 0,045 mg kg⁻¹.

3.4 Nível crítico foliar de N

Para atingir a produção máxima de uma cultura são necessárias aplicações de doses de fertilizantes que, às vezes, não são econômicas. Frequentemente, consideram-se doses que proporcionam de 80% a 90% do rendimento máximo, as quais se aproximam do rendimento máximo econômico (Faquin et al., 1995). Dessa forma, no cálculo do nível crítico de N foliar nas mudas do umbuzeiro, considerou-se como a produção econômica 90% da produção máxima. No outro extremo, considerou-se a dose que, após atingida a máxima produção física, reduziu-a em 10%.

Fritz (1976), citado por Santos (1999), define o nível crítico, ou concentração crítica de um nutriente na planta ou no solo, como sendo a concentração abaixo da qual existe probabilidade de resposta da planta à sua adição no solo.

Como ilustrado na Figura 5, o nível crítico foliar de N nas mudas de umbuzeiro foi de 25,72 a 29,48 g kg⁻¹. Na verdade, o nível crítico é uma faixa, e não um ponto, em que se encontram os teores desejáveis de um dado nutriente para que a planta possa expressar crescimento e produção satisfatórios. Neste experimento o nível crítico foi determinado para os teores foliares de N para umbuzeiros na fase de muda.

Nas folhas do umbuzeiro na fase de muda, teores inferiores a 25,72 g kg⁻¹ de N podem ser considerados baixos e acima de 29,48 g kg⁻¹ de N, altos, o que pode indicar deficiência ou excesso desse nutriente, respectivamente.

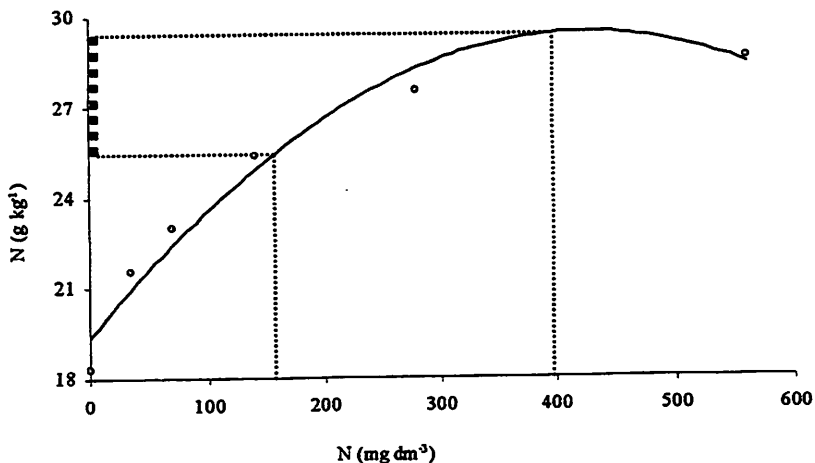


FIGURA 5. Nível crítico foliar de N em mudas de umbuzeiro.

Silva et al. (1984) encontraram teor foliar de N em umbuzeiros adultos em campo de 29,0 g kg⁻¹ estando esse teor dentro do intervalo determinado neste experimento.

4 CONCLUSÕES

A dose estimada de 286 mg dm^{-3} de N é a que proporciona a maior produção de matéria seca pelas mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distroférico, enquanto a dose de 166 mg dm^{-3} de N proporciona 90% da máxima produção.

Mesmo quando bem nutrido em N, o umbuzeiro investe mais na formação do sistema radicular do que na parte aérea.

Na dose de maior produção de matéria seca, a ordem de acúmulo dos macronutrientes é $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$.

A faixa crítica dos teores de N nas folhas de mudas de umbuzeiro é de $25,72$ a $29,48 \text{ g kg}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, J. G.; NEVES, O. S. C. **Umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). Lavras: Editora UFLA, 2004. 60 p.

CORRÊA, F. S. **Adubação nitrogenada e níveis críticos foliares de nitrogênio em feijoeiro cultivado em solo de várzea**. 1999. 45 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas: textos acadêmicos**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.

FAQUIN, V.; HOFFMANN, C. R.; EVANGELISTA, A. R. O potasio e o enxofre no crescimento da brachiária e do colônio em amostras de um Latossolo da região noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 87-94, jan./abr. 1995.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GONDIM, T. M. S.; SILVA, H.; SILVA, A. Q.; CARDOSO, E. A. Período de ocorrência de formação de xilópódios em plantas de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) propagadas sexualmente e assexuadamente. A. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 33-38, out. 1991.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba-SP: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

NASCIMENTO, C. E. de S.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de. **Produção de mudas enxertadas de umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arruda). Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 2000. 13 p. (Embrapa Semi-árido. Circular técnica ; n. 48).

NEVES, O. S. C. **Nutrição mineral e crescimento de muras de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), em solução nutritiva, em função de níveis de salinidade.** 2003. 70 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; HOJO, R. H. **Nível ótimo de saturação por bases para mudas de umbuzeiro cultivadas em latossolo vermelho distroférico.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA FERTIBIO, 2004, Lages. **Anais...** Lages, SC, 2004.

SANTOS, H. Q. **Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades.** 1999. 80 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, H.; SILVA, A. Q.; OLIVEIRA, A. R.; CAVALCANTE, F. B. **Algumas informações pomológicas do umbuzeiro da Paraíba. II. Características tecnológicas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas, SP. **Resumos...** Campinas: SBF, 1987. v. 1. p. 691-696.

SILVA, H.; SILVA, A. Q. da; ROQUE, M. L.; MALAVOLTA, E. **Composição mineral do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF/EMPASC, 1984. v. 4, p.1129-1134.

TOLLEY-HENRY, L.; RAPER, C. D. **Utilization of ammonium as a nitrogen source.** *Plant Physiology*, Maryland, v. 82, n. 1, p. 54-60, Jan. 1986.

CAPÍTULO IV

CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO MINERAL E NÍVEL CRÍTICO FOLIAR DE P EM MUDAS DE UMBUZEIRO, EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, a nutrição mineral e o nível crítico foliar de P em mudas de umbuzeiro crescidas em vasos contendo amostras de um Latossolo Vermelho distroférico, em função da adubação fosfatada. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e seis doses de P (0, 30, 60, 120, 240 e 480 mg dm⁻³). A adubação fosfatada foi realizada numa única aplicação, antes do transplante das mudas. Observa-se que a dose de 281 mg dm⁻³ de P proporciona a máxima produção de matéria seca pelas mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distroférico, e mesmo quando bem nutrido em P, o umbuzeiro investe mais na formação do seu sistema radicular do que na parte aérea. A adubação fosfatada proporciona aumentos nos teores foliares de P em umbuzeiros. A ordem de acúmulo dos macronutrientes na parte aérea das mudas de umbuzeiros adubadas com P é Ca > N > K > Mg > P = S. A faixa crítica de P nas folhas das mudas do umbuzeiro é de 1,52 a 1,91 g kg⁻¹.

ABSTRACT

GROWTH, MINERAL NUTRITION AND FOLIAR CRITICAL LEVEL OF P IN UMBUZEIRO SEEDLINGS, IN FUNCTION OF THE PHOSPHORUS FERTILIZATION.

To evaluate the growth, the mineral nutrition and the foliar critical level of P in umbuzeiro seedlings, grown in pots containing distroferric Red Latosol, in function of the phosphorus fertilization, was realized this work. The experimental design was randomized blocks with four replications and six doses of P (0, 30, 60, 120, 240 and 480, mg dm⁻³). The phosphorus fertilization was realized in an only application, before the transplant of the seedlings. The dose of 281 mg dm⁻³ of P provides the highest production of dry matter in umbuzeiro seedlings. Even when well nurtured in P, the umbuzeiro accumulate more organic matter in the root than shoot. The phosphorus fertilization increases the foliar contents of P in umbuzeiro. The order of macronutrients accumulation in the shoot of the umbuzeiro seedlings fertilized with P it is: Ca > N > K > Mg > P = S. The level critical of P in the leaves of the umbuzeiro seedlings range from 1.52 to 1.91 g kg⁻¹.

1 INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) é uma frutífera adaptada a sobreviver e produzir sob condição de estresse hídrico. Apesar de sua distribuição ser dispersa, consagra-se como uma espécie frutífera de grande importância econômica, social e ecológica para o semi-árido nordestino (Silva et al., 1987). A comercialização dos frutos, colhidos de forma extrativista, representa uma fonte de renda importante para muitas famílias nordestinas, chegando a contribuir com até a metade da renda média anual das mesmas (Gondim et al., 1991). Assim, pode-se pensar no umbuzeiro como uma alternativa viável para o desenvolvimento agrícola da região semi-árida do Nordeste do Brasil.

Neves (2003), embasado em citações de vários autores, relata a escassez de estudos sobre o umbuzeiro. Até então, apesar da importância que essa planta apresenta para os sertanejos, existem poucos trabalhos publicados, destacadamente na área da nutrição mineral.

