

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL  
DE MUDAS DE AÇAIZEIRO  
(*Euterpe oleracea* Mart.)**

**HUMBERTO UMBELINO DE SOUSA**

**2000**

50512

35702

HUMBERTO UMBELINO DE SOUSA

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE AÇAIZEIRO

(*Euterpe oleracea* Mart.)

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. José Darlan Ramos

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2000

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

Sousa, Humberto Umbelino de

Crescimento e nutrição mineral de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart)  
/ Humberto Umbelino de Sousa. -- Lavras : UFLA, 2000.

124 p. : il.

Orientador: José Darlan Ramos.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Propagação. 2. Fruticultura. 3. Nutrição mineral. 4. Cálcio. 5. Potássio. 6.  
Sódio. 7. Cloreto. 8. *Arecaceae*. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.9745

HUMBERTO UMBELINO DE SOUSA

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE AÇAIZEIRO**  
(*Euterpe oleracea* Mart.)

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 01 de novembro de 2000

Pesquisador Dr. Aldo Arnaldo de Medeiros	EMBRAPA/EMPARN
Prof. Dr. Berildo de Melo	UFU
Prof. Dr. João Batista Donizeti Corrêa	UFLA
Prof. Dr. Moacir Pasqual	UFLA



Prof. Dr. José Dairlan Ramos

UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus pais, Umbelino Francisco de Sousa e Tereza Gomes de Sousa (*in memorian*), exemplos de humildade e dedicação,**

**À Jailma Vieira de Sousa, minha Esposa, e Ewerton Umbelino de Sousa, meu filho, por compreenderem os momentos em que não foi possível me fazer presente, e pela constante dedicação ao longo de nossa caminhada,**

**DEDICO!**

**Aos meus irmãos e irmãs,**

**OFEREÇO!**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me dado saúde e disposição ao longo dessa caminhada.

À Universidade Federal de Lavras-UFLA, pela oportunidade de realização do Curso.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN, pela oportunidade concedida para realização do Curso de Doutorado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, pela oportunidade concedida de continuação do Curso mesmo após minha contratação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos Professores José Darlan Ramos, Janice Guedes de Carvalho e Moacir Pasqual pela orientação e ensinamentos transmitidos ao longo do Curso.

Aos demais membros da banca examinadora pelas contribuições apresentadas neste trabalho.

Ao Departamento de Ciência do Solo-UFLA pela cessão da casa de vegetação, laboratório e demais dependências para realização deste trabalho.

Ao Pesquisador/EPAMIG, Dr. Hugo Adelande Mesquita, pela cessão do solo Gleí Húmico utilizado neste trabalho.

Ao Técnico Agrícola Pedro Ferreira de Souza, Gerente da Fazenda Experimental de Lambari, de propriedade da EPAMIG, pelo empenho na coleta e transporte do solo.

Ao Engenheiro Agrônomo Antonio Rodrigues Fernandes pela orientação no preparo das soluções.

A Adalberto Ribeiro, Laboratorista DCS-UFLA, pela realização da análise química das plantas.

**Ao Pesquisador/Embrapa, Gilvan Coimbra Martins, pelos trabalhos fotográficos do experimento.**

**À Engenheira Agrônoma Ester Alice Ferreira pela ajuda durante a avaliação do experimento.**

**Aos colegas de Curso da Pós-graduação pela agradável convivência durante nossa estada na UFLA e também em Lavras.**

**A todos, muito obrigado!**

## BIOGRAFIA

Humberto Umbelino de Sousa, filho de Umbelino Francisco de Sousa e Tereza Gomes de Sousa, nasceu em Natal-RN, em 26 de fevereiro de 1963.

Fez o curso primário no Grupo Escolar Belmira Lara, em São José de Campestre-RN, com início em 1971 e término em 1975. De 1976 a 1979 realizou o curso ginásial no Ginásio Estadual Diógenes da Cunha Lima, em São José de Campestre-RN. Em março de 1980, iniciou o Curso Técnico em Agropecuária no Colégio Agrícola de Jundiá, em Macaíba-RN, concluindo-o em janeiro de 1983. Em outubro de 1984, iniciou o Curso de Engenharia Agrônoma na Escola Superior de Agricultura de Mossoró-ESAM, em Mossoró-RN, graduando-se Engenheiro Agrônomo em janeiro de 1989.

Em fevereiro de 1989 foi contratado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN, atuando na área de Pesquisa com culturas anuais e posteriormente em fruticultura até novembro de 1998.

Em março de 1992 iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia/Fitotecnia/Fruticultura na Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL, em Lavras-MG, obtendo o título de Mestre em Ciência em agosto de 1994.

Em Março de 1997 iniciou o Curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia/Fruticultura na Universidade Federal de Lavras-UFLA, em Lavras-MG, obtendo o título de Doutor em Ciência em novembro de 2000.

Em novembro de 1998 foi contratado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, atuando como Pesquisador na área de Fruticultura, encontrando-se lotado na Embrapa Meio-Norte situada em Teresina-PI.



# SUMÁRIO

## Página

<b>RESUMO</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
1 Introdução geral.....	1
2 Referencial teórico.....	2
3 Referências bibliográficas.....	9
<b>CAPÍTULO 2: Relação cálcio, potássio e sódio sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas de açazeiro (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.) em solução nutritiva</b> .....	14
1 Resumo.....	14
2 Abstract.....	15
3 Introdução.....	16
4 Material e métodos.....	17
5 Resultados e discussão.....	20
5.1 Características de crescimento.....	20
5.2 Nutrição mineral de mudas de açazeiro.....	29
5.2.1 Acúmulo de nutrientes na matéria seca da raiz.....	29
5.2.2 Acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea.....	40
5.2.3 Acúmulo de nutrientes na matéria seca total.....	50
5.2.4 Translocação de nutrientes.....	59
6 Conclusões.....	65
7 Referências bibliográficas.....	65
<b>CAPÍTULO 3- Crescimento e nutrição mineral de mudas de açazeiro (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.) em função de cloreto de sódio e potássio</b> .....	69
1 Resumo.....	69
2 Abstract.....	70
3 Introdução.....	71
4 Material e métodos.....	72
5 Resultados e discussão.....	76
5.1 Características de crescimento.....	76
5.2 Acúmulo de nutrientes.....	91
6 Conclusões.....	118
7 Referências bibliográficas.....	119

## RESUMO

SOUSA, Humberto Umbelino de. **Crescimento e nutrição mineral de mudas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Lavras: UFLA, 2000. 124p. (Tese - Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)\*

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras-UFLA. No primeiro experimento foram testadas diferentes relações entre os cátions cálcio, potássio e sódio sobre o crescimento e nutrição de mudas de açazeiro em solução nutritiva. Empregou-se o delineamento de blocos casualizados, com nove tratamentos em quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por sete relações entre cálcio e potássio (4:2, 3:3, 2:4, 1:5, 5:1, 6:0 e 0:6) e por dois tratamentos adicionais referentes a duas relações entre potássio e sódio (1:2 e 2:0) na solução nutritiva. A parcela experimental foi constituída por um vaso plástico com capacidade para três litros de solução contendo duas plantas/vaso. Avaliaram-se as características físicas de crescimento altura da muda, diâmetro do estipe, produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total, relação raiz /parte aérea e aspectos nutricionais referentes ao acúmulo de nutrientes na matéria seca da raiz, parte aérea, acúmulo total e translocação de nutrientes. A relação cálcio/potássio influenciou em todas as características avaliadas, ao passo que a relação potássio/sódio não afetou significativamente o crescimento e a nutrição mineral das mudas. No segundo experimento foram avaliadas diferentes doses de cloreto de sódio e potássio sobre o crescimento e nutrição de mudas de açazeiro cultivadas em solo. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2 x 3 x 4 (solo: Glei Húmico e Latossolo Vermelho Escuro; NaCl: 0; 254 e 508 mg.dm<sup>-3</sup> e KCl: 200; 300; 400 e 500 mg.dm<sup>-3</sup>), com quatro repetições. A parcela experimental foi representada por um vaso plástico com capacidade para 7,5 litros de solo, contendo duas plantas. Foram avaliadas as características de crescimento: altura da muda, diâmetro do estipe, produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total, relação raiz parte aérea, e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea das mudas 157 dias após a aplicação dos tratamentos. Observou-se que o crescimento das mudas e o acúmulo de todos nutrientes foram influenciados tanto pelas doses de NaCl e KCl, bem como pelo tipo de solo no qual as mudas foram cultivadas.

---

\* Comitê Orientador: José Darlan Ramos-UFLA (Orientador), Janice Guedes de Carvalho-UFLA e Moacir Pasqual-UFLA.

## ABSTRACT

SOUSA, Humberto Umbelino de. **Growth and mineral nutrition of açai seedlings (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Lavras: UFLA, 2000. 124p. (Thesis - Doctorate in Agronomy/Crop Science)\*

Two experiments were conducted in greenhouse of the Department of Soil Science of the Federal University of Lavras-UFLA. In the first experiment were tested different ratios among the cations calcium, potassium and sodium upon the growth and nutrition of açai seedlings in nutrition solution. The randomized block design with nine treatments in four replicates was employed. The treatments consisted of seven ratios between calcium and potassium (4:2, 3:3, 2:4, 1:5, 5:1, 6:0 e 0:6) and of two additional treatments concerning to the two ratios between sodium and potassium (1:2 and 2:0) in the nutrition solution. The experimental plot was made up of plastic pot with a capacity of three liters of solution containing two plants. The physical characteristics of growth, seedling height, diameter of the stipe, yield of the dry matter of the root, shoot, total dry matter, root/shoot ratio and nutritional aspects concerning the accumulation of nutrients in the dry matter of the root, shoot, total accumulation and nutrient translocation. The calcium/potassium ratio influenced all the characteristics evaluated while the potassium/sodium did not affect significantly growth and mineral nutrition of seedlings. In the second experiment different doses of sodium and potassium chloride were evaluated upon the growth and nutrition of açai seedlings cultivated in soil. Randomized block design with the treatments arranged in the factorial scheme 2 x 3 x 4 factorial (soil: Humic Glei and Dark Red Latossoil; NaCl: 0; 254 and 508 mg.dm<sup>-3</sup> and KCl 200; 300; 400 and 500 mg.dm<sup>-3</sup>), with four replicates was utilized. The experimental plot was represented by a plastic bucket with a capacity of 7.5 liters of soil containing two plants. 157 days after the application of the treatments the growth characteristics seedling height, stipe diameter, yield of dry matter of root, shoot and total, root/shoot ratio and accumulation of macro and micronutrients in the shoot of seedlings were evaluated. It was observed that the growth of the seedlings and accumulation of all nutrients were influenced both by the doses of NaCl and KCl and by the soil type in which the seedlings were grown.

---

\* Guidance Committee: José Darlan Ramos-UFLA (Adviser), Janice Guedes de Carvalho-UFLA e Moacir Pasqual-UFLA.

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é considerado uma das espécies vegetais mais importantes da Amazônia, ocorrendo de forma espontânea nos Estados do Pará, Amazonas, Maranhão e Amapá, onde açazais nativos são encontrados no estuário do Rio Amazonas, em solos de várzea, igapós e terra firme. Estima-se que a área ocupada pelo açaizeiro é de aproximadamente 1.000.000 ha, com produção de 151,886 mil toneladas de frutos e 86,08 mil toneladas de palmito, destacando-se os Estados do Pará, Maranhão, Amapá, Amazonas, Rondônia, Tocantins e Mato Grosso (Oliveira, Carvalho e Nascimento, 2000). O Estado do Pará é o maior produtor nacional com 144,412 mil toneladas, enquanto o Maranhão ocupa a segunda posição com produção de 5,335 mil toneladas de frutos (Anuário..., 1998).

O crescimento desordenado das indústrias de processamento do palmito levou quase à exterminação da espécie por causa do seu caráter extrativista e predatório, pois a planta é sacrificada para a extração do palmito. Mais recentemente houve mudança no hábito do consumo de frutas no Brasil, onde espécies nativas vêm assumindo importância significativa no contexto frutícola. Dentre as espécies emergentes, destaca-se o açaizeiro, cujo fruto é utilizado para inúmeras finalidades, especificamente na produção de sucos, sorvetes e picolés, sendo distribuído para todo o território nacional na forma de polpa congelada, o que tem contribuído para o aumento do seu consumo.

No Brasil, o açaizeiro é explorado de forma extrativa, em função da ausência de plantios comerciais, principalmente em decorrência da falta de informações técnicas necessárias ao seu cultivo racional, notadamente no que se refere às exigências nutricionais e relação entre os nutrientes que propiciem

maior crescimento da planta e da produção. No entanto, cultivos racionais vêm despertando grande interesse de agricultores e grupos empresariais, motivados pelas perspectivas promissoras tanto no mercado interno quanto externo, bem como pela regulamentação por parte dos órgãos ambientais em relação à exploração dos açazeais nativos.