O fósforo desempenha importante papel na respiração vegetal e no armazenamento, transporte e utilização de energia no processo fotossintético, agindo também na síntese das proteínas e no metabolismo de enzimas, sendo um elemento essencial para o metabolismo das plantas, principalmente na fase reprodutiva (Raij, 1991).

A baixa disponibilidade de P nos solos tropicais é uma das causas que mais limita o crescimento e a produção das culturas, tornando necessário o fornecimento deste nutriente via adubação (Raij, 1991; Fernandes et al., 2000).

O P é o segundo nutriente mais limitante à produção agrícola, ficando atrás apenas do N. No entanto, a “construção” da fertilidade do solo em fósforo torna-se particularmente importante nos solos ácidos dos trópicos, uma vez que

estes apresentam baixa disponibilidade natural e alta capacidade de adsorção desse nutriente (Novais & Barros, 1997, citados por Santos, 1999).

No umbuzeiro deficiente em P, as folhas mais velhas apresentam coloração amarelada nas bordas. Ainda, há alteração na arquitetura das plantas, ou seja, o ângulo dos ramos plagiotrópicos fica mais fechado em relação ao ramo ortotrópico, no sentido da base para o ápice. As raízes crescem mais, sendo esse um mecanismo do umbuzeiro para sobreviver e produzir em solos pobres em P, como naqueles que sua ocorrência é natural (Carvalho et al., 2004; Carvalho & Neves, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, a nutrição mineral e o nível crítico foliar de P em mudas de umbuzeiro crescidas em vasos contendo amostras de um Latossolo Vermelho distroférico, em função da adubação fosfatada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação da área experimental do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste, com altitude de 910 m, sendo conduzido de julho de 2004 a fevereiro de 2005.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e seis doses de P (0, 30, 60, 120, 240 e 480 mg dm⁻³). A parcela foi composta por vaso com capacidade para 8 dm³, com altura de 50 cm, preenchidos com Latossolo Vermelho distroférrico, cuja caracterização química se encontra na Tabela 1, com uma planta por vaso.

A calagem foi feita com CaCO₃ e MgCO₃ (p.a.), na relação 3:1 (Ca:Mg), visando a elevação do nível de saturação por bases a 80% (Neves et al., 2004a). Depois de peneirado, o solo foi misturado ao corretivo e incubado por quinze dias. As doses de fósforo foram incorporadas ao solo logo após o período de incubação e numa única aplicação, tendo como fontes o MAP e o fosfato de potássio. A adubação complementar, em mg dm⁻³, incluindo o N e o K aplicados quando da adubação fosfatada, foi a seguinte: N = 300; K = 300; S = 60; B = 0,5; Cu = 1,5; Zn = 5,0 e Mo = 0,1.

A reposição de umidade foi feita diariamente, utilizando-se água deionizada para elevar a 60% do volume total de poros, sendo o volume a ser adicionado determinado através de pesagens dos vasos.

As sementes passaram pelo processo de quebra de dormência através de escarificação mecânica, conforme recomendação de Nascimento et al. (2000), e foram germinadas em vermiculita. Após 20 dias da emergência, as mudas com altura média de 9,5 cm foram transplantadas para vasos com os tratamentos.

TABELA 1 Análise química do solo (Latossolo Vermelho distroférico) utilizado no experimento*.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S-SO ₄	V
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³				dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³						%
4,9	1,2	13	0,7	0,2	0,9	7,0	3,0	1,2	47,3	4,8	1,5	0,4	8,9	13,3

* pH em água; P, K, Fe, Zn, Mn e Cu pelo extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al pelo extrator KCl 1 N; B – extrator água quente; H + Al pelo extrator SMP e; S-SO₄ pelo extrator fosfato monocálcico em ácido acético.

Ao final do experimento foram avaliados a altura (cm) e o diâmetro do caule (mm); depois de colhido, o material vegetal foi separado em raízes, caule e folhas, lavado em água corrente e destilada, seco em estufa a 70°C até peso constante e a matéria seca correspondente a cada uma das partes foi pesada (g planta⁻¹) e moída; em seguida foram realizadas as determinações químicas para os teores dos nutrientes no caule e nas folhas. Ainda, calculou-se a relação parte aérea / raiz.

Através do extrato nítrico-perclórico foram determinados os teores de P por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; K e Na por fotometria de chama; S por turbidimetria do sulfato de bário; N total pelo método semimicro Kjeldahl; e os teores de B, após digestão por via seca, foram determinados por colorimetria (método da curcumina) (Malavolta et al., 1997).

A partir dos teores dos nutrientes e com base na matéria seca das plantas, calculou-se o acúmulo dos elementos na parte aérea das mudas de umbuzeiro (somatório do acúmulo no caule e nas folhas).

Os dados obtidos foram submetidos à análise variância, mediante significância do teste F, e quando significativos, realizaram-se análises de regressão. As análises de variância e de regressão foram feitas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

O nível crítico foliar de P foi obtido estimando-se a dose de P aplicada ao solo que proporcionou a produção de 90% da matéria seca das mudas de umbuzeiro e aquela acima do ponto de máxima eficiência física que proporcionou uma redução de 10% na produção. Em seguida, essas doses foram substituídas na equação de regressão para os teores foliares P, obtendo-se, assim, uma faixa correspondente ao nível crítico desse nutriente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento

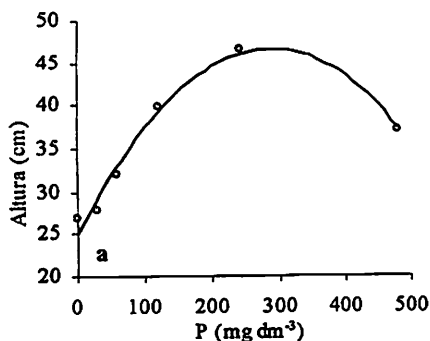
As doses de P aplicadas ao solo influenciaram significativamente a altura, o diâmetro do caule, a matéria seca de raiz, caule, folha e total e não influenciaram a relação parte aérea / raiz, que manteve média de 0,61, independentemente da dose de P. Essa relação indica que as mudas de umbuzeiro, mesmo crescidas no solo com níveis adequados de fósforo, concentraram compostos orgânico mais nas raízes do que na parte aérea.

Nos solos brasileiros, com predomínio de minerais oxidicos, nos quais ocorre a fixação de P, elevadas quantidades deste nutriente têm sido utilizadas nas adubações (Fernandes, 2002). A exemplo do citado anteriormente, o solo utilizado neste experimento é muito intemperizado e apresenta baixo teor de fósforo disponível. Assim, a adubação fosfatada contribuiu, mesmo nas menores doses, para o crescimento das mudas de umbuzeiro. Nas doses mais elevadas de P adicionado ao solo, provavelmente parte deste P foi adsorvido.

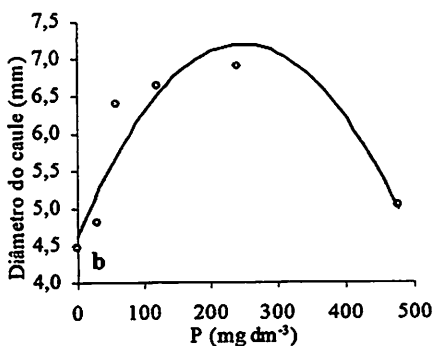
O P-não lábil é representado pelo P-precipitado em compostos insolúveis (comumente Ca, Fe e Al) ou adsorvido especificamente por sítios de troca de elevada energia, praticamente não trocáveis, ficando, assim, com aproveitamento incerto pelas plantas (Goedert & Souza, 1984).

Pelos resultados apresentados na Figura 1, pode-se observar que para todas as medidas analisadas (diâmetro do caule, altura de plantas, matéria seca das folhas, matéria seca do caule, matéria seca das raízes e matéria seca total), o comportamento da resposta à adubação fosfatada foi quadrático, ou seja, houve resposta positiva incrementando a produção destas variáveis à medida que se aumentaram as doses de fósforo aplicadas ao solo; a partir de doses maiores, a resposta à adubação passou a decrescer.

$$y = 25,063 + 0,14928x - 0,000258x^2 \quad R^2 = 0,97^{**}$$

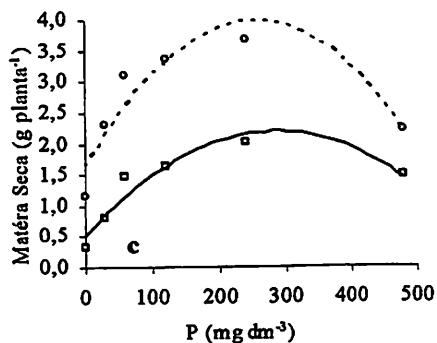


$$y = 4,639 + 0,020577x - 0,000041x^2 \quad R^2 = 0,87^{**}$$



$$\text{MSC}(\circ) y = 1,634 + 0,01832x - 0,000036x^2 \quad R^2 = 0,86^{**}$$

$$\text{MSF}(\square) y = 0,517 + 0,01172x - 0,00002x^2 \quad R^2 = 0,90^{**}$$



$$\text{MST}(\circ) y = 5,855 + 0,06864x - 0,000122x^2 \quad R^2 = 0,96^{**}$$

$$\text{MSR}(\square) y = 3,705 + 0,038593x - 0,000065x^2 \quad R^2 = 0,99^{**}$$

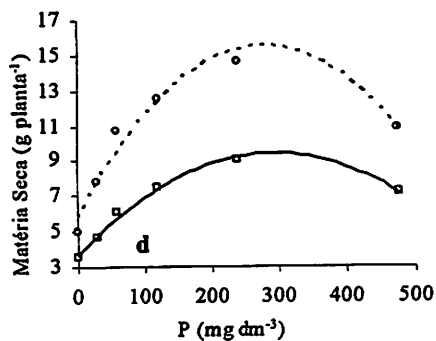


FIGURA 1 Altura (a), diâmetro do caule (b), matéria seca do caule-MSC e matéria seca das folhas-MSF (c), matéria seca das raízes-MSR e matéria seca total-MST (d) de mudas de umbuzeiro, em função de doses de fósforo.

Nas doses de 289 e 250 mg dm^{-3} de P foram obtidos a máxima altura das mudas do umbuzeiro e o máximo diâmetro do caule, respectivamente (Figura 1 a, b).

Para a matéria seca das folhas e do caule (Figura 1 c) as doses de 293 e 254 mg dm^{-3} de P foram as que possibilitaram às mudas de umbuzeiro atingir suas máximas produções, respectivamente.

A matéria seca de raiz (Figura 1 d) apresentou sua máxima produção física ($9,43 \text{ g planta}^{-1}$) com a dose calculada de 296 mg dm^{-3} de P. Considerando que parte do P adicionado foi fixado pelo solo e que a dose necessária para atingir 90% ($8,49 \text{ g}$) da produção foi de 176 mg dm^{-3} , provavelmente, em solos em que esse fenômeno (fixação) é menor, a necessidade da adubação fosfatada para a produção de mudas de umbuzeiro pode ser reduzida.

A dose de 281 mg dm^{-3} de P proporcionou uma produção de matéria seca total de $15,51 \text{ g planta}^{-1}$ de umbuzeiro (Figura 1 d); já na dose de 168 mg dm^{-3} foram obtidos 90% da máxima produção física ($13,96 \text{ g planta}^{-1}$).

Analisando a relação percentual entre as três partes estudadas (matéria seca de raiz, caule e folhas) na dose de máxima produção de matéria seca total, observa-se que o umbuzeiro prioriza a formação do sistema radicular (60,3%) em detrimento do caule (25,4%) e das folhas (14,3%), sendo essa relação mantida na dose que proporcionou a produção de 90% da matéria seca total. Esse resultado pode ser explicado pela adaptação natural do umbuzeiro a ambientes de estresse hídrico e de baixa disponibilidade de P. A relação parte aérea / raiz não diferiu significativamente, indicando que esta relação manteve-se mais ou menos constante, independentemente da dose de P.

De forma geral, todas as medidas de matéria seca estudadas tiveram comportamentos muito semelhantes, apresentando seus pontos de máxima eficiência física entre 250 e 296 mg dm^{-3} de P. Diversos autores, a exemplo de Gupta (1982), Singh & Singh (1980) e Neves et al. (2004b), relatam efeitos antagônicos entre o P e o Zn, segundo os quais a aplicação de fósforo ao solo reduz a disponibilidade de zinco. Entretanto, nas condições deste experimento o efeito relatado por esses autores não foi observado.

3.2 Teores de macro e micronutrientes

O aumento das doses de P aplicadas ao solo influenciou significativamente os teores foliares de P, Ca, Mg e S e não influenciou os teores de N, P, K, Ca, Mg e S no caule e de N e K nas folhas das mudas de umbuzeiro.

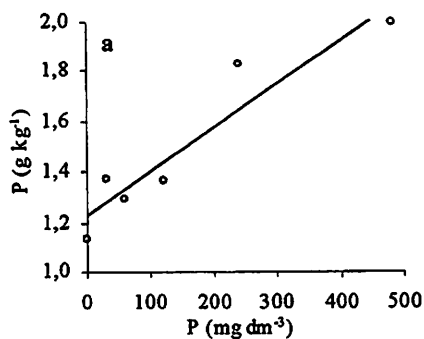
Nas folhas, os teores médios de N e K foram, respectivamente, de 23,88 g kg⁻¹ e 5,91 g kg⁻¹. No caule os teores médios foram 10,92 g kg⁻¹ de N; 0,53 g kg⁻¹ de P; 4,85 g kg⁻¹ de K; 6,60 g kg⁻¹ de Ca; 0,73 g kg⁻¹ de Mg e; 0,31 g kg⁻¹ de S.

Com a maior disponibilidade de P no solo, advinda da adubação fosfatada, as mudas de umbuzeiro concentraram mais fósforo nas folhas, sendo os teores aumentados de forma linear (Figura 2 a). Os teor foliar de P encontrado nas plantas do tratamento 0 mg dm⁻³ de P foi de 1,23 g kg⁻¹, enquanto nas plantas do tratamento que recebeu 480 mg dm⁻³ de P o teor foliar foi de 2,06 g kg⁻¹, representando aumento de 68%. Fernandes et al. (2000), estudando espécies florestais, e Bonfim et al. (2004), em *Brachiaria brizantha*, constataram o mesmo efeito daquele observado para os teores de P no umbuzeiro, ou seja, maiores doses de P aplicadas ao solo proporcionaram maiores teores foliares desse nutriente.

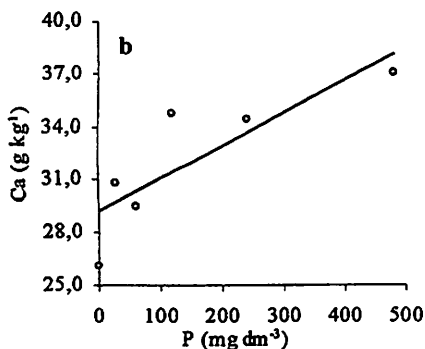
Na dose que proporcionou a maior produção de matéria seca, o teor foliar de P nas mudas de umbuzeiro foi de 1,72 g kg⁻¹, sendo inferior ao encontrado por Silva et al. (1984) para umbuzeiros adultos (2,30 g kg⁻¹). Para Santos (1999), depois da disponibilidade do nutriente no solo, a idade fisiológica do tecido amostrado é considerado o fator mais importante a afetar a composição mineral das plantas.

Segundo Marschner (1995), o requerimento de P para o bom desenvolvimento das culturas, de forma geral, está na faixa de 3 a 5 g kg⁻¹. Esse é um dado que indica que o umbuzeiro apresenta baixa exigência em P se comparado com outras culturas, embora, como verificado na Figura 1, o

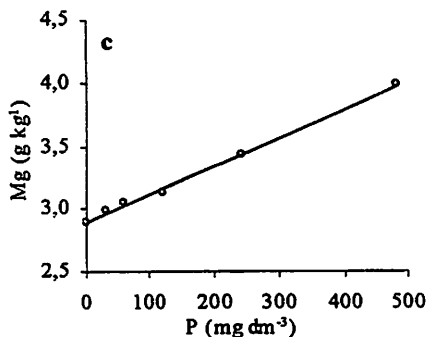
○ Folha $y = 1,2256 + 0,001746x$ $R^2 = 0,89^{**}$



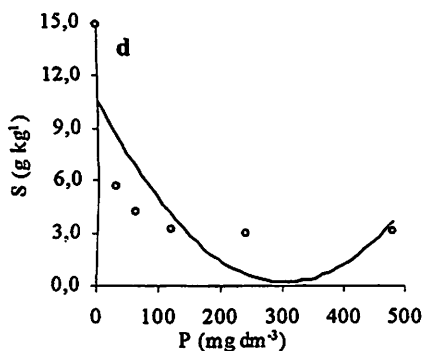
○ Folha $y = 29,1983 + 0,018615x$ $R^2 = 0,70^{**}$



○ Folha $y = 2,9189 + 0,0022x$ $R^2 = 0,99^{**}$



○ Folha $y = 10,060 - 0,061652x + 0,000101x^2$ $R^2 = 0,51^*$



○ Folha $y = 10,012 - 0,059x - 0,000103x^2$ $R^2 = 0,50^*$

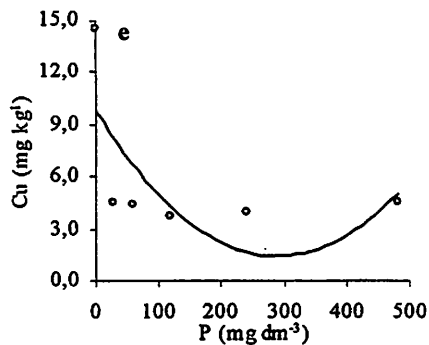


FIGURA 2 Teores de fósforo (a), cálcio (b), magnésio (c), enxofre (d) e cobre (e) em mudas de umbuzeiros em função de doses de P.

fornecimento de P ao solo estimule seu crescimento. Já Malavolta et al. (1997) apresentam valores na faixa de 1,2 a 4,0 g kg⁻¹ para a maioria das culturas tropicais. Nesse último caso os valores detectados estão dentro da faixa estabelecida, ainda que tendendo para o limite inferior.