Mesmo considerando a significativa importância do açazeiro como produtor de frutas e da expansão do mercado de sua bebida, inexistem estudos em relação aos aspectos nutricionais durante a formação de suas mudas, visando a subsidiar o crescimento da exploração racional do açazeiro.

Em função do exposto, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos que venham auxiliar os produtores com vistas ao suprimento de nutrientes para mudas de açazeiro, de forma que permita o crescimento rápido resultando em incrementos na produção e na produtividade, além de contribuir para a preservação do açazeiro em seu habitat natural.

O objetivo proposto neste estudo foi testar diferentes relações entre cálcio, potássio e sódio na solução nutritiva e doses de cloreto de sódio e potássio no solo sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) pertence à família *Arecaceae* (*Palmae*), a qual apresenta duas variedades: a roxa e a branca, cujas diferenças básicas residem na coloração do epicarpo dos frutos quando maduros (Calzavara, 1987a). É conhecido por diversos nomes populares dentre eles, 'açai', 'açai de várzea', 'açai do Pará', 'açai do baixo Amazonas', 'uassi', 'morroke', 'manicole', 'pina', 'pinau', 'paralisade pina', 'prassara', 'manaka' e 'wassei' (MPEG, 1995). É uma palmeira de porte alto, chegando a atingir 20 m

de altura e geralmente apresenta de cinco a seis perfilhações por touceira, podendo alcançar 20 ou mais (Hamp, 1991). A ocorrência de perfilhamento caracteriza a espécie como perene, possibilitando a exploração racional e não predatória, e em decorrência, diminuindo os riscos de sua extinção (Calzavara, 1987b).

O açazeiro ocorre em toda a América do Sul e Central, com destaques para o Brasil, Venezuela, Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Suriname, Equador, Panamá e Trinidad (Calzavara, 1972; Balick, 1986a; Balick, 1986b; Cavalcante, 1991; Macedo, 1995; Henderson e Galeano, 1996).

Dentre as palmeiras extrativas da Amazônia, o açazeiro ocupa posição de destaque em função da multiplicidade de usos, sendo a extração do palmito caracterizada como prática principal, cujos resíduos são utilizados na alimentação animal, matéria prima para indústria de papel e celulose, sua folhagem nova, na medicina, além dos frutos, os quais apresentam elevado valor calórico, sendo utilizado na fabricação de sucos, sorvetes, picolés, cremes, geléias e licores, dentre outras. É importante fonte de proteínas, calorias e sais minerais, possuindo cerca de 2,37% de proteínas, 5,96% de gordura, 0,05% de cálcio, 0,0033% de fósforo e 0,0009% de ferro, além de vitaminas A e B<sub>1</sub> (Nogueira et al., 1995).

A extração de frutos além de contribuir para a preservação da espécie, em função de não ser efetuado o corte das plantas, como ocorre no caso da exploração do açazeiro para produção de palmito, na qual a planta é sacrificada para que o palmito seja extraído, vem se caracterizando como promissora atividade econômica por representar grande parte da renda familiar da população ribeirinha, principalmente em razão do advento da polpa congelada, que vem contribuindo para a sua crescente distribuição tanto no mercado regional quanto nos diversos centros urbanos, nos quais o consumo anual de frutos é estimado em 180 mil toneladas (Nogueira, 1997).

Embora o fruto do açaizeiro se constitua em alimento básico para a população dos principais Estados produtores da Região Norte do Brasil, raros são os estudos que tratam dos aspectos básicos da nutrição mineral de mudas de açaizeiro, notadamente os relacionados à adubação fosfatada (Bovi, Godoy Júnior e Sáez, 1987), níveis de nitrogênio, fósforo e potássio (Hamp, 1991; Bovi, Kupper e Godoy Júnior, 1993; Jardim e Rombold, 1994), caracterização do Estado nutricional (Haag, Silva Filho e Carmello, 1992; Teixeira et al., 1995), doses de fósforo e inundação (Sampaio, 1998).

A eficiência das plantas em absorverem os nutrientes em quantidades suficientes para o seu desenvolvimento não depende unicamente de sua concentração e disponibilidade no meio nutritivo, mas também de determinados fatores ambientais e fisiológicos da planta, os quais influenciam sobre a absorção (Carmelo, 1989). Dentre os fatores ambientais, destaca-se o tipo de elemento, a concentração deste elemento em relação aos demais nutrientes, bem como a presença de outros elementos.

Com relação aos nutrientes, o potássio constitui-se no segundo nutriente mais exigido pelas culturas, embora não se encontre em teores tão limitantes no solo quanto o fósforo, em função de seu emprego crescente em relação aos demais nutrientes (Raij, 1997). Ele é absorvido pelas raízes na forma iônica  $K^+$ , por um processo ativo, embora o movimento passivo tenha sido demonstrado. Sua absorção atinge o máximo na presença de cálcio no meio, embora quando em excesso tenha efeito inibidor sobre a absorção (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997). Segundo Mengel e Kirkby (1987), o potássio constitui-se no nutriente catiônico mais abundante no tecido vegetal, chegando a atingir 80% do total de cátions na planta, cujo transporte à longa distância ocorre tanto pelo xilema quanto pelo floema, no qual sua redistribuição é bastante facilitada, visto que 75% do potássio total na planta se encontra na forma solúvel, o que o caracteriza

como muito móvel na planta em virtude de sua maior proporção se encontrar solúvel em água (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997).

Suas principais funções na planta estão relacionadas aos processos de compartimentalização e concentração celular, ativação enzimática, fotossíntese, regulação osmótica, extensão celular, controle da abertura e fechamento dos estômatos, síntese de proteínas e manutenção de sua estabilidade, permeabilidade da membrana, controle do pH, participa direta ou indiretamente de inúmeros processos bioquímicos e transporte de carboidratos via floema (Mengel e Kirkby, 1987; Marschner, 1997).

Em contraste, o cálcio é um nutriente exigido em quantidades muito variadas em diferentes culturas, variando de 10 a 200 kg.ha<sup>-1</sup>. O teor desse nutriente na planta varia entre 1 e > 50 mg.kg<sup>-1</sup> na matéria seca, dependendo das condições de crescimento, da espécie e do órgão da planta (Marschner, 1997). O nutriente é absorvido pelas raízes como Ca<sup>+2</sup>, tendo sua absorção reduzida por altas concentrações de potássio, magnésio e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no meio. A maior parte do cálcio absorvido é transportada via xilema, não havendo redistribuição via floema, pois a maior proporção do cálcio na planta encontra-se em formas não solúveis em água, o que o torna imóvel na planta (Malavolta, 1980).

Na planta, o cálcio tem funções estruturais, conferindo rigidez à parede celular sendo indispensável para a manutenção da integridade e funcionamento normal da membrana celular, principalmente na correção do efeito desfavorável do pH excessivo no meio (Caldwel e Haug, 1982). É indispensável também para a germinação do grão de pólen e para a formação e crescimento do tubo polínico, atuando como cofator de enzimas e ativador enzimático. Tem efeitos no crescimento e desenvolvimento das plantas por atrasar o amadurecimento, a senescência e a abscisão, alterando a resposta geotrópica, a fotossíntese e a divisão celular (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997).



Outro elemento importante é o sódio, sendo que seu teor na crosta terrestre gira em torno de 2,8%, ao passo que o de potássio, situa-se em torno de 2,6%. Nas regiões temperadas, a concentração de sódio na solução do solo é em média 0,1 a 1 mM, tomando-se igual ou superior a concentração do potássio. Nas regiões áridas e semi-áridas, particularmente sob irrigação, concentrações de 50 a 100 mM na solução do solo são características, afetando principalmente o crescimento da maioria das espécies cultivadas (Marschner, 1997).

A salinização é um processo pelo qual sais solúveis se acumulam no horizonte superficial do solo, onde se concentra o sistema radicular. Na maioria dos solos salinos, o sódio é o cátion predominantemente adsorvido por se encontrar em quantidades muito superiores à dos outros cátions (Allison, 1964).

O sódio mesmo não sendo um elemento essencial ao metabolismo vegetal, é considerado benéfico para muitas culturas em virtude de seus efeitos fisiológicos sobre a expansão celular e no balanço hídrico das plantas, ocasionando aumentos na área foliar e no número de estômatos por unidade de área foliar (Lawlor e Milford, 1973) ou por substituir parcialmente parte do potássio requerido pela planta (Marschner, 1997). O grau dessa substituição depende do potencial de absorção e da translocação do sódio para a parte aérea da planta, bem como da eficiência da planta em utilizar o potássio (Silva et al., 1997). É absorvido ativamente pelas plantas na forma  $\text{Na}^+$ , e de modo geral, pode favorecer a absorção de potássio, especialmente quando em baixas concentrações (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997).

Diversas pesquisas inferem sobre o efeito mais comum da salinidade sobre as plantas, que é a redução no crescimento. Os sais afetam diretamente o crescimento da planta pelo fato de aumentar a pressão osmótica na solução do solo resultando em acúmulo de íons em concentrações tóxicas para o tecido e por alterar a nutrição mineral da planta (Allison, 1964). A salinidade limita a fotossíntese, absorção de água e nutrientes, produção de matéria seca e a

produção final da planta (Downton, Grant e Robinson, 1985; Drew, Hole e Picchioni, 1990).

Nas espécies frutíferas a salinidade é considerada a maior inibidora do crescimento. Outro exemplo é a cultura do melão, em que foram detectadas reduções na matéria seca tanto da parte aérea quanto das raízes, na área foliar e crescimento vegetativo em diversas variedades (Mendlinger e Pasternak, 1992; Franco, Esteban e Rodrigues, 1993). Na videira, altas concentrações de sais promoveram redução nas brotações, redução no crescimento total, área foliar e percentagem de sobrevivência (Pandey e Divate, 1976; Downton, 1977). Goiabeiras cultivadas sob condições salinas apresentaram decréscimo em altura; diâmetro de ramos; número de folhas e na matéria seca das raízes (Singh e Pathak, 1992). Em citros, o aumento na salinidade reduziu significativamente o número de frutos produzidos e a produção total (François e Clark, 1980) além da produção de matéria seca tanto das raízes quanto da parte aérea (Zekri e Parsons, 1990). Em contraste, não foi verificada influência da salinidade sobre o diâmetro do pseudocaule da bananeira 'Mysore' (Araújo Filho et al., 1995).

O sódio é um elemento controvertido em relação à nutrição das palmáceas. Muitos pesquisadores o consideram indispensável quando o nível de potássio é satisfatório, elegendo-o elemento alternativo. Entretanto, ainda não está definido qual o nível considerado ótimo para o sódio nas folhas. O nível de  $4 \text{ g.kg}^{-1}$  pode ser estabelecido como valor referência (Vieira et al., 1986), embora no coqueiro possa ocorrer resposta satisfatória com nível inferior a  $1 \text{ g.kg}^{-1}$ .

No cultivo do coqueiro, existem relatos quanto à resposta, de forma moderada, das plantas à aplicação de sódio, mesmo quando suas exigências em potássio se encontram adequadamente supridas (Manciot, Ollagnier e Ochs, 1979). Efeitos da aplicação de sódio e potássio sobre a produção de coqueiros

foram testados por Joseph et al. (1993), em que o maior incremento na produção foi obtido com aplicações anuais de 500 g de  $K_2O$  + 500 g de sódio por planta.

A interação do potássio com a maioria dos nutrientes essenciais é bastante conhecida, podendo aumentar, reduzir ou impedir a absorção, o transporte, a redistribuição e utilização dos nutrientes.

A interação cálcio/potássio no processo de absorção foi caracterizada pelo fato de o cálcio aumentar a velocidade de transporte do complexo potássio-carregador na plasmalema. Em consequência seus efeitos seriam mais pronunciados em condições de mesma concentração no meio e como resultado há estímulo na absorção de potássio pelo cálcio, e a competição de ambos pelo carregador, uma vez que, em virtude de o potássio apresentar uma maior afinidade, o efeito antagônico do cálcio sobre o potássio torna-se importante quando a concentração de cálcio no meio for superior à de potássio (Overstreet, Jacobson e Handley, 1952). O antagonismo existente entre o cálcio e o potássio é resultante de competição iônica na solução do solo (Malavolta, 1976). Entretanto, o cálcio em baixa concentração, pode provocar efeito estimulante na absorção de potássio. Porém, ao aumentar a concentração de cálcio o estímulo diminui até ocorrer antagonismo entre esses cátions, causando redução na absorção de potássio pelas plantas (Soares et al., 1983). Da mesma forma, altas concentrações de potássio reduzem a absorção de cálcio (Ventura, 1987; Kurihara, 1991).