Os teores de Ca e Mg nas folhas das mudas do umbuzeiro aumentaram de forma linear em função do fósforo aplicado ao solo (Figura 2 b, c). Na dose em que as plantas acumularam mais matéria, os teores de Ca e Mg foram de 34,42 g kg⁻¹ e 3,54 g kg⁻¹, respectivamente

O comportamento de resposta para os teores foliares de S (Figura 2 d) foi inverso ao comportamento verificado no acúmulo de matéria seca, retratando um efeito de diluição, comportamento idêntico ao verificado para os teores foliares de Cu (Figura 2 e).

Os teores foliares de B, Fe, Mn e Zn e os de B, Cu, Fe, Mn e Zn no caule das mudas do umbuzeiro não foram influenciados pela adubação fosfatada. Os teores foliares médios encontrados foram de 47,27 mg kg⁻¹ de B; 167,87 mg kg⁻¹ de Fe; 211,84 mg kg⁻¹ de Mn e; 13,36 mg kg⁻¹ de Zn. Já no caule, os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn foram de 16,12 mg kg⁻¹; 2,14 mg kg⁻¹; 9,60 mg kg⁻¹; 35,52 mg kg⁻¹ e 6,37 mg kg⁻¹, respectivamente.

3.3 Acúmulo de nutrientes na parte aérea

Dentre os macronutrientes, apenas o acúmulo de S não sofreu influência significativa da adubação fosfatada. Esse comportamento é devido, em parte, à reposta inversa dos teores de S com a produção de matéria seca, reforçando ainda mais a ocorrência do efeito de diluição.

Em relação aos acúmulos de N, P, Ca e Mg, observou-se um comportamento de resposta quadrático, como ilustra a Figura 3. As plantas responderam à aplicação de P com o incremento inicial no acúmulo dos

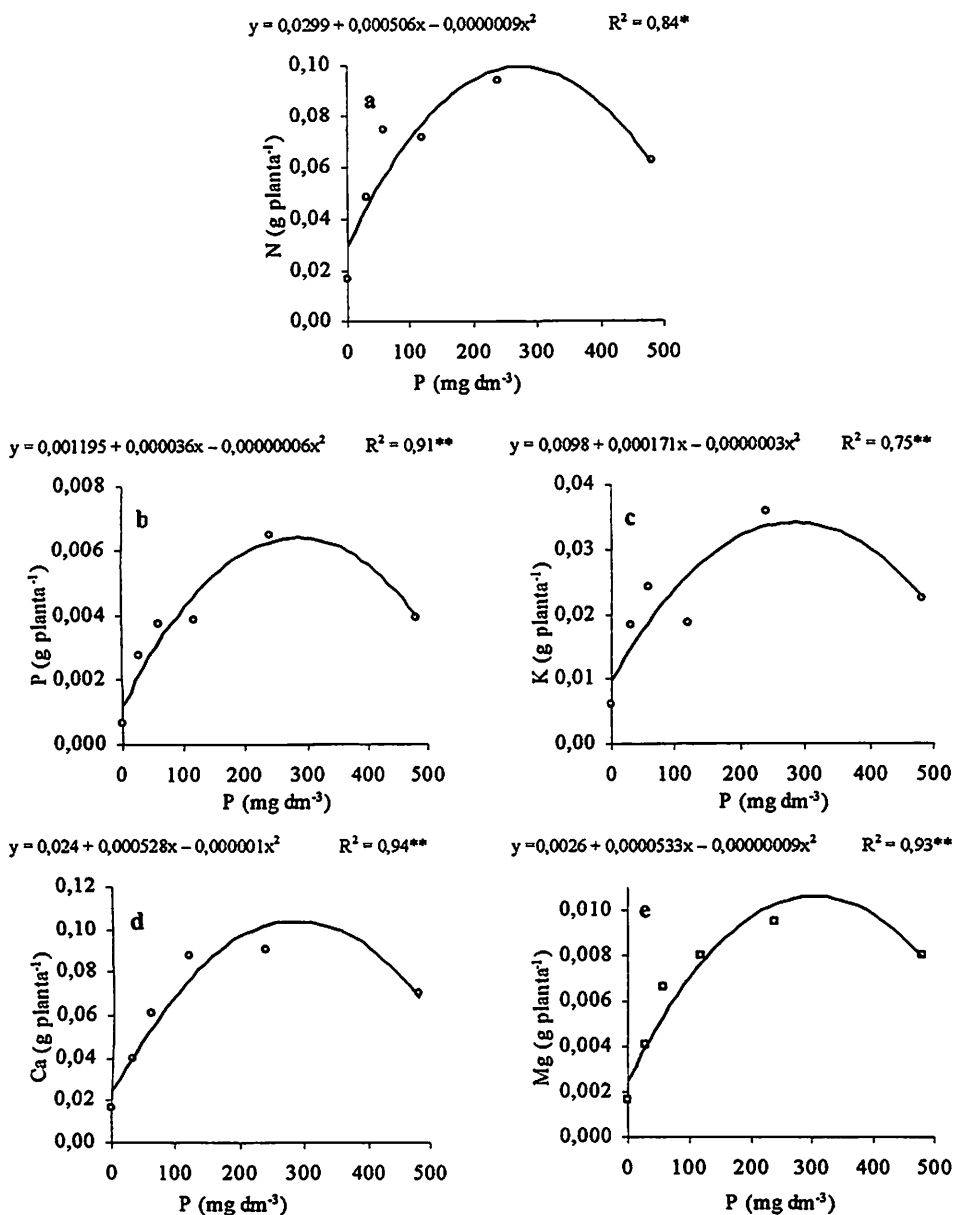


FIGURA 3 Acúmulo de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d) e magnésio (e) na parte aérea de mudas de umbuzeiro, em função de doses de P.

elementos estudados e, a partir de doses maiores, a resposta à adubação passou a decrescer. Comportamento semelhante foi descrito por Neves et al. (2004b) para a produção de mudas de andiroba em solo de várzea adubado com P.

Para o N (Figura 3 a), a dose estimada de 281 mg dm^{-3} de P propiciou o maior acúmulo desse elemento na parte aérea das mudas de umbuzeiro, correspondendo, nessa dose, a $0,101 \text{ g planta}^{-1}$.

O máximo acúmulo de P ($0,0067 \text{ g planta}^{-1}$) foi obtido na dose calculada de 300 mg dm^{-3} de P. Apesar de os teores foliares de P terem incrementado linearmente com o aumento das doses de P aplicadas ao solo, como a resposta da produção de matéria seca das plantas ao P foi quadrática, o acúmulo desse nutriente na parte aérea das mudas de umbuzeiro seguiu a mesma tendência do acúmulo da matéria seca.

Em relação ao Ca e ao Mg, a máxima acumulação foi atingida nas doses estimadas de 264 e 294 mg dm^{-3} de P, respectivamente. O acúmulo de Ca correspondeu a $0,094 \text{ g planta}^{-1}$ e o de Mg, a $0,01 \text{ g planta}^{-1}$.

A ordem decrescente de acumulação dos macronutrientes na parte aérea das mudas de umbuzeiro na dose de maior produção de matéria seca foi de $\text{Ca} = \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} = \text{S}$

Dentre os micronutrientes, os acúmulos de B, Cu, Mn e Zn foram influenciados pelas doses de P, todos respondendo de forma quadrática, semelhantemente ao ocorrido para os macronutrientes.

As doses estimadas de P que favoreceram o máximo acúmulo de B, Cu, Mn e Zn foram de 386 , 290 , 296 e 315 mg dm^{-3} de P, respectivamente. Nessas doses o acúmulo de B foi de $0,205 \text{ mg planta}^{-1}$; o de Cu, de $0,016 \text{ mg planta}^{-1}$; o de Mn, de $0,645 \text{ mg planta}^{-1}$; e o de Zn, de $0,061 \text{ mg planta}^{-1}$.

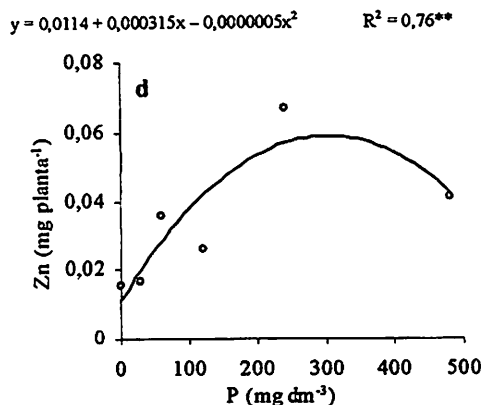
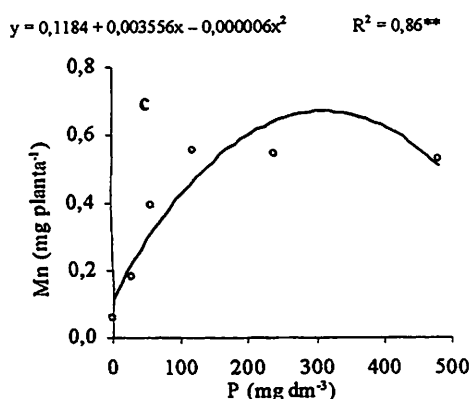
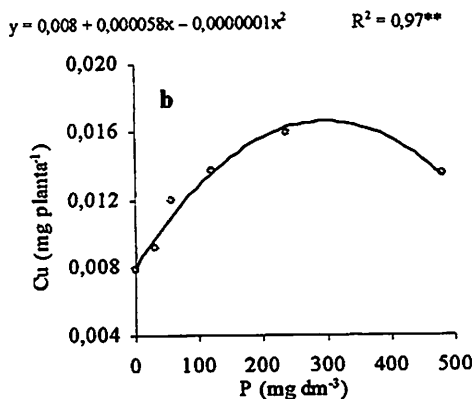
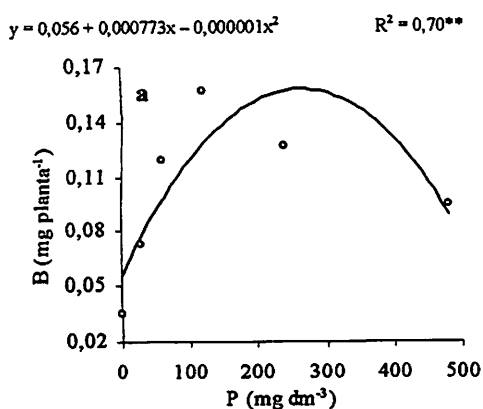


FIGURA 4 Acúmulo de boro (a), cobre (b), manganês (c) e zinco (d) na parte aérea das mudas de umbuzeiro, em função de doses de P.

3.4 Nível crítico foliar de P

A determinação dos requerimentos nutricionais e a diagnose nutricional das plantas são baseadas na expectativa de que haja estreita correlação entre a disponibilidade do nutriente no solo, o teor do elemento na folha e a produção (Malavolta et al., 1997). Os valores de níveis críticos na parte aérea das plantas, mais propriamente nas folhas, são amplamente utilizados como padrões na interpretação dos resultados de análises foliares.

A Figura 5 traz a ilustração da faixa crítica determinada através da substituição na equação de regressão para os teores foliares de P, das doses para atingir 90% da produção da matéria seca e da dose acima do ponto de máxima produção física que reduziu em 10% a produção. Essa faixa corresponde ao nível crítico foliar de P nas mudas de umbuzeiro, sendo a mesma de 1,52 a 1,91 g kg⁻¹. Assim, valores inferiores a 1,52 g kg⁻¹ de P nas folhas dos umbuzeiros na fase de muda podem ser considerados baixos, e acima de 1,91 g kg⁻¹, podem ser considerados altos, o que pode indicar deficiência ou excesso desse nutriente, respectivamente.

Esses valores estão dentro da faixa mencionada por Malavolta et al. (1997) para a maioria das plantas tropicais (1,2 a 4,0 g kg⁻¹).

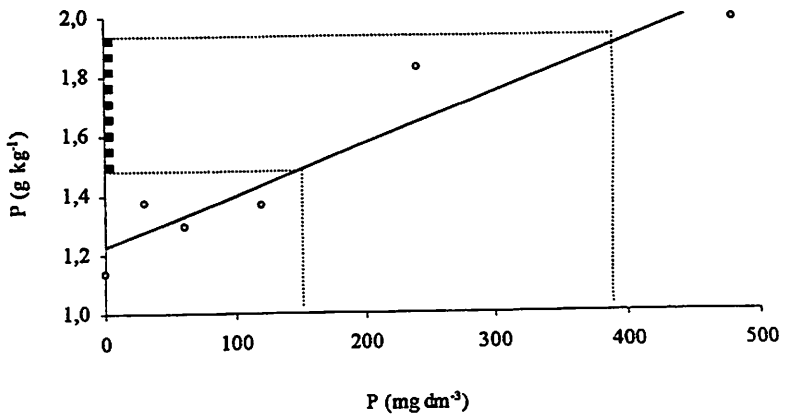


FIGURA 5 Nível crítico foliar de P em mudas de umbuzeiro.

O estágio de crescimento tem influência direta sobre os teores de P nas planta. No caso específico desse experimento, salienta-se que o nível crítico foliar de P em umbuzeiro foi determinado para a fase de muda, sendo

necessários mais estudos para a determinação do mesmo em outras fases de crescimento.

4 CONCLUSÕES

A dose de 281 mg dm^{-3} de P é indicada para a produção de mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distroférico.

Mesmo quando bem nutrido em P, o umbuzeiro investe mais na formação do seu sistema radicular do que na parte aérea.

A adubação fosfatada proporciona aumentos nos teores foliares de P em umbuzeiros.

A ordem de acúmulo dos macronutrientes na parte aérea de mudas de umbuzeiros adubados com P é $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} = \text{S}$.

A faixa crítica de P nas folhas das mudas do umbuzeiro é de 1,52 a 1,91 g kg^{-1} .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONFIM, E. M. S.; FREIRE, F. J.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, T. J. A.; FREIRE, M. B. G. S. Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 281-288, mar./abr. 2004.
- CARVALHO, J. G.; GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; GONÇALVES, S. M.; CLEMENTE, F. M. T. Caracterização de sintomas visuais deficiências de macronutrientes em mudas de umbuzeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., Florianópolis. **Anais... Florianópolis-SC**, 2004. 1 CD-ROM.
- CARVALHO, J. G.; NEVES, O. S. C. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. Lavras: Editora UFLA, 2004. 60 p.
- FERNANDES, C.; MURAOKA, T. Absorção de fósforo por híbridos de milho cultivados em solo de cerrado. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.4, p.781-787, out./dez. 2002.
- FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. B. do. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, jun. 2000.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais... São Carlos: UFSCar**, 2000. p. 255-258.
- GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais... Brasília: EMBRAPA**, 1984. p. 255-290.
- GONDIM, T. M. S.; SILVA, H.; SILVA, A. Q.; CARDOSO, E. A. Período de ocorrência de formação de xilopódios em plantas de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) propagadas sexualmente e assexuadamente. A. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 33-38, out. 1991.

GUPTA, R. K.; SINGH, R. S.; GUPTA, N.; YADAV, A. S. Effect of phosphorus application on the transformation of iron in soil and iron nutrition of rice under two soil moisture regimes. **Journal Indian Society Soil Science**, New Delhi, v. 30, n. 1, p. 58-62, Jan. 1982.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba – SP: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

NASCIMENTO, C. E. de S.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de. **Produção de mudas enxertadas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda)**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 2000. 13 p. (Embrapa Semi-árido. Circular técnica ; n. 48).

NEVES, O. S. C. **Nutrição mineral e crescimento de muras de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), em solução nutritiva, em função de níveis de salinidade**. 2003. 70 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de P. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 343-349, maio/jun. 2004a.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; HOJO, R. H. **Nível ótimo de saturação por bases para mudas de umbuzeiro cultivadas em latossolo vermelho distroférico**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA FERTIBIO, 2004. **Anais...** Lages, SC, 2004b.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo-SP: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

SANTOS, H. Q. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. 1999. 80 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, H.; SILVA, A. Q.; OLIVEIRA, A. R.; CAVALCANTE, F. B. Algumas informações pomológicas do umbuzeiro da Paraíba. II. Características tecnológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas, SP. Resumos... Campinas: SBF, 1987. v. 1. p. 691-696.

SILVA, H.; SILVA, A. Q. da; ROQUE, M. L.; MALAVOLTA, E. Composição mineral do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBF/EMPASC, 1984. v. 4, p. 1129-1134.

SINGH, M.; SINGH, S. P. Zinc and phosphorus interaction in submerged paddy. *Soil Science*, Baltimore, v. 129, n. 3, p. 171-180, Mar. 1980.

CAPÍTULO V

CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO MINERAL E NÍVEL CRÍTICO FOLIAR DE POTÁSSIO EM MUDAS DE UMBUZEIRO, EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA.

RESUMO

O umbuzeiro é uma frutífera originária da região nordeste do Brasil e se caracteriza pela alta tolerância à seca. O crescimento, a nutrição mineral e o nível crítico foliar de K em mudas de umbuzeiros crescidas num Latossolo Vermelho distroférico, em função de doses de potássio, foram avaliados neste experimento. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e seis doses de K (0, 30, 60, 120, 240 e 480 mg dm⁻³). A adubação potássica foi realizada parceladamente, em quatro aplicações, tendo como fontes o sulfato de potássio e o cloreto de potássio. Analisando os resultados verifica-se que, enquanto para atingir a máxima produção de folhas a dose de potássio é de 137 mg dm⁻³, a máxima produção de raízes só acontece na dose de 229 mg dm⁻³. Os teores foliares de K nas mudas do umbuzeiro aumentam com a adubação potássica. O nível crítico de K nas folhas das mudas do umbuzeiro é de 3,40 a 6,04 g kg⁻¹.