Em virtude do apresentado, torna-se de fundamental importância o desenvolvimento de estudos com vistas ao melhor entendimento do comportamento de mudas de frutíferas quando submetidas a esses elementos tanto em solução nutritiva quanto no solo.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, L. E. Salinity relation to irrigation. *Advances in Agronomy*, New York, v.16, p.139-178, 1964.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v.58, p.3-35, 1998.
- ARAÚJO FILHO, J. B.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C.; SANTOS, J. G. R. Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.3, p.417-422, set./dez. 1995.
- BALICK, M. J. Palms and development in the humid tropics. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. *Anais...* Belém: Embrapa-CPATU, 1986a. v.6, p.121-140. (Embrapa-CPATU. Documentos, 36).
- BALICK, M. J. The use of Palms by the Apinyé and Guajajara Indians of Northeastern Brazil. In: BALICK, M. J. (ed.). *The Palm-tree of life: biology, utilization and conservation. Advances in Economical Botany*, New York, v.6, p.65-90, 1986b.
- BOVI, M. L. A.; GODOY JÚNIOR, G.; SÁEZ, L. A. Pesquisa com gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agronômico de Campinas. *O Agrônomo*, Campinas, v.39, n.2, p.129-174, maio/ago. 1987.
- BOVI, M. L. A.; KUPPER, R. B.; GODOY JÚNIOR, G. Adubação NPK na formação de mudas de açaizeiro. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE PALMEIRAS ORNAMENTAIS, 1., 1993, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal, 1993. p.30.
- CALDWEL, C. R.; HAUG, A. Divalent cation inhibition of barley root plasma membrane-bound  $Ca^{2+}$  - ATPase activity and its reversal by monovalent cations. *Physiology Plantarum*, Copenhagen, v.54, n.1, p.112-118, Jan. 1982.
- CALZAVARA, B. B. G. Açaizeiro. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1987a. 6p. (Recomendações básicas, 3).

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2.ed. London: Academic Press, 1997. 889p.
- MENDLINGER, S.; PASTERNAK, D. Effect of time salinization on flowering, yield and fruit quality factors in melon, *Cucumis melo* L., **Journal of Horticultural Science**, London, v.67, n.4, p.529-534, July 1992.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 4.ed., Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELD. **Cartilha informativa sobre a palmeira do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.).** Belém, 1995. 11p.
- NOGUEIRA, O. L. **Regeneração, manejo e exploração de açazais nativos de várzea do estuário amazônico.** Belém: UFPa, 1997. 149p. (Tese - Doutorado em Ciências Biológicas)
- NOGUEIRA, O. L.; CARVALHO, C. J. R. de; MÜLLER, C. H.; GALVÃO, E. U. P.; MARTINS e SILVA, H.; RODRIGUES, J. E. L. F.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; CARVALHO, J. E. U. de; ROCHA NETO, O. G. da; NASCIMENTO, W. M. O. do; CALZAVARA, B. B. G. **A cultura do açaí.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 50p. (Coleção plantar, 26).
- OLIVEIRA, M.do S. P. de; CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. M. O. do. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.).** Jaboticabal: FUNEP, 2000. 52p. (Série Frutas Nativas, 7).
- OVERSTREET, R.; JACOBSON, L.; HANDLEY, R. The effect of calcium on the absorption of potassium by barley roots. **Plant Physiology**, Maryland, v.27, n.3, p.583-590, July 1952.
- PANDEY, R. M.; DIVATE, M. R. Salt tolerance in grapes I. Effect of sodium salts singly and in combination on some of the morphological characters of grape varieties. **Indian Journal of Plant Physiology**, New Delhi, v.19, n.2, p.230-239, 1976.
- RAIJ, B. Van. **Histórico e perspectivas da prática da calagem e da adubação e da adubação fosfatada no Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 494p.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, L. E. Salinity relation to irrigation. *Advances in Agronomy*, New York, v.16, p.139-178, 1964.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v.58, p.3-35, 1998.
- ARAÚJO FILHO, J. B.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C.; SANTOS, J. G. R. Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.3, p.417-422, set./dez. 1995.
- BALICK, M. J. Palms and development in the humid tropics. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. Anais... Belém: Embrapa-CPATU, 1986a. v.6, p.121-140. (Embrapa-CPATU. Documentos, 36).
- BALICK, M. J. The use of Palms by the Apinyé and Guajajara Indians of Northeastern Brazil. In: BALICK, M. J. (ed.). *The Palm-tree of life: biology, utilization and conservation. Advances in Economical Botany*, New York, v.6, p.65-90, 1986b.
- BOVI, M. L. A.; GODOY JÚNIOR, G.; SÁEZ, L. A. Pesquisa com gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agrônomo de Campinas. *O Agrônomo*, Campinas, v.39, n.2, p.129-174, maio/ago. 1987.
- BOVI, M. L. A.; KUPPER, R. B.; GODOY JÚNIOR, G. Adubação NPK na formação de mudas de açaizeiro. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE PALMEIRAS ORNAMENTAIS, 1., 1993, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal, 1993. p.30.
- CALDWEL, C. R.; HAUG, A. Divalent cation inhibition of barley root plasma membrane-bound  $Ca^{+2}$  - ATPase activity and its reversal by monovalent cations. *Physiology Plantarum*, Copenhagen, v.54, n.1, p.112-118, Jan. 1982.
- CALZAVARA, B. B. G. Açaizeiro. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1987a. 6p. (Recomendações básicas, 3).

- CALZAVARA, B. B. G. Importância do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) como produtor de frutos e palmito para o Estado do Paraná. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., 1987b, Curitiba. Anais... Curitiba: EMBRAPA-CNPAP, 1987b. 195p. (Documentos, 19).
- CALZAVARA, B. B. G. As possibilidades do açazeiro no estuário amazônico. Belém: FCAP, 1972. 103p. (Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 5).
- CARMELO, Q. A. de C. Saturação por bases e relações entre K, Ca e Mg no solo na nutrição potássica do milho (*Zea mays* L.) cv. Piranão. Piracicaba: ESALQ, 1989. 105p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- CAVALCANTE, P. Frutas comestíveis da Amazônia. Belém: CEJUP, 1991. 271p.
- DOWNTON, W. J. S. Photosynthesis in salt-stressed grapevines. *Australian Journal of Plant Physiology*, Collingwood, v.54, n.2, p.183-192, 1977.
- DOWNTON, W. J. S.; GRANT, W. J.; ROBINSON, S. P. Photosynthesis and stomatal responses of spinach leaves to salt stress. *Plant Physiology*, Maryland, v.78, n.1, p.85-88, 1985.
- DREW, M. C.; HOLE, P. S.; PICCHIONI, G. A. Inhibition by NaCl of net CO<sub>2</sub> fixação and yield of cucumber. *Journal of the America Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.115, n.3, p.472-477, May 1990.
- FRANCO, J. A.; ESTEBAN, C.; RODRIGUES, C. Effects of salinity on various growth stages of musk melon cv. Revigal. *Journal of Horticultural Science*, London, v.68, n.6, p.899-904, Nov. 1993.
- FRANÇOIS, L. E.; CLARK, R. A. Salinity effects on yield and fruit quality of 'Valência' orange. *Journal of the America Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.105, n.2, p.199-202, Mar. 1980.
- HAAG, H. P.; SILVA FILHO, N. I.; CARMELLO, Q. A. de C. Carência de macronutrientes e de boro em plantas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). In: CONGRESSO SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. Anais... São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal, 1992. v.2, p.477-479.

- HAMP, R. S. A study of the factors effecting the productivity of the açai (*Euterpe oleracea* Mart.) on Combu island, near Belém, northern Brazil. London: University of London, 1991. 69p. (Dissertação - Master of in Natural environments and plant growth).
- HENDERSON, A.; GALEANO, G. *Euterpe, Prestoea, and Neonicholsonia* (Palmae: Euterpeinae). New York: New York Botanical Garden, 1996. 90p. (Flora Neotropica, 72).
- JARDIM, M. A. G.; ROMBOLD, J. S. Effects of adubation and thinning on açai (*Euterpe oleracea* Mart.) fruit yield from a natural population. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeld*, Belém, v.10, n.2, p.238-293, dez.1994. (Série Botânica).
- JOSEPH, P. A.; NAMBIAR, P. K N.; NAIR, C. S.; NAYAR, N. K. Common salt benefits coconut trees in laterite soil. *Cochin., Indian Coconut Journal*, New Delhi, v.24, n.2, p.2-3, 1993.
- KURIHARA, C. H. Nutrição mineral e crescimento da soja sob influência do equilíbrio entre Ca, Mg e K. Lavras: ESAL, 1991. 95p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- LAWLOR, D. W.; MILFORD, G. F. J. Effect of sodium on growth of water-stressed sugar-beet. *Annals of Botany*, London, v.37, n.51, p.597-604, July 1973.
- MACEDO, M. Contribuição ao estudo de plantas econômicas no Estado de Mato Grosso. Cuiabá: UFMT, 1995. 70p.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 1980. 254p.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do Estado nutricional de plantas, princípios e aplicações. 2.ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MANCIOT, R.; OLLAGNIER, M.; OCHS, R. Nutrition minérale et fertilization du cocotier dans le monde. *Oleagineux*, Paris, v.34, n.11, p.499-515, 1979.



- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2.ed. London: Academic Press, 1997. 889p.
- MENDLINGER, S.; PASTERNAK, D. Effect of time salinization on flowering, yield and fruit quality factors in melon, *Cucumis melo* L., **Journal of Horticultural Science**, London, v.67, n.4, p.529-534, July 1992.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 4.ed., Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELD. **Cartilha informativa sobre a palmeira do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.).** Belém, 1995. 11p.
- NOGUEIRA, O. L. **Regeneração, manejo e exploração de açaizais nativos de várzea do estuário amazônico.** Belém: UFPa, 1997. 149p. (Tese - Doutorado em Ciências Biológicas)
- NOGUEIRA, O. L.; CARVALHO, C. J. R. de; MÜLLER, C. H.; GALVÃO, E. U. P.; MARTINS e SILVA, H.; RODRIGUES, J. E. L. F.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; CARVALHO, J. E. U. de; ROCHA NETO, O. G. da; NASCIMENTO, W. M. O. do; CALZAVARA, B. B. G. **A cultura do açaí.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 50p. (Coleção plantar, 26).
- OLIVEIRA, M.do S. P. de; CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. M. O. do. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.).** Jaboticabal: FUNEP, 2000. 52p. (Série Frutas Nativas, 7).
- OVERSTREET, R.; JACOBSON, L.; HANDLEY, R. The effect of calcium on the absorption of potassium by barley roots. **Plant Physiology**, Maryland, v.27, n.3, p.583-590, July 1952.
- PANDEY, R. M.; DIVATE, M. R. Salt tolerance in grapes I. Effect of sodium salts singly and in combination on some of the morphological characters of grape varieties. **Indian Journal of Plant Physiology**, New Delhi, v.19, n.2, p.230-239, 1976.
- RAIJ, B. Van. Histórico e perspectivas da prática da calagem e da adubação e da adubação fosfatada no Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 494p.

- SAMPAIO, L. S.** Respostas de plantas jovens de açaí à adubação fosfatada e à inundação em solo de várzea. Lavras: UFLA, 1998. 150p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SILVA, A. A. da; MATTOS, W. T. de; SANTOS, A. R. dos; CORREA, B. D.; MONTEIRO, F. A.** Potássio e sódio em capim-tanzânia-1 cultivado em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- SINGH, A. K.; PATHAK, R. K.** Sodicity and salinity effect on guava (*Psidium guajava*). *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, v.62, n.3, p.220-223, Mar. 1992.
- SOARES, E.; LIMA, L. A.; MISCAN, M. M.; MELLO, F. A. F. de; BOARETTO, A. E.** Efeito da relação entre teores trocáveis de Ca e Mg do solo na absorção de K por plantas de centeio. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.58, n.4, p.315-330, dez. 1983.
- TELXEIRA, N. T.; MARTINS, J. J. R.; MACIEL, C. A. C.; BOVI, M. L. A.; SERAFINI, F.** Deficiência nutricional de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: SBCS, 1995. p.576-577.
- VENTURA, C. A. D.** Níveis de potássio, cálcio e magnésio em solução nutritiva influenciando o crescimento e a composição da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cv. Paraná. Piracicaba: ESALQ/USP, 1987. 65p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- VIEIRA, A.; RODRIGUES, A. P. M.; QUEIROZ, E. F. de; GUILHERME, M. R.; AQUINO, A. R. L. de.** Nutrição mineral e adubação do coqueiro. In: HAAG, H. P. (Coord.). Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 342p.
- ZEKRI, M.; PARSONS, L. R.** Calcium influences growth and leaf mineral concentration of Citrus under saline conditions. *HortScience*, Alexandria, v.25, n.7, p.784-786, July 1990.