ABSTRACT

GROWTH, MINERAL NUTRITION AND FOLIAR CRITICAL LEVEL OF POTASSIUM IN UMBUZEIRO SEEDLINGS, IN FUNCTION OF THE POTASSIUM FERTILIZATION.

The umbuzeiro is original of the Northeast of Brazil and it is characterized by tolerance to the drought. The growth, the mineral nutrition and the foliar critical level of K in umbuzeiro seedlings, grown in distroferic Red Latosol, in function of potassium doses, were evaluated in this experiment. The experimental design was randomized blocks with four replications and six doses of K (0, 30, 60, 120, 240 and 480, mg dm⁻³). The potassium fertilization was realized in four applications, tends as sources the potassium sulfate and the potassium chloride. The highest production of leaves occur in the dose of 137 mg dm⁻³ of K and, the highest production of roots at the dose of 229 mg dm⁻³ of K. The foliar contents of K in the umbuzeiro seedlings are increase with the potassium fertilization. The critical level of K in the leaves of the umbuzeiro seedlings range from 3.40 to 6.04 g kg⁻¹.



1 INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) é uma frutífera adaptada a sobreviver e produzir sob condição de estresse hídrico. Apesar de sua distribuição ser dispersa, consagra-se como uma espécie frutífera de grande importância econômica, social e ecológica para o semi-árido nordestino (Silva et al., 1987). A comercialização dos frutos, colhidos de forma extrativista, representa uma fonte de renda importante para muitas famílias nordestinas, chegando a contribuir com até a metade da renda média anual das mesmas (Gondim et al., 1991). Assim, pode-se pensar no umbuzeiro como uma alternativa viável para o desenvolvimento agrícola da região semi-árida do Nordeste do Brasil.

Neves (2003), embasado em citações de vários autores, relata a escassez de estudos sobre o umbuzeiro. Até então, apesar da importância que essa planta apresenta para os sertanejos, existem poucos trabalhos publicados, destacadamente na área da nutrição mineral.

A deficiência de K em umbuzeiros caracteriza-se, inicialmente, por uma clorose das folhas mais novas (rede verde fina das nervuras sobre fundo amarelado); esse sintoma também é descrito para a deficiência de Fe. Malavolta et al. (1997) citam que em algumas culturas a deficiência de K induz a uma deficiência de Fe devido ao acúmulo desse último nos internódios (dificuldades no transporte). Posteriormente, com o agravamento da deficiência é observada uma pequena necrose marginal das pontas das folhas, iniciando-se pelas folhas mais velhas (Carvalho et al., 2004; Carvalho & Neves, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, a nutrição mineral e o nível crítico foliar de K em mudas de umbuzeiros cultivadas num Latossolo Vermelho distroférico, em função da adubação potássica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste, com altitude de 910 m, sendo conduzido de julho de 2004 a fevereiro de 2005.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e seis doses de K (0, 30, 60, 120, 240 e 480 mg dm⁻³). A parcela foi composta por vaso com capacidade para 8 dm³, com altura de 50 cm, preenchidos com Latossolo Vermelho distroférico, cuja caracterização química se encontra na Tabela 1, com uma planta por vaso. A adubação potássica foi realizada parceladamente, em quatro aplicações, via solução, tendo como fontes o sulfato de potássio e o cloreto de potássio.

A calagem foi feita com CaCO₃ e MgCO₃ (p.a.), na relação 3:1 (Ca:Mg), visando a elevação do nível de saturação por bases a 80% (Neves et al., 2004). Depois de peneirado, o solo foi misturado aos corretivos e incubado por quinze dias. A adubação complementar, em mg dm⁻³, incluindo o S aplicado quando da adubação potássica, foi a seguinte: N = 300; K = 300; S = 60; B = 0,5; Cu = 1,5; Zn = 5,0 e Mo = 0,1.

TABELA 1 Análise química do solo (Latossolo Vermelho distroférico) utilizado no experimento*.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S-SO ₄	V	
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³				dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³							%
4,9	1,2	13	0,7	0,2	0,9	7,0	3,0	1,2	47,3	4,8	1,5	0,4	8,9	13,3	

* pH em água; P, K, Fe, Zn, Mn e Cu pelo extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al pelo extrator KCl 1 N; B – extrator água quente; H + Al pelo extrator SMP e; S-SO₄ pelo extrator fosfato monocálcico em ácido acético.

A reposição de umidade foi feita diariamente, utilizando-se água deionizada para elevar a 60% do volume total de poros, sendo o volume a ser adicionado determinado através de pesagens dos vasos.

As sementes passaram pelo processo de quebra de dormência através de escarificação mecânica, conforme recomendação de Nascimento et al. (2000), e foram germinadas em vermiculita. Após 20 dias da emergência, as mudas com altura média de 9,5 cm foram transplantadas para vasos com os tratamentos.

Ao final do experimento foram avaliados a altura (cm) e o diâmetro do caule (mm) e, depois de colhido, o material vegetal foi separado em raízes, caule e folhas, lavado em água corrente e destilada, seco em estufa a 70°C até peso constante e a matéria seca correspondente a cada uma das partes foi pesada ($g\ planta^{-1}$), moída; em seguida, foram realizadas as determinações químicas para os teores dos nutrientes no caule e nas folhas. Ainda, calculou-se a relação parte aérea / raiz.

Através do extrato nítrico-perclórico foram determinados os teores de P por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; K e Na por fotometria de chama; S por turbidimetria do sulfato de bário; N total pelo método semimicro Kjeldahl; e os teores de B, após digestão por via seca, foram determinados por colorimetria (método da curcumina) (Malavolta et al., 1997).

A partir dos teores dos nutrientes e com base na matéria seca das plantas, calculou-se o acúmulo dos elementos na parte aérea das mudas de umbuzeiro (somatório do acúmulo no caule e nas folhas).

Os dados obtidos foram submetidos à análise variância mediante significância do teste F e, quando significativos, realizaram-se análises de regressão. As análises de variância e de regressão foram feitas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

O nível crítico foliar de K foi obtido estimando-se a dose de K aplicada ao solo que proporcionou a produção de 90% da matéria seca das mudas de umbuzeiro e aquela acima do ponto de máxima eficiência física que proporcionou uma redução de 10% na produção. Em seguida, essas doses foram substituídas na equação de regressão para os teores foliares K, obtendo-se, assim, uma faixa correspondente ao nível crítico desse nutriente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento

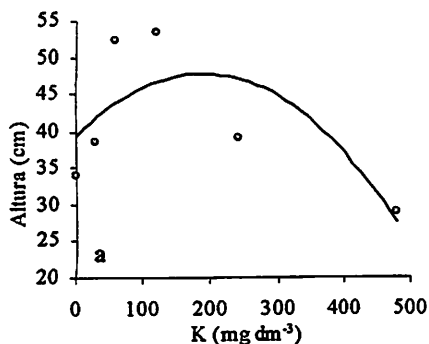
A adubação potássica influenciou significativamente a altura, o diâmetro do caule, o acúmulo de matéria seca de raiz, caule, folha e total e a relação parte aérea / raiz das mudas do umbuzeiro. Esse resultado indica que o K existente naturalmente no solo não foi suficiente para sustentar o adequado crescimento dos umbuzeiros e que a adição do mesmo estimulou o desenvolvimento das plantas.

Na Figura 1 estão apresentados os resultados da altura das plantas, diâmetro do caule, matéria seca de raiz, caule, folhas e total e da relação parte aérea / raiz. Observa-se que com o aumento das doses de K até o nível de 187 mg dm⁻³, as mudas de umbuzeiro responderam em altura; em doses superiores a esta, as plantas apresentaram menor crescimento, relacionado, possivelmente, ao excesso de K aplicado nas doses mais altas. Já para o diâmetro do caule das mudas do umbuzeiro, o K aplicado ao solo apresentou efeito negativo, ou seja, com o aumento das doses houve uma redução linear dessa medida.

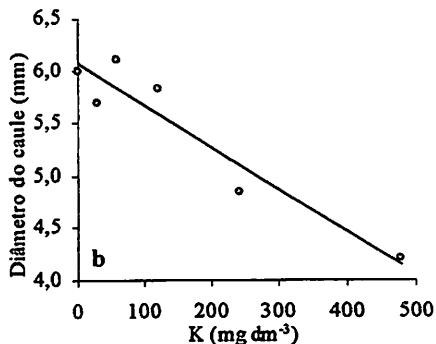
Para a matéria seca das folhas (Figura 1 c), na dose calculada de 137 mg dm⁻³ de K, o umbuzeiro atingiu sua máxima produção física (1,99 g planta⁻¹). Provavelmente, nas doses mais altas o potássio foi absorvido e, devido à sua alta mobilidade na planta, foi translocado para as folhas, apresentando-se como tóxico às mesmas.