## CAPÍTULO 2

### RELAÇÃO CÁLCIO, POTÁSSIO E SÓDIO SOBRE O CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE AÇAIZEIRO (*Euterpe oleracea* MART.) EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.

#### 1 RESUMO

SOUSA, Humberto Umbelino de. **Relação cálcio, potássio e sódio sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em solução nutritiva.** Lavras: UFLA, 2000. p.14-68. (Tese - Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)\*

Dentre os fatores que afetam a nutrição mineral de plantas, a relação entre os nutrientes desempenha papel primordial, pois essa relação poderá limitar e/ou aumentar a absorção de outros nutrientes pelas plantas. Objetivando testar diferentes relações entre os cátions cálcio/potássio e potássio/sódio sobre o crescimento e nutrição de mudas de açaizeiro realizou-se um experimento em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da UFLA. Empregou-se o delineamento de blocos casualizados, com nove tratamentos em quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por sete relações entre cálcio e potássio (4:2, 3:3, 2:4, 1:5, 5:1, 6:0 e 0:6) na solução nutritiva e por dois tratamentos adicionais referentes a duas relações entre potássio e sódio (1:2 e 2:0) na solução nutritiva. A parcela experimental foi constituída por um vaso plástico com capacidade para três litros de solução contendo duas plantas. Avaliaram-se as seguintes características físicas de crescimento: altura de muda, diâmetro do estipe, produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total, relação raiz /parte aérea e acúmulo de nutrientes na matéria seca da raiz, parte aérea e total, e translocação de nutrientes. A relação cálcio/potássio influenciou em todas as características avaliadas, enquanto a relação potássio/sódio não afetou marcadamente o crescimento e a nutrição mineral das mudas de açaizeiro.

---

\* Comitê Orientador: José Darlan Ramos-UFLA (Orientador), Janice Guedes de Carvalho-UFLA e Moacir Pasqual-UFLA.

## CHAPTER 2

### **CALCIUM, POTASSIUM AND SODIUM RATIO UPON THE GROWTH AND MINERAL NUTRITION OF AÇAI SEEDLINGS (*Euterpe oleracea* Mart.) IN NUTRITION SOLUTION.**

#### **2 ABSTRACT**

**SOUSA, Humberto Umbelino de. Calcium, potassium and sodium ratio upon the growth and mineral nutrition of açai seedlings (*Euterpe oleracea* Mart.) in nutrition solution. Lavras: UFLA, 2000. p.14-68. (Thesis - Doctorate in Agronomy/Crop Science)\***

Among the factors affecting the mineral nutrition of plants, the ratio among the nutrients plays vital role, since this relationship will be able to limit and/or increase the uptake of other nutrients by plants. Aiming to test different ratios between the cations calcium/potassium and potassium/sodium on the growth and mineral nutrition of açai seedlings, an experiment in greenhouse at the Department of Soil Science at the Federal University of Lavras-UFLA was conducted. The randomized block design was utilized with nine treatments in four replicates. The treatments consisted of seven ratios between calcium and potassium ( 4:2, 3:3, 2:4, 1:5, 5:1, 6:0 e 0:6) in the nutrition solution and of two additional treatments concerning the two ratios between potassium and sodium (1:2 and 2:0) in the nutrition solution. The experimental plot was made up of a plastic pot with a capacity of three liters of solution containing two plants. The following physical characteristics of growth seedling height, stipe diameter, yield of dry matter of the root, shoot and total, root/shoot ratio and nutrient accumulation in the dry matter of the root, shoot and total and nutrient translocation. The calcium:potassium ratio influenced all the characteristics evaluated, while the potassium:sodium ratio did not markedly affect the growth and mineral nutrition of açai seedlings.

---

\* Guidance Committee: José Darlan Ramos-UFLA (Adviser), Janice Guedes de Carvalho-UFLA e Moacir Pasqual-UFLA

### 3 INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma importante frutífera da Amazônia, da qual seus frutos são extraídos e utilizados na produção de sucos, sorvetes, cremes, picolés, licores, além de outros. Constitui-se na principal fonte de proteínas, energia e sais minerais, sendo considerado como o segundo produto agrícola mais consumido pela população da região Amazônica, apenas superado pela farinha de mandioca (Oliveira et al., 2000).

Embora se constitua em fonte básica de alimento, raros são os estudos que abordam sua nutrição mineral. Dentre os aspectos relacionados à nutrição mineral das plantas deve-se destacar a relação existente entre os nutrientes, a qual poderá influenciar na sua absorção e/ou dificultar ou impedir a absorção de outro nutriente. Dentre os nutrientes que interagem entre si, destacam-se o cálcio e o potássio, sendo que sua relação equilibrada pode favorecer a absorção de ambos os nutrientes e em consequência possibilitar o maior crescimento da planta.

Dentre os trabalhos que abordam a nutrição mineral das palmáceas destaca-se o trabalho pioneiro realizado por Dufour, Quencez e Schmitt (1978) no qual foi estabelecida uma solução básica para o dendezeiro em solução nutritiva. Com base nesse trabalho, Assis (1995) avaliou diferentes relações entre os nutrientes cálcio, potássio e magnésio, não encontrando efeito das relações entre os nutrientes sobre as características de crescimento do dendezeiro.

A absorção de cátions pelas plantas não é um processo específico e depende principalmente da concentração de íons catiônicos no meio nutritivo, e em muitos casos, da permeabilidade específica das membranas a um determinado cátion. Desta forma, pode ocorrer competição não específica entre os cátions pelas cargas negativas da célula. O potássio, que é absorvido

rapidamente pela célula, seja por processo ativo ou por difusão facilitada, compete fortemente na absorção de cátions, principalmente o cálcio e o magnésio. De outra forma, concentrações adequadas de cálcio na solução são necessárias para tornar máxima a absorção do potássio. No entanto, o excesso de cálcio pode acarretar menor absorção do potássio (Assis, 1995).

No cultivo do açaizeiro não existe informação referente à identificação da adequada relação entre cálcio, potássio e sódio, de forma que propicie adequado suprimento de nutrientes e em decorrência possibilite o maior crescimento da muda.

O objetivo pretendido neste estudo foi avaliar as diferentes relações entre os cátions cálcio, potássio e sódio sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em solução nutritiva.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

As sementes do açaizeiro foram colocadas para germinar em bandejas plásticas contendo vermiculita. Após a germinação, quando as plântulas atingiram média de 10 cm de altura, foram repicadas para uma bandeja plástica coletiva, com capacidade para 36 litros, sendo empregada como base à solução nutritiva estabelecida por Dufour, Quencez e Schmitt (1978) para o dendezeiro, com relação cálcio:potássio:sódio 4:2:1 mmol.L<sup>-1</sup>, sendo diluída a 20% de sua concentração. As plântulas permaneceram nessa solução durante 30 dias. Após esse período, a solução foi substituída pela solução base diluída a 50%, permanecendo por mais 30 dias. Decorrido esse período, procedeu-se à substituição da solução, empregando-se a solução base a 100% de sua

concentração, com as plantas permanecendo por mais 30 dias. Após o que procedeu-se à seleção visando à uniformização do porte das plântulas a serem utilizadas no experimento.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por um vaso plástico com capacidade para três litros de solução, contendo duas plantas. Os tratamentos foram constituídos por sete relações diferentes entre cálcio e potássio, mais dois tratamentos adicionais, nos quais se alterou a relação do potássio e sódio em relação à solução base, conforme apresentado na Tabela 1. O tratamento testemunha foi constituído pela solução base proposta para o dendezeiro por Dufour, Quencez e Schimitt (1978), mantendo-se a relação entre cálcio:potássio:sódio na ordem de 4:2:1 mmol.L<sup>-1</sup> em solução nutritiva, enquanto nos demais tratamentos, alterou-se a relação cálcio:potássio, sendo mantido o balanço iônico em todas as soluções.

**TABELA 1-** Relação cálcio:potássio:sódio e respectivas concentrações na solução nutritiva. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Nutriente	Relação cálcio:potássio:sódio (mmol.L <sup>-1</sup> )								
	4:2:1	3:3:1	2:4:1	1:5:1	5:1:1	4:1:2	6:0:1	0:6:1	4:2:0
K <sup>+</sup>	2	3	4	5	1	1	0	6	2
Ca <sup>+2</sup>	2	1,5	1	0,5	2,5	2	3	0	2
Mg <sup>+2</sup>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Na <sup>+</sup>	1	1	1	1	1	2	1	1	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8	8	8	8	8	8	8	8	8
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cl <sup>-</sup>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Micronutrientes	concentração (mg.L <sup>-1</sup> )								
Fé	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mn	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Cu	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Zn	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
B	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
M <sub>0</sub>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

O experimento foi instalado em 09/11/1999 e concluído em 04/04/2000. As soluções nutritivas foram substituídas em intervalos de 21 dias durante os primeiros 105 dias pós-instalação e a partir desse período foram efetuadas substituições com intervalos de 14 dias. O nível da solução foi mantido por intermédio da reposição diária da solução evapotranspirada em cada vaso pela adição de água deionizada.

O experimento foi avaliado aos 147 dias após sua instalação por intermédio da estimativa das seguintes características de crescimento: altura da muda, a qual foi medida desde o colo da muda até o ápice da última folha completamente expandida, no sentido da base para o ápice, sendo utilizada a média de altura das duas plantas da parcela, em cm; diâmetro do estipe, medido no colo da muda, sendo usada a média de diâmetro de duas plantas da parcela, em cm. Posteriormente, procedeu-se ao corte das plantas na região do colo da muda, sendo o material separado em parte aérea e raiz. Em seguida todo o material foi submetido a duas lavagens em água corrente, sendo a primeira em água comum e a segunda em água destilada. Após a lavagem, o material foi colocado em sacos de papel e levado para secar em estufa com circulação de ar forçada, sob temperatura de 65°C, até atingir peso constante. Após a realização da pesagem, foi obtida a produção de matéria seca das raízes (pmsr), obtida pelo somatório da matéria seca do sistema radicular das duas plantas da parcela, em g/vaso; produção de matéria seca da parte aérea (pmspa), obtida pelo somatório da matéria seca do estipe + folhas das duas plantas do vaso, em g/vaso; produção total de matéria seca (ptms), obtida com base no somatório da matéria seca da parte aérea e da raiz, em g/vaso; relação raiz/parte aérea (r/p.a.), obtida pela divisão da matéria seca da raiz pela matéria seca da parte aérea. procedeu-se a sua trituração e posteriormente foi encaminhado ao laboratório para a análise da matéria seca da parte aérea e da raiz.



As análises foram realizadas pelo Laboratório de análise foliar do Departamento de Química da UFLA, conforme metodologia preconizada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Foram determinados os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, manganês, zinco e ferro na matéria seca da raiz e da parte aérea. Com base nos teores determinados, foram estimados os acúmulos de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, manganês, zinco e ferro na raiz, parte aérea, e na matéria seca total e da translocação dos nutrientes, sendo tomado como base o teor de cada nutriente e a produção de matéria seca da raiz e da parte aérea, respectivamente, em cada tratamento.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e ao teste de F ao nível de 5% de probabilidade. Para as características em que houve significância, procedeu-se ao teste de média entre os tratamentos por intermédio do teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade, sendo empregado o software Sisvar (Ferreira, 2000), sem haver transformação dos dados.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Características de crescimento**

Pela análise de variância verificou-se diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para as características altura de plantas, diâmetro do estipe, produção de matéria seca da raiz, produção de matéria seca da parte aérea, produção total de matéria seca e relação raiz/parte aérea (Tabela 2). Ao se aplicar o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, constatou-se que elas se comportaram de forma diferenciada mediante os tratamentos aplicados (Tabela 3).

**TABELA 2- Resumo da análise de variância para características de crescimento de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.**

Fonte variação	g.l.	QM					
		Característica					
		altura	diâm. estipe	produção matéria seca			raiz/p. aérea
raiz	p.aérea			total			
Solução	8	551,569**	0,084**	10,939**	71,113**	131,059**	0,00737**
Bloco	3	5,555 <sup>ns</sup>	0,0063 <sup>ns</sup>	0,965 <sup>ns</sup>	8,199 <sup>ns</sup>	13,335 <sup>ns</sup>	0,00103 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	10,431	0,0135	1,606	6,486	11,414	0,00143
C. V. (%)		4,26	7,88	8,47	8,36	7,44	7,63

\*\* - significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; ns - não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

**TABELA 3- Média de altura, diâmetro do estipe (diaestipe), produção de matéria seca da raiz, parte aérea (p.aérea), total e relação raiz/parte aérea (r/p.aérea) de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio:potássio:sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.**

Relação cálcio:potássio:sódio (mmol.L <sup>-1</sup> )	Característica					
	altura (cm)	diaestipe (cm)	Produção matéria seca (g/vaso)			r/p.aérea
			Raiz	p.aérea	Total	
4:2:1	84,75 a	1,55 b	17,19 a	34,84 a	52,03 a	0,495 b
3:3:1	81,25 b	1,52 b	15,85 a	32,99 a	48,84 a	0,482 b
2:4:1	83,50 a	1,48 b	14,90 a	32,43 a	47,33 a	0,463 b
1:5:1	79,50 b	1,73 a	16,39 a	33,45 a	49,84 a	0,491 b
5:1:1	71,00 c	1,19 c	12,32 b	26,41 b	38,73 b	0,467 b
4:1:2	81,25 b	1,47 b	15,83 a	31,39 a	47,22 b	0,504 b
6:0:1	63,00 d	1,40 b	13,64 b	29,08 a	42,72 b	0,469 b
0:6:1	51,75 e	1,45 b	12,93 b	21,40 c	34,33 c	0,604 a
4:2:0	87,00 a	1,52 b	15,61 a	32,05 a	47,66 a	0,489 b

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a altura de mudas, constatou-se que as relações cálcio:potássio:sódio 4:2:1, 3:3:1 e 4:2:0 proporcionaram maior altura de mudas, não diferindo estatisticamente entre si, enquanto as menores alturas foram detectadas nas plantas submetidas às soluções cujas relações entre os nutrientes foram 0:6:1 e 6:0:1 respectivamente (Figura 1). Esse comportamento pode ser atribuído à ausência do cálcio e do potássio em virtude da altura da planta estar relacionada aos processos de alongamento e divisão celular, os quais se encontram sob influência do cálcio e do potássio (Schmit, 1981; Marschner, 1997), pois foi observado que as mudas cultivadas na solução sem cálcio tiveram sua altura comprometida, além de ter ocorrido necrose e morte das folhas novas durante seu lançamento, conforme sintomas observados e descritos por Teixeira et al. (1995). Resultado semelhante foi obtido por Fernandes (2000), concluindo que mudas de pupunheira apresentaram menor altura quando cultivadas na ausência de potássio. Em mudas de mangabeira foram detectados aumentos na altura das plantas com o emprego de doses crescentes de potássio (Espindola et al., 1999). Em contraste, Assis (1995) não observou influência da relação cálcio/potássio sobre a altura de mudas de dendezeiro.

Quanto à relação potássio/sódio, constatou-se que o sódio não foi capaz de suprir parte do potássio, sendo que ocorreu maior prejuízo às plantas pela substituição de parte do potássio do que quando se omitiu o sódio da solução. Resultado semelhante foi constatado por Fernandes (2000), com mudas de pupunheira, observando menores valores para o crescimento.

Para o diâmetro do estipe foi constatado que a solução contendo cálcio:potássio:sódio na relação 1:5:1 proporcionou obtenção de mudas com maior diâmetro, ao passo que o menor valor foi obtido nas plantas cultivadas na solução contendo cálcio:potássio:sódio na relação 5:1:1, e nas demais soluções o diâmetro do estipe das mudas foi semelhante (Figura 2). Esse resultado é uma indicação de que o aumento no diâmetro do estipe foi influenciado pela relação

cálcio/potássio, enquanto a maior relação cálcio/potássio reduziu o diâmetro do estipe. Ao contrário, Fernandes (2000) obteve maior diâmetro de estipe de mudas de pupunheira com o emprego da relação cálcio/potássio 3:3, enquanto o menor diâmetro foi verificado com a relação 6:0. Por outro lado, Assis (1995) não constatou efeito das relações cálcio/potássio sobre o diâmetro do estipe em mudas de dendezeiro, o que pode ser atribuído a exigências de forma diferenciada entre as espécies estudadas.

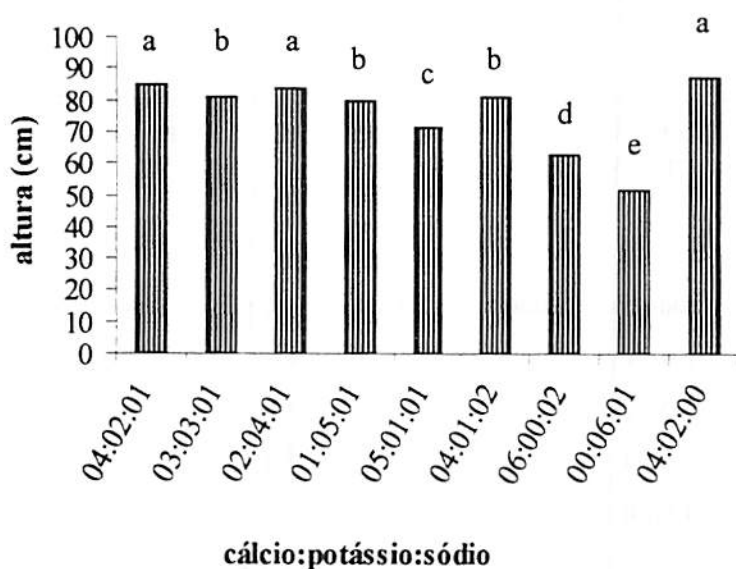


FIGURA 1- Altura de mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

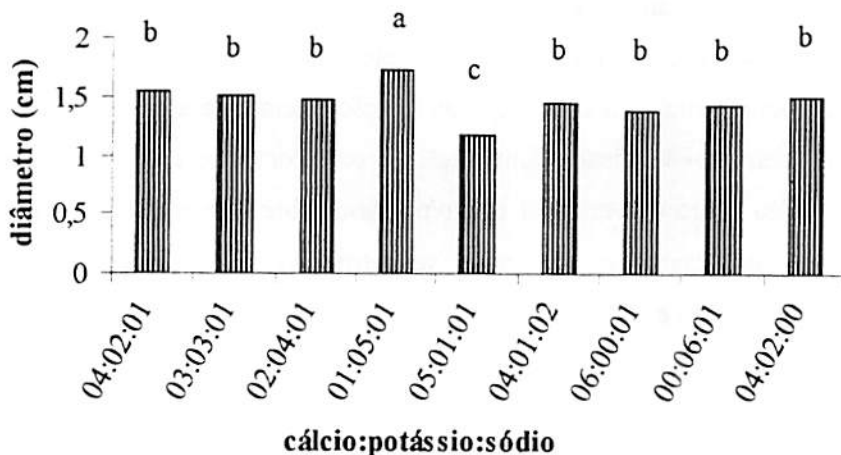


FIGURA 2- Diâmetro do estipe de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para a produção de matéria seca da raiz, detectou-se que os menores valores foram observados nas plantas cultivadas nas soluções contendo cálcio:potássio:sódio na relação 5:1:1, 0:6:1 e 6:0:1, porém sem diferirem estatisticamente entre si, enquanto que a maior produção de matéria seca ocorreu nas plantas submetidas às demais soluções, as quais não diferiram entre si (Figura 3). A menor produção de matéria seca constatada nessas soluções é atribuída ao desbalanço entre os nutrientes, decorrente da baixa concentração do cálcio e do potássio, em função dos valores extremos nas relações. Resultado semelhante à produção de matéria seca de raiz foi detectado no trabalho de Fernandes (2000) trabalhando com mudas de pupunheira com o emprego de cálcio e potássio na relação 3:3, enquanto a menor produção de matéria seca de raiz ocorreu quando foi utilizada a solução sem potássio. Em mudas de seringueira, foi registrada maior produção de matéria seca de raiz quando as plantas foram submetidas a doses crescentes de cálcio até o valor 50 mg.L<sup>-1</sup>,

após o que ocorreu efeito depressivo (Costacurta et al., 1995). No entanto, não foi encontrada influência da relação cálcio/potássio/magnésio sobre mudas de dendezeiro, nem da aplicação de doses crescentes de potássio sobre a produção de matéria seca de raiz em plantas de milho (Assis, 1995, Fonseca e Meurer, 1995), provavelmente em decorrência de exigências em níveis diferenciados entre as espécies avaliadas.

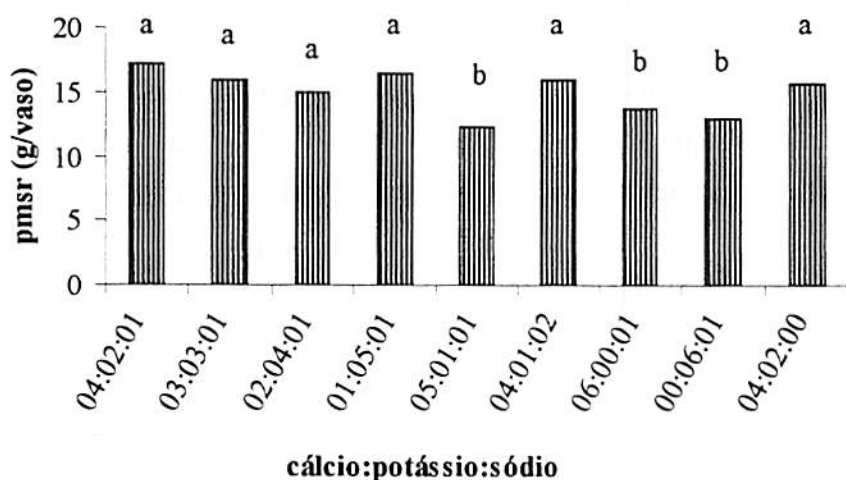


FIGURA 3- Produção de matéria seca da raiz de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para a produção de matéria seca da parte aérea, verificou-se que as soluções nutritivas contendo relações potássio:cálcio na ordem de 6:0 e 1:5, respectivamente, proporcionaram menor produção de matéria seca da parte aérea, enquanto as demais soluções proporcionaram maiores valores, embora não diferindo entre si (Figura 4). A menor produção de matéria seca das plantas cultivadas na solução contendo cálcio:potássio na relação 0:6 é justificada pela ausência de cálcio, pois quando ele foi adicionado à solução ocorreu acréscimo

na matéria seca produzida pela parte aérea. Resultados divergentes foram obtidos em trabalhos com outras espécies, em que a menor produção de matéria seca da parte aérea de mudas de pupunheira foi observada na solução sem adição de potássio, ao passo que os maiores valores foram detectados na solução contendo cálcio e potássio na relação 3:3 (Fernandes, 2000), enquanto em plantas de capim-Tanzânia, milho e alfafa foram constatados aumentos na produção de matéria seca da parte aérea com o emprego de doses crescentes de potássio (Silva, Mattos e Monteiro, 1995; Truzzi, Dechen e Monteiro, 1995; Borges et al., 1999). Contudo, em mudas de dendezeiro e em plantas de alfafa não foi verificado efeito das relações entre cálcio, potássio e magnésio sobre a produção de matéria seca da parte aérea (Assis, 1995 e Gomes et al., 1995). Entretanto, constatou-se redução da matéria seca da parte aérea de plantas de milho com o emprego de doses de potássio variando de 500 a 2000  $\mu\text{M.L}^{-1}$  (Fonseca e Meurer, 1995).