A espessura do caule decresceu linearmente com a adubação potássica; já a altura das mudas teve comportamento quadrático e, como resultado da ponderação dessas duas variáveis, a matéria seca do caule (Figura 1 c) foi aumentada até a dose estimada de 192 mg dm⁻³ de K, quando atingiu 2,60 g planta⁻¹, sendo reduzida a partir dessa dose. Já as raízes (Figura 1 d)

$$y = 39,372 + 0,08873x - 0,000236x^2 \quad R^2 = 0,54^{**}$$

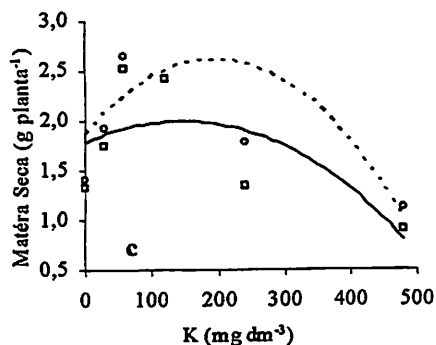


$$y = 6,0636 - 0,0044x \quad R^2 = 0,91^{**}$$



$$MSC(o) y = 1,859 + 0,007696x - 0,00002x^2 \quad R^2 = 0,50^*$$

$$MSF(\square) y = 1,783 + 0,00302x - 0,000011x^2 \quad R^2 = 0,50^{**}$$



$$MST(o) y = 8,421 + 0,030855x - 0,000074x^2 \quad R^2 = 0,51^{**}$$

$$MSR(\square) y = 4,778 + 0,020138x - 0,000044x^2 \quad R^2 = 0,53^{**}$$

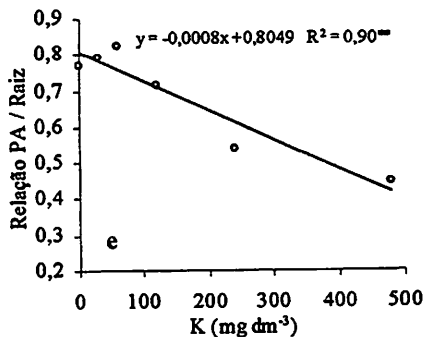
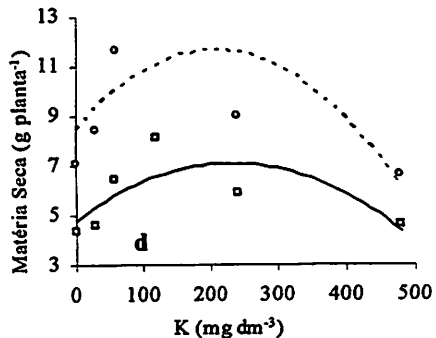


FIGURA 1 Altura (a), diâmetro do caule (b), matéria seca do caule-MSC e matéria seca das folhas-MSF (c), matéria seca das raízes-MSR e matéria seca total-MST (d) e relação parte aérea / raiz (e) de mudas de umbuzeiro, em função de doses de potássio.

apresentaram aumento na produção de matéria seca até a dose de 229 mg dm⁻³ de K, com acentuada redução a partir dessa dose. Por ser uma planta adaptada a condições de estresse hídrico e o mecanismo dessa adaptação estar localizado nas raízes, essa parte do umbuzeiro foi menos prejudicada nas maiores doses de K.

A matéria seca total das mudas do umbuzeiro, devido ao aumento na produção das raízes, apresentou incremento até a dose de 208 mg dm⁻³ de K; nessa dose, a produção foi de 11,64 g planta⁻¹ (Figura 1 d).

Ao se comparar a relação percentual entre as três partes estudadas (matéria seca de raiz, caule e folhas), na dose de máxima produção de matéria seca total (208 mg dm⁻³ de K), verifica-se que 61,0% da matéria seca das mudas do umbuzeiro foram alocadas para o sistema radicular, 22,3% para o caule e 16,7% para as folhas. É importante observar que mesmo bem nutrido em K, o umbuzeiro concentra compostos orgânicos no sistema radicular.

A relação parte aérea / raiz (Figura 1 e) apresentou uma redução com o aumento das doses de K aplicadas ao solo, sendo esse efeito devido a uma maior adaptação das raízes em conviverem com concentrações salinas mais elevadas, conforme sugerido por Neves (2003). A produção de matéria seca das raízes, mesmo nas doses que proporcionaram redução de produção, foi menos prejudicada que a produção de matéria seca do caule e das folhas. Comparativamente, da dose 0 mg dm⁻³ de K para a dose de 480 mg dm⁻³ de K, a relação parte aérea / raiz foi reduzida em 100%, passando de 0,8 para 0,4, respectivamente.

3.2 Teores e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea

As doses de K aplicadas ao solo influenciaram os teores foliares de K e Mg e os teores de S no caule. Os demais macronutrientes não sofreram influência nos seus teores (caule ou folha) nas mudas de umbuzeiro.

As médias detectadas para os teores foliares de N, P, Ca e S foram, respectivamente, 24,68, 1,80, 34,51, 2,28 g kg⁻¹, e para os teores no caule, foram N = 9,84 g kg⁻¹; P = 0,89 g kg⁻¹; K = 4,88 g kg⁻¹; Ca = 6,77 g kg⁻¹ e Mg = 1,17 g kg⁻¹.

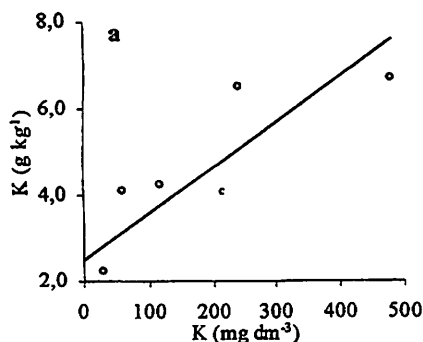
É importante destacar que os teores de K no caule não foram influenciados pelas doses desse nutriente aplicadas ao solo, provavelmente devido ao fato de esse elemento ser altamente móvel nas planta (Malavolta et al., 1997) e não fazer parte de compostos orgânicos, estando livre nas mesmas (Marschner, 1995). Sabe-se que o K atua em processos osmóticos, na síntese de proteínas e na manutenção de sua estabilidade, na abertura e fechamento dos estômatos, na permeabilidade da membrana e no controle do pH (Malavolta et al., 1997).

Com o aumento das doses de K, a disponibilidade deste no solo foi aumentada e as mudas do umbuzeiro o absorveram em maior quantidade; conseqüentemente, o seu transporte para as folhas foi aumentado. Como reflexo, o teor foliar de K incrementou linearmente (Figura 2 a). Na dose de 0 mg dm⁻³ de K, o teor de K nas folhas das mudas do umbuzeiro foi de 2,52 g kg⁻¹, passando para 4,72 g kg⁻¹ na dose que proporcionou a maior produção de matéria seca (208 mg dm⁻³ de K), refletindo num aumento de 1,9 vezes, ou de 87%.

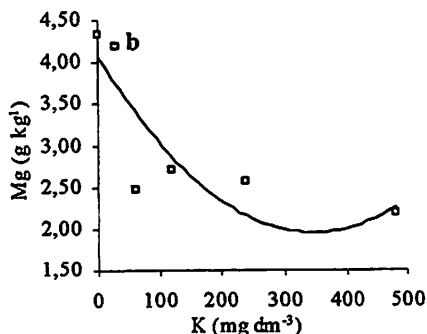
Até a dose estimada de 339 mg dm⁻³ de K, os teores de Mg nas folhas das mudas do umbuzeiro sofreram reduções significativas (Figura 2 b). Já os teores de S no caule foram aumentados de forma linear no sentido do aumento das doses de K (Figura 2 c) e os teores foliares de Mn, como ilustrado na Figura 2 d,

responderam de forma quadrática, aumentando até a dose calculada de 247 mg dm⁻³ de K, correspondendo a 236,00 mg kg⁻¹, voltando a decrescer a partir da referida dose.

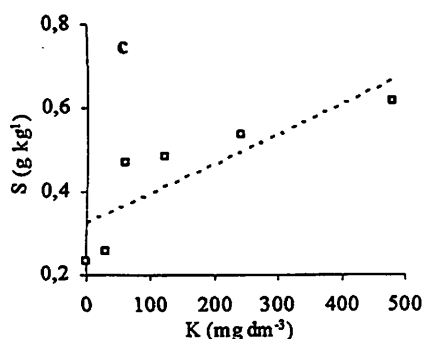
○ Folha $y = 2,5195 + 0,010585x$ $R^2 = 0,75^{**}$



○ Folha $y = 4,067 - 0,012204x + 0,000018x^2$ $R^2 = 0,69^*$



□ Caule $y = 0,3216 - 0,000715x$ $R^2 = 0,70^{**}$



○ Folha $y = 129,58 + 0,861x - 0,0017x^2$ $R^2 = 0,61^{**}$

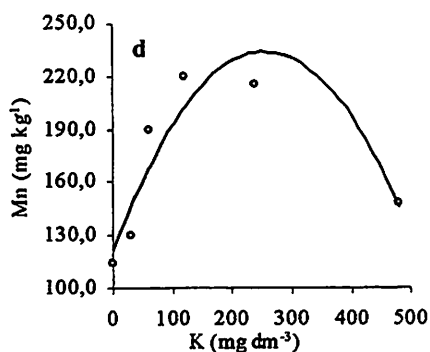


FIGURA 2 Teores de potássio (a), magnésio (b), enxofre (c) e manganês (d) em mudas de umbuzeiros, em função de doses de K.