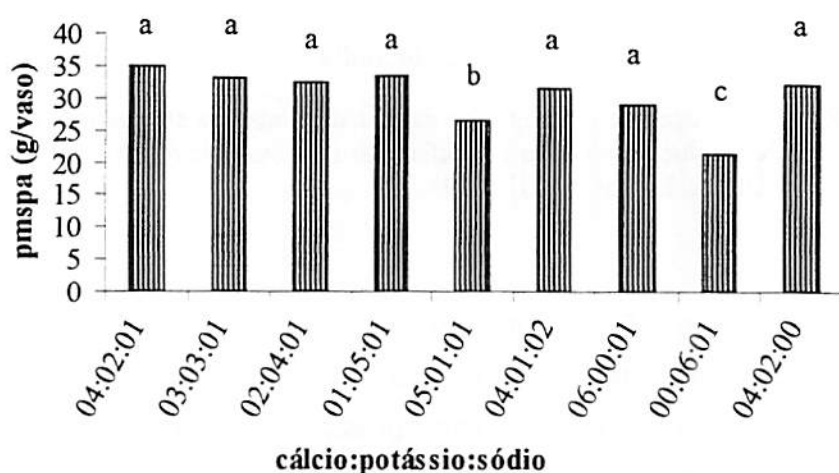


FIGURA 4- Produção de matéria seca da parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Quanto à produção de matéria seca total, foi constatado menor valor nas plantas submetidas às soluções cuja relação cálcio:potássio:sódio foi 0:6:1, 5:1:1 e 6:0:1, enquanto os maiores valores foram verificados nas plantas cultivadas nas outras soluções, mesmo não havendo diferença significativa entre elas. A menor produção das plantas da solução contendo apenas potássio e sódio é explicada pela ausência do cálcio nessa solução, em razão de o cálcio atuar tanto no processo de síntese de parede celular, quanto como segundo mensageiro formando um complexo cálcio-calmodulina, o qual está envolvido na regulação de vários processos metabólicos (Taiz e Zeiger, 1991), pois quando o cálcio foi adicionado houve incrementos na produção de matéria seca total (Figura 5). Em plantas de Seringueira, observou-se que o cálcio promoveu aumentos na produção total de matéria seca com doses até 50 mg.L<sup>-1</sup> em solução nutritiva e a partir desta ocorreu redução na matéria seca produzida (Costacurta et al., 1995). Mudanças de pupunheira cultivadas em solução nutritiva contendo cálcio e potássio na relação 3:3 apresentaram maiores valores de matéria seca total, enquanto os menores valores foram detectados quando as plantas foram submetidas à solução sem a presença de potássio (Fernandes, 2000). Contudo, Assis (1995) e Pacheco et al. (1999), não constataram efeito da relação cálcio/potássio e da aplicação de doses de cálcio respectivamente, sobre a produção de matéria seca total em mudas de dendezeiro e pupunheira. Embora sejam espécies diferentes, em gramíneas forrageiras também não foram detectados efeitos da aplicação de doses crescentes de potássio, cálcio e sódio sobre a produção de matéria seca (Silva et al., 1995), ao passo que plantas de cana-de-açúcar submetidas à solução nutritiva contendo cálcio e potássio nas relações entre 0,6 e 6,0 apresentaram maiores produtividades (Orlando Filho et al., 1995). Em contraste, em mudas de mangabeira, forrageiras tropicais e *Acacia holosericea*, verificaram-se maiores produções de matéria seca total, ao passo que plantas de goiabeiras apresentaram maior produção de matéria seca e frutos respectivamente, com o emprego de



doses crescentes de potássio (Balieiro, Oliveira e Dias, 1995; Gama Rodrigues e Rossiello, 1995; Natale et al., 1995; Silva, Mattos e Monteiro, 1995; Espíndola et al., 1999).

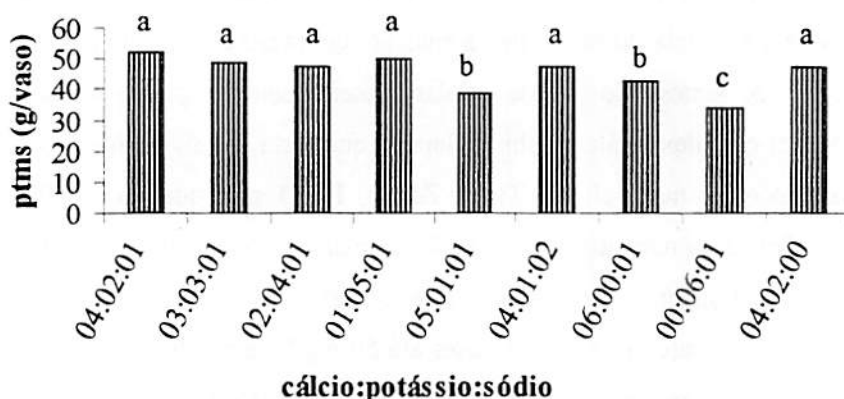


FIGURA 5- Produção total de matéria seca de mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para a relação raiz/parte aérea, foi detectado que a solução contendo cálcio, potássio e sódio na relação 0:6:1 proporcionou maior relação raiz/parte aérea, enquanto entre os demais tratamentos não foi verificada diferença significativa (Figura 6). A maior relação raiz/parte aérea verificada na solução contendo cálcio:potássio:sódio na relação 0:6:1 é atribuída à baixa produção de matéria seca da parte aérea das mudas em decorrência da ausência do cálcio, em virtude de esse nutriente participar diretamente dos processos de síntese de parede celular e ativação enzimática, ligando-se à calmodulina, uma importante proteína que atua no processo de divisão celular (Taiz e Zeiger, 1991), e como consequência houve menor produção de matéria seca da parte aérea em virtude de a planta ter direcionado maior parte de suas energias para formação do

sistema radicular objetivando formar mais raízes com vistas à absorção do cálcio, e com isto ocorreu maior relação raiz/parte aérea. Entretanto, Assis (1995) não observou diferença significativa na relação raiz/parte aérea de mudas de dendezeiro submetidas a diferentes relações entre cálcio, potássio e magnésio.

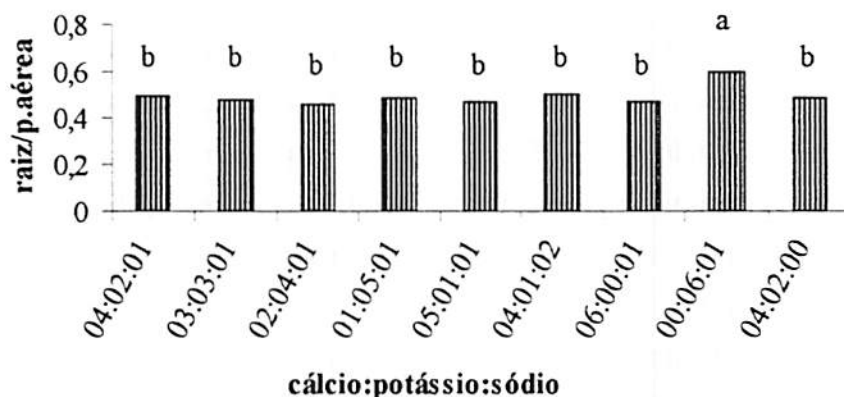


FIGURA 6- Relação raiz/parte aérea de mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

## 5.2 Nutrição mineral de mudas de açazeiro

### 5.2.1 Acúmulo de nutrientes na matéria seca da raiz

Pela análise de variância, constatou-se influência dos tratamentos sobre o acúmulo de nutrientes fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, manganês, zinco e ferro na raiz de mudas de açazeiro (Tabela 4), cujos valores médios se encontram na Tabela 5.

Para o acúmulo de fósforo, verificou-se que os menores valores foram detectados nas mudas cultivadas nas soluções contendo cálcio:potássio:sódio na relação 5:1:1, 0:6:1 e 6:0:1, as quais não diferiram entre si, enquanto valores

superiores foram observados nas plantas cultivadas nas demais soluções, embora não tenha havido diferença significativa dentro desse grupo de tratamentos (Figura 7). Os menores valores constatados podem ser atribuídos aos excessos de cálcio e potássio nessas soluções e com isto pode ter ocorrido imobilização do  $H_2PO_4^-$  na solução tanto pelos ions  $Ca^{+2}$  quanto  $K^+$  e em decorrência reduziu a disponibilidade do fósforo e conseqüentemente sua absorção. Resultado diferente foi obtido por Fernandes (2000), no qual o tratamento em que se omitiu o sódio proporcionou menor teor de fósforo na raiz de mudas de pupunheira, já que no presente trabalho não foi detectada diferença significativa entre esse tratamento e os demais, nos quais foram mantidas as relações equilibradas entre o cálcio e o potássio, tais como os verificados quando se empregaram soluções contendo cálcio:potássio:sódio na relação 4:2:1, 3:3:1, 2:4:1, 1:5:1 e 4:1:2, em que metade do potássio foi substituída pelo sódio (Figura 7). Assis (1995) obteve maior teor de fósforo em raiz de dendezeiro com o emprego da solução contendo cálcio, potássio e magnésio na relação 5:0,5:2, enquanto o menor teor foi observado no tratamento cuja relação entre os nutrientes foi 3:2:2,5. Esses resultados podem ser atribuídos a diferenças entre as espécies avaliadas quanto ao nível de exigência nutricional.

TABELA 4- Resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes na matéria seca da raiz de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

F. variação	g.l.	QM								
		Nutriente								
		P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn	Fe
Solução	8	0,0026**	0,03**	0,0004**	0,00009**	0,00065*	0,40**	0,214**	0,34**	15,14**
Bloco	3	0,0002**	0,0003**	0,000025**	0,00004**	0,00007**	0,06**	0,018**	0,07**	0,57**
Resíduo	24	0,0004	0,0019	0,00005	0,00002	0,00024	0,03	0,022	0,09	2,35
C. V. (%)		12,33	19,80	15,57	15,96	25,59	12,40	20,45	27,19	8,37

\*\* - significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; \* - significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; ns - não significativo pelo teste f ao nível de 5% probabilidade.

TABELA 5- Média de acúmulo de nutrientes na matéria seca de raiz de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Relação Ca:K:Na (mmol L <sup>-1</sup> )	nutrientes								
	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn	Fe
	g/vaso				mg/vaso				
4:2:1	0,199 a	18,60 a	0,059 a	0,027 a	0,131 a	1,406 a	0,72 c	65,53 b	20,93 a
3:3:1	0,179 a	16,25 b	0,043 b	0,021 b	0,117 a	1,556 a	0,54 c	48,05 b	19,54 a
2:4:1	0,159 a	15,25 b	0,046 b	0,024 a	0,119 a	1,173 a	0,59 c	72,10 b	18,05 a
1:5:1	0,176 a	15,45 b	0,039 b	0,024 a	0,113 a	1,372 a	0,62 c	70,60 b	20,44 a
5:1:1	0,125 b	13,9 b	0,040 b	0,017 b	0,099 a	1,529 a	0,55 c	91,10 b	15,83 b
4:1:2	0,178 a	14,20 b	0,054 a	0,022 b	0,118 a	1,554 a	0,64 c	66,70 b	18,88 a
6:0:1	0,135 b	1,85 c	0,049 a	0,030 a	0,122 a	0,553 b	0,96 b	53,63 b	16,75 b
0:6:1	0,129 b	13,98 b	0,028 c	0,017 b	0,066 a	1,501 a	1,23 a	134,23 a	15,49 b
4:2:0	0,162 a	18,78 a	0,057 a	0,024 a	0,119 a	1,353 a	0,58 c	62,55 b	19,00 a

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

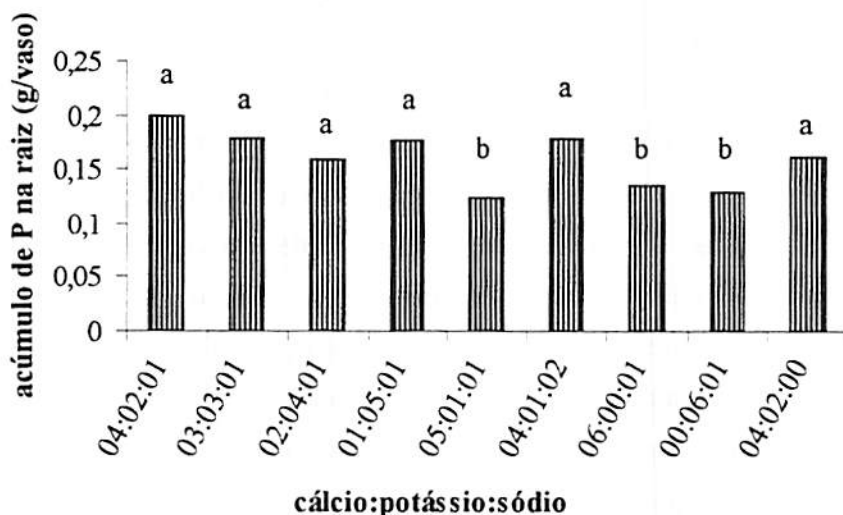


FIGURA 7- Acúmulo de fósforo na raiz de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O acúmulo de potássio na raiz foi afetado pelas relações cálcio/potássio e potássio/sódio, tendo as plantas cultivadas na solução sem potássio apresentado o menor acúmulo, enquanto maiores acúmulos desse nutriente ocorreram nas plantas cultivadas nas soluções contendo cálcio:potássio:sódio na relação 4:2:1, 3:3:1, 1:5:1 e 4:2:0. O menor acúmulo pode ser atribuído tanto à ausência de potássio nessa solução, quanto ao desbalanço na relação entre cálcio e potássio, pois mesmo quando o potássio estava presente ocorreram diferenças significativas no acúmulo desse nutriente na matéria seca da raiz à medida que se alterou a relação base (Figura 8). Quanto à relação potássio/sódio, observa-se na Figura 8 que o sódio não foi capaz de substituir parte do potássio, visto que as plantas cultivadas na solução contendo cálcio, potássio, sódio na relação 4:1:2, ou seja, nas quais parte do potássio foi substituída pelo sódio, apresentaram menor acúmulo de potássio na raiz, quando comparada com as relações 4:2:1, 3:3:1, 1:5:1 e 4:2:0, enquanto na ausência do sódio o acúmulo de potássio não foi alterado quando comparado com a solução base 4:2:1. Já Fernandes (2000), obteve menor teor de potássio na raiz de mudas de pupunheira quando foram cultivadas na solução nutritiva cuja relação cálcio:potássio:sódio foi 6:0:1, ao passo que teor superior foi verificado quando se usou a solução contendo cálcio/potássio na relação 0:6 mmol.L<sup>-1</sup>. Em outro experimento, Assis (1995) constatou maior teor de potássio na raiz de dendezeiro com o emprego de solução contendo cálcio, potássio e magnésio na relação 3:2,5:2 mmol.L<sup>-1</sup> respectivamente, embora o mesmo não tenha ocorrido com Fonseca e Meurer (1995), que não constataram efeitos da aplicação de doses de potássio sobre o seu acúmulo na matéria seca da raiz de plantas de milho, o que mostra existirem diferenças entre as espécies quanto às suas exigências.