Excetuando os teores foliares de Mn, os teores dos demais micronutrientes (folhas e caule) não foram influenciados pela adubação potássica, visto que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Nas folhas, os teores médios de B, Cu, Fe e Zn foram de 42,29, 6,41, 200,81 e 13,38 mg kg⁻¹, respectivamente, e no caule, a média encontrada foi a

seguinte: 16,04 mg kg⁻¹ de B; 3,55 mg kg⁻¹ de Cu; 14,91 mg kg⁻¹ de Fe; 39,33 mg kg⁻¹ de Mn e 5,68 mg kg⁻¹ de Zn.

Segundo Carvalho & Neves (2004), plantas de umbuzeiro que não são supridas adequadamente com K acumulam Fe no caule, induzindo a deficiência desse último. Apesar de não ser detectada diferença significativa entre os tratamentos, verificou-se que no tratamento que não recebeu adubação potássica os teores de Fe no caule foram de 18,24 g kg⁻¹ e a média geral foi de 14,91 g kg⁻¹.

Dentre todos os nutrientes estudados, apenas os acúmulos de N, P e K na parte aérea das mudas do umbuzeiro foram influenciados pelas doses de K aplicadas ao solo.

O P acumulado na parte aérea das mudas de umbuzeiro seguiu uma função quadrática, como apresentado na Figura 3 a; através da qual se pode observar que na dose calculada de 187 mg dm⁻³ de K foi atingido o máximo acúmulo (0,006 g planta⁻¹). O mesmo comportamento foi observado para o acúmulo de N (Figura 3 b), em que a dose calculada de 150 mg dm⁻³ de K proporcionou o acúmulo de 0,072 g planta⁻¹.

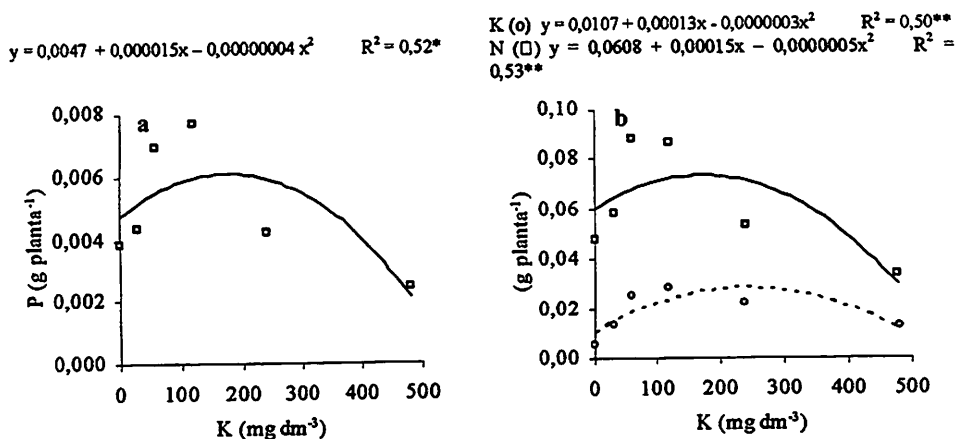


FIGURA 3 Acúmulo de fósforo (a), de nitrogênio e potássio (b) na parte aérea de mudas de umbuzeiro, em função de doses de K.

Como reflexo da produção de matéria seca e dos teores de K nas folhas, o acúmulo de K na parte aérea das mudas de umbuzeiro foi influenciado pela adubação potássica. O comportamento de resposta para essa variável foi quadrático, com incremento no acúmulo até a dose estimada de 216 mg dm^{-3} de K, conforme apresentado na Figura 3 b. A máxima acumulação atingida na referida dose foi de $0,025 \text{ g planta}^{-1}$.

Como reflexo da produção de matéria seca e dos teores de K nas folhas, o acúmulo de K na parte aérea das mudas de umbuzeiro foi influenciado pela adubação potássica. O comportamento de resposta para essa variável foi quadrático, com incremento no acúmulo até a dose estimada de 216 mg dm^{-3} de K, conforme apresentado na Figura 3 b. A máxima acumulação atingida na referida dose foi de $0,025 \text{ mg planta}^{-1}$.

3.3 Nível crítico foliar de K

Após o cálculo da dose de K aplicada ao solo que proporcionou o alcance de 90% da produção da matéria seca total e da dose acima do ponto de máxima produção física que reduziu em 10% a produção desta, as doses obtidas foram substituídas na equação de regressão para os teores foliares de K, obtendo-se uma faixa corresponde ao nível crítico foliar de K nas mudas de umbuzeiro (Figura 4). O nível crítico foliar de K foi de 3,40 a $6,04 \text{ g kg}^{-1}$. Dessa forma, considera-se que mudas de umbuzeiro que apresentarem teores foliares de K dentro desta faixa estão bem nutridas nesse nutriente. Teores abaixo de $3,40 \text{ g kg}^{-1}$ podem indicar deficiência de K e acima de $6,04 \text{ g kg}^{-1}$, excesso.

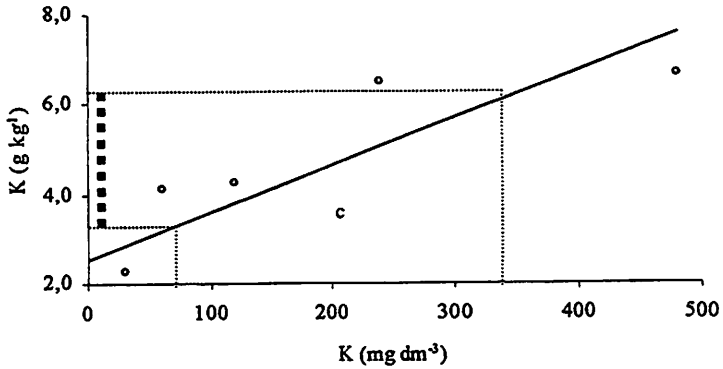


FIGURA 4 Nível crítico foliar de K em mudas de umbuzeiro.

A determinação do requerimento nutricional e da diagnose nutricional das plantas é baseada na expectativa de que haja estreita correlação entre a disponibilidade do nutriente no solo, o teor do elemento na folha e a produção (Malavolta et al., 1997). Os valores de níveis críticos na parte aérea das plantas, mais propriamente nas folhas, são amplamente utilizados como padrões na interpretação dos resultados de análises foliares, cabendo destacar apenas que a fase de crescimento da cultura tem grande influência sobre os teores dos nutrientes e, para o umbuzeiro, o nível crítico foliar de K foi determinado para a fase de muda, sendo necessários mais estudos para a determinação do mesmo em outras fases de crescimento. Por exemplo, num experimento de levantamento do estado nutricional de umbuzeiros adultos, em campo e na fase de produção, Silva et al. (1984) encontraram teores foliares de K da ordem de 10 g kg⁻¹.

4 CONCLUSÕES

A máxima produção de matéria seca de folhas pelas mudas de umbuzeiro crescidas em Latossolo Vermelho distroférico é atingida na dose estimada de 137 mg dm^{-3} de K e a máxima produção de raízes, na dose de 229 mg dm^{-3} de K.

Os teores foliares de K nas mudas do umbuzeiro aumentam com a adubação potássica.

O nível crítico de K nas folhas das mudas do umbuzeiro é de 3,40 a 6,04 g kg^{-1} .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, J. G.; GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; GONÇALVES, S. M.; CLEMENTE, F. M. T. Caracterização de sintomas visuais deficiências de macronutrientes em mudas de umbuzeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis-SC, 2004. 1 CD-ROM.
- CARVALHO, J. G.; NEVES, O. S. C. **Umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). Lavras: Editora UFLA, 2004. 60 p.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- GONDIM, T. M. S.; SILVA, H.; SILVA, A. Q.; CARDOSO, E. A. Período de ocorrência de formação de xilopódios em plantas de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) propagadas sexualmente e assexuadamente. A. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 33-38, out. 1991.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba – SP: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- NASCIMENTO, C. E. de S.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de. **Produção de mudas enxertadas de umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arruda). Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 2000. 13 p. (Embrapa Semi-árido. Circular técnica ; n. 48).
- NEVES, O. S. C. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), em solução nutritiva, em função de níveis de salinidade. 2003. 70 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; HOJO, R. H. Nível ótimo de saturação por bases para mudas de umbuzeiro cultivadas em latossolo vermelho distroférico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E

NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA FERTBIO, 2004, Lages. *Anais...* Lages, SC, 2004.

SILVA, H.; SILVA, A. Q.; OLIVEIRA, A. R.; CAVALCANTE, F. B. Algumas informações pomológicas do umbuzeiro da Paraíba. II. Características tecnológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas, SP. *Resumos...* Campinas: SBF, 1987. v. 1. p. 691-696.

SILVA, H.; SILVA, A. Q. da; ROQUE, M. L.; MALAVOLTA, E. Composição mineral do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: SBF/EMPASC, 1984. v. 4, p. 1129-1134.