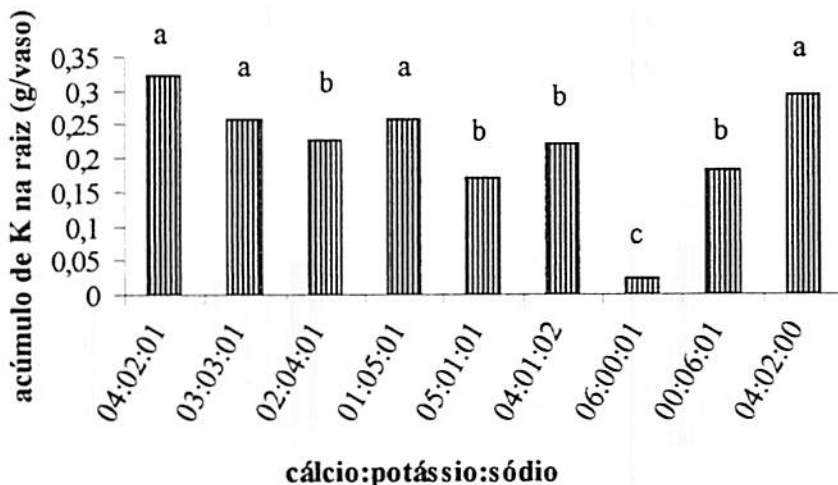


FIGURA 8- Acúmulo de potássio na raiz de mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para o acúmulo de cálcio, detectou-se que o menor acúmulo ocorreu nas plantas cultivadas na solução sem adição desse nutriente, enquanto as soluções contendo cálcio:potássio:sódio na relação 4:2:1, 4:1:2, 6:0:1 e 4:2:0 proporcionaram maiores acúmulos de cálcio na raiz. Esse fato pode ser atribuído à ausência do cálcio nessa solução, pois na presença de cálcio os valores relativos ao acúmulo desse nutriente na raiz foram superiores aos obtidos na solução sem adição do cálcio, embora tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos contendo cálcio em solução (Figura 9). No entanto, em mudas de dendezeiro e pupunheira menores teores de cálcio na raiz foram constatados quando se empregaram soluções contendo cálcio, potássio e magnésio na relação 3:2,5:2 e 2:4, 1:5 e 4:1:2, ao passo que os maiores teores foram observados nas plantas dos tratamentos contendo cálcio e potássio na relação 5:0,5:2 e 3:3 (Assis, 1995; Fernandes, 2000) respectivamente. No entanto, não foi observada influência da aplicação de potássio sobre o acúmulo

de cálcio na matéria seca de raiz de plantas de milho cultivadas em solução nutritiva (Fonseca e Meurer, 1995), embora sejam espécies diferentes.

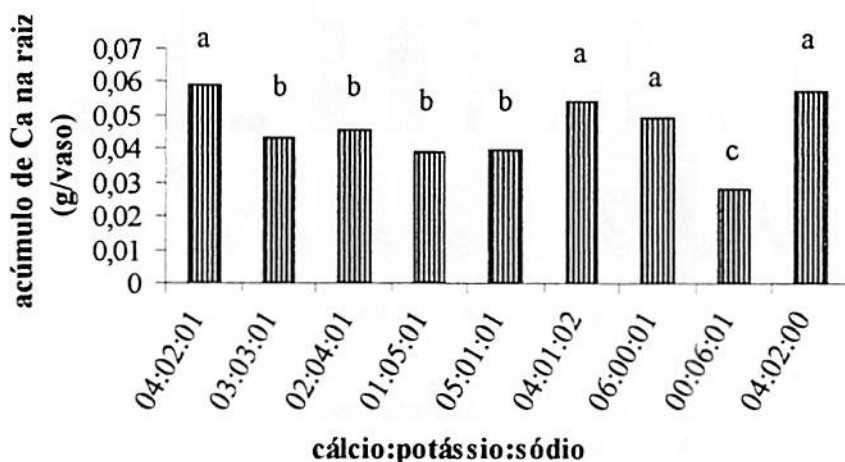


FIGURA 9- Acúmulo de cálcio na raiz de mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O magnésio foi acumulado de forma diferenciada pelas plantas, variando de acordo com as diferentes relações cálcio/potássio. Analisando a Figura 10, verifica-se que as plantas das soluções contendo cálcio:potássio:sódio na relação 3:3:1, 5:1:1, 4:1:2 e 0:6:1, foram as que apresentaram menores acúmulos de magnésio na raiz. Resultados diferentes foram registrados para mudas de pupunheira, nas quais menores teores de magnésio na raiz foram detectados quando as plantas foram cultivadas nas soluções com relação cálcio/potássio 2:4, 1:5 e 0:6 (Fernandes, 2000). No presente estudo não foi observado o mesmo comportamento, haja vista que os maiores acúmulos foram constatados nas soluções contendo cálcio e potássio na relação 4:2, 2:4, 1:5 e 6:0. Assis (1995), detectou maior teor de magnésio na raiz de mudas de

dendezeiro com o emprego da solução contendo cálcio, potássio e magnésio na relação 5:0,5:2,0. Resultado diferente foi registrado em plantas de milho nas quais a aplicação de potássio acarretou redução no acúmulo de magnésio na raiz, podendo se justificar pelo fato de que o potássio afeta os parâmetros cinéticos de absorção do magnésio e desta forma reduzindo a taxa de absorção do magnésio em função de o antagonismo que ocorre entre esses cátions (Marschner, 1997), conforme também detectado por (Fonseca e Meurer, 1994; Fonseca e Meurer, 1995), embora trabalhando com outra espécie.

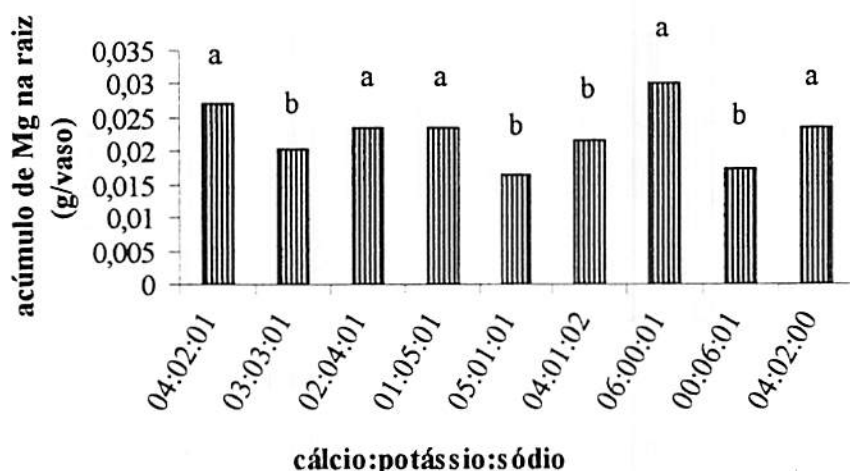


FIGURA 10- Acúmulo de magnésio na raiz de mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para o enxofre, mesmo tendo sido detectadas diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para o acúmulo desse nutriente na raiz, não se constataram tal efeito ao se aplicar o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade sobre os tratamentos (Figura 11). Resultado semelhante foi encontrado por Assis (1995), em mudas



de dendezeiro em solução nutritiva sob diferentes relações entre cálcio, potássio e magnésio. Entretanto, foi constatado menor teor de enxofre na matéria seca de raiz de mudas de pupunheira quando se empregou a solução contendo cálcio e potássio na relação 5:1, enquanto o maior teor tenha sido obtido com a solução que apresentou a relação entre os dois nutrientes na ordem de 0:6 (Fernandes, 2000). Diferentes espécies podem se comportar de forma diferente sob os mesmos tratamentos.

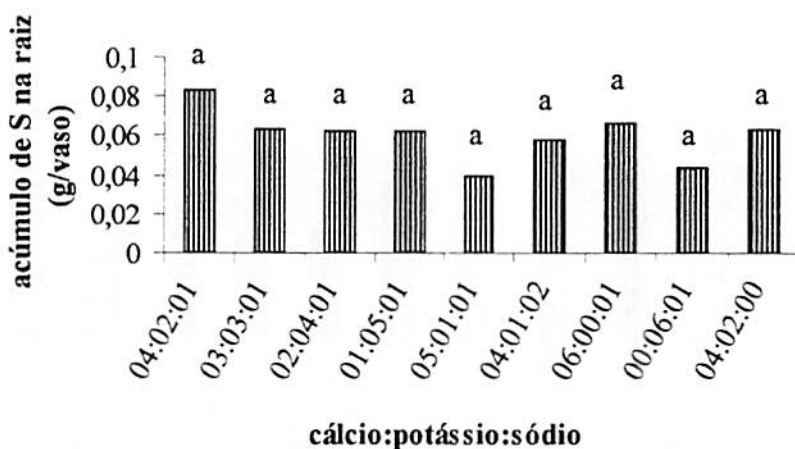


FIGURA 11- Acúmulo de enxofre na raiz de mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O cobre foi um nutriente cujo acúmulo na raiz foi influenciado negativamente pela ausência de potássio, considerando-se que nos tratamentos que receberam potássio não existiu diferença significativa entre eles. Analisando a Figura 12, percebe-se que o menor valor acumulado ocorreu nas plantas cultivadas na solução cuja relação cálcio:potássio:sódio foi 6:0:1, o que pode ter acarretado a inibição competitiva entre o cálcio e o cobre da solução, os quais competem pelo mesmo sítio de absorção e assim, reduzindo a absorção e

acúmulo de cobre na raiz. Entretanto, Assis (1995) não obteve efeito das relações cálcio:potássio:magnésio sobre o teor de cobre na matéria seca da raiz de mudas de dendezeiro.

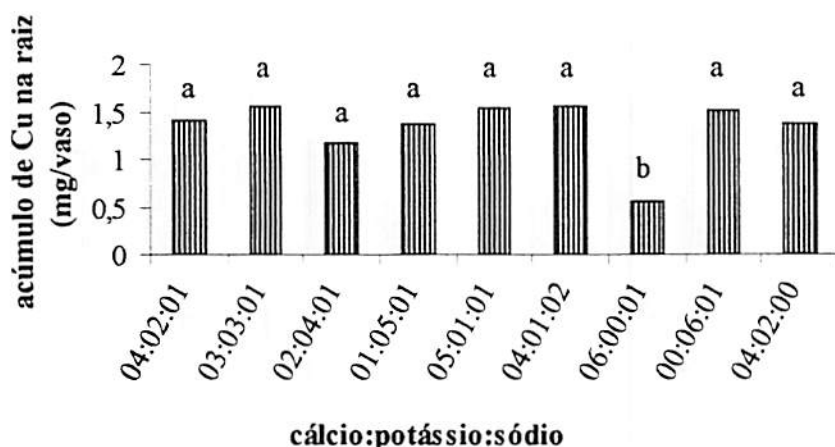


FIGURA 12- Acúmulo de cobre na raiz de mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O manganês foi um nutriente cujo acúmulo na raiz foi favorecido tanto pela ausência do cálcio quanto do potássio, visto que o maior acúmulo do manganês ocorreu nas plantas submetidas à solução cuja relação cálcio:potássio:sódio foi 0:6:1 e 6:0:1, respectivamente, ao passo que na presença de ambos os nutrientes ocorreram os menores acúmulos (Figura 13). Essa ocorrência pode ser atribuída à inibição exercida pelo cálcio e pelo potássio sobre a absorção do manganês em virtude de ambos os nutrientes competirem com o manganês pelo mesmo sítio ativo para absorção. No entanto, Assis (1995), não verificou influência do cálcio, potássio e magnésio em diferentes relações na solução nutritiva sobre o teor de manganês na matéria seca da raiz de

mudas de dendezeiro, possivelmente, menos exigente em magnésio, mesmo pertencendo à mesma família.

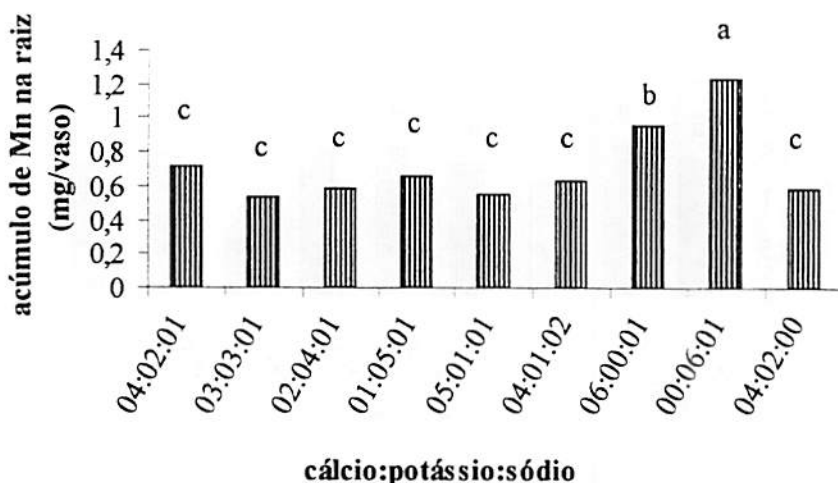


FIGURA 13- Acúmulo de manganês na raiz de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras -MG, 2000.

Para o zinco, detectou-se que o maior acúmulo de zinco na raiz ocorreu quando as mudas foram cultivadas na solução cuja relação cálcio:potássio:sódio foi 0:6:1. Esse comportamento pode ser atribuído à ausência do cálcio na solução, pois à medida que o cálcio foi adicionado às soluções ocorreu redução no acúmulo de zinco independente da presença do potássio, embora não tenha havido diferença significativa entre essas soluções (Figura 14). Resultado diferente foi observado para o teor de zinco na matéria seca de mudas de dendezeiro cultivadas em solução nutritiva na qual se alterou a relação entre cálcio, potássio e magnésio, não havendo em consequência, influência no teor de zinco (Assis, 1995).

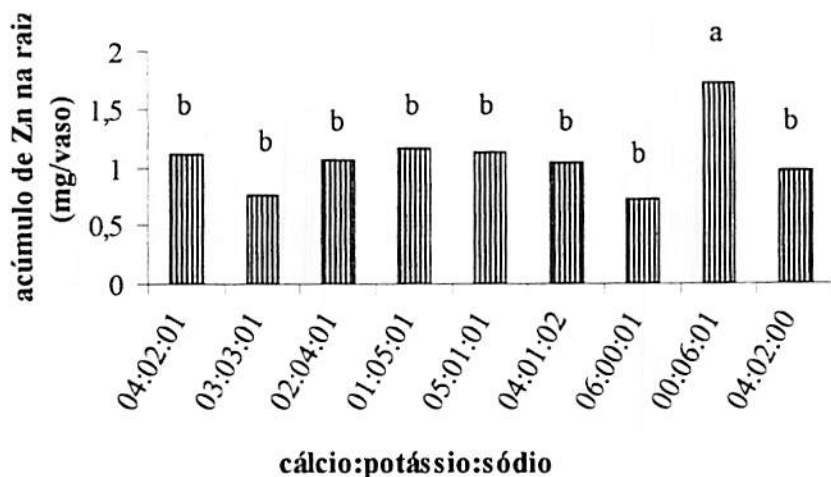


FIGURA 14- Acúmulo de zinco na raiz de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O acúmulo de ferro na raiz também foi influenciado pelas diferentes relações cálcio:potássio, onde as soluções contendo cálcio e potássio na relação 5:1; 6:0 e 0:6, foram as que proporcionaram menor acúmulo, sendo justificado pelas altas concentrações tanto do cálcio quanto do potássio, que poderá ter inibido a absorção do ferro em decorrência de poder haver competição do cálcio e/ou potássio com o ferro pelo sítio de absorção. No entanto, quando as plantas foram cultivadas nas soluções com menores relações cálcio:potássio verificou-se maior acúmulo de ferro, mesmo não havendo diferença significativa entre elas (Figura 15). Diferentemente do observado nesse estudo, não foi registrado efeito da relação cálcio/potássio/magnésio sobre o teor de ferro na matéria seca da raiz em mudas de dendezeiro (Assis, 1995).

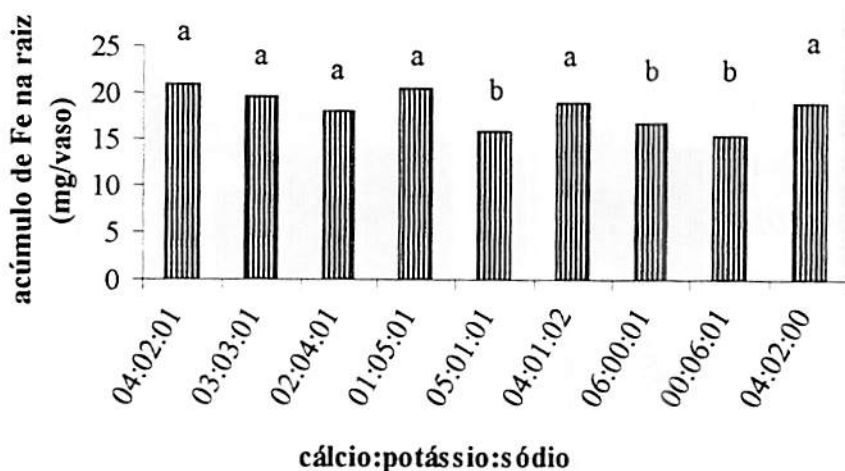


FIGURA 15- Acúmulo de ferro na raiz de mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

### 5.2.2 Acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea

Constatou-se comportamento diferenciado entre os tratamentos sobre o acúmulo dos macros e micronutrientes na matéria seca da parte aérea, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, em que o manganês foi o único nutriente que não teve seu acúmulo influenciado pelos tratamentos (Tabela 6), cujas médias de acúmulo se encontram na Tabela 7. Resultado semelhante para o acúmulo de manganês foi registrado por Assis (1995), trabalhando com mudas de dendezeiro em solução nutritiva sob diferentes relações entre cálcio, potássio e magnésio, não sendo constatada influência dessas relações sobre o teor de manganês na matéria seca da parte aérea.

**TABELA 6-** Resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

F. variação	g.l.	QM								
		Nutriente								
		P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn	Fe
Solução	8	0,017 <sup>**</sup>	0,135 <sup>**</sup>	0,055 <sup>**</sup>	0,0019 <sup>*</sup>	0,0014 <sup>**</sup>	0,066 <sup>**</sup>	0,559 <sup>**</sup>	0,139 <sup>**</sup>	0,86 <sup>**</sup>
Bloco	3	0,004 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,0017 <sup>ns</sup>	0,00007 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>	0,0435 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,0018	0,010	0,0034	0,00021	0,00028	0,0095	1,542	0,0394	0,149
C. V. (%)		10,37	18,92	14,83	11,36	15,01	26,67	10,50	12,28	9,41

\*\* - significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; \* - significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; ns - não significativo pelo teste f ao nível de 5% probabilidade.

**TABELA 7-** Média de acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Relação Ca:K:Na (mmol l <sup>-1</sup> )	Nutrientes							
	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe
	(g/vaso)				(mg/vaso)			
4:2:1	0,482 a	0,634 a	0,4713 a	0,135 a	0,131 a	0,507 a	1,85 a	5,023 a
3:3:1	0,476 a	0,670 a	0,4468 a	0,149 a	0,117 a	0,416 a	1,88 a	4,345 b
2:4:1	0,443 a	0,572 b	0,4723 a	0,132 a	0,119 a	0,517 a	1,62 b	4,340 b
1:5:1	0,473 a	0,651 a	0,3780 b	0,143 a	0,113 a	0,442 a	1,73 a	4,038 c
5:1:1	0,366 b	0,461 b	0,4340 a	0,096 c	0,099 a	0,458 a	1,53 b	3,615 d
4:1:2	0,410 a	0,557 b	0,4655 a	0,119 b	0,118 a	0,186 b	1,44 b	4,010 c
6:0:1	0,360 b	0,083 c	0,3260 b	0,157 a	0,122 a	0,239 b	1,30 b	3,395 d
0:6:1	0,288 c	0,507 b	0,1098 c	0,094 c	0,066 b	0,229 b	1,61 b	4,213 b
4:2:0	0,433 a	0,659 a	0,4430 a	0,127 b	0,119 a	0,291 b	1,58 b	4,033 c

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O menor acúmulo de fósforo na parte aérea de mudas do açaizeiro foi detectado nas plantas submetidas à solução contendo cálcio:potássio:sódio na relação 0:6:1, sendo justificado pela ausência do cálcio nessa solução e pelo desbalanço ocorrido entre o cálcio e potássio, pois quando a relação esteve alta, 5:1 e 6:0, também ocorreu menor acúmulo de fósforo quando comparado às demais soluções (Figura 16). Diferente do observado neste trabalho, Fernandes (2000) obteve menor teor de fósforo em mudas de pupunheira quando foram

cultivadas na solução cuja relação cálcio/potássio foi 3:3 e 4:2:0, enquanto maior teor foi detectado nas plantas submetidas aos tratamentos cujas relações cálcio/potássio foram 4:2, 1:5; 4:1:2; 0:6 e 6:0. Por outro lado, Assis (1995) constatou maior teor foliar de fósforo com a relação cálcio:potássio:magnésio na ordem de 5:0,5:2, embora trabalhando com espécies diferentes.

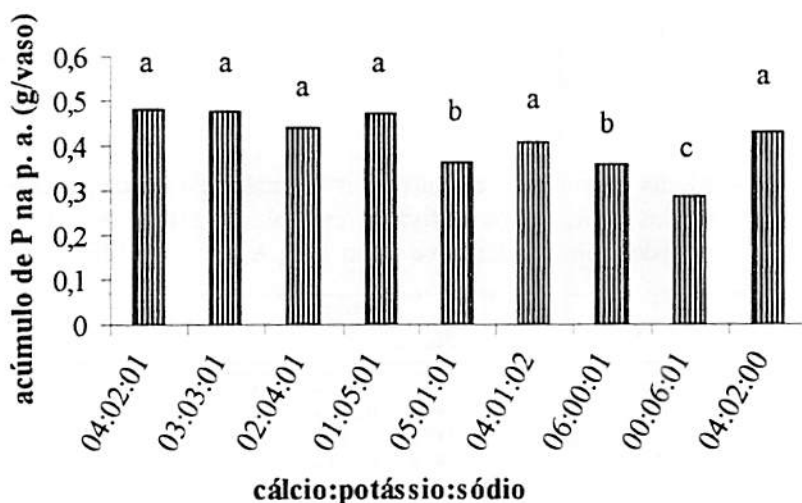


FIGURA 16- Acúmulo de fósforo na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para o acúmulo de potássio, constatou-se que a solução na qual não foi adicionado o potássio foi a que proporcionou menor acúmulo na parte aérea, enquanto os maiores acúmulos ocorreram nas soluções contendo cálcio, potássio e sódio na relação 4:2:1, 3:3:1, 1:5:1 e 4:2:0. O menor acúmulo verificado nas plantas cultivadas na solução sem potássio é atribuído à ausência do potássio nessa solução e em decorrência ocorreu menor acúmulo em função da sua baixa disponibilidade no meio, pois à medida que se supriu o potássio na

solução nutritiva ocorreu maior acúmulo desse nutriente na parte aérea, embora tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos, sendo influenciada pela relação cálcio/potássio (Figura 17).

Resultado semelhante foi encontrado por Fernandes (2000), com menores teores de potássio na matéria seca de folhas e de estipe de mudas de pupunheira na solução em que se suprimiu o fornecimento de potássio. Assis (1995) constatou menor teor de potássio na matéria seca da parte aérea de mudas de dendezeiro quando as plantas foram cultivadas na solução contendo cálcio, potássio e magnésio na relação 5:0,5:2, enquanto os maiores valores foram obtidos com o emprego da relação 5:1:1,5. Em pastagens, foram detectados incrementos no teor de potássio na matéria seca da parte aérea com a utilização de doses crescentes de cloreto de potássio tanto no solo quanto em solução nutritiva (Bitencourt Júnior et al., 1995; Silva, Mattos e Monteiro, 1995). Em plantas de milho, foram constatados aumentos no acúmulo de potássio na matéria seca da parte aérea com o emprego de potássio em doses variando de 500 a 2000  $\mu\text{M.L}^{-1}$  (Fonseca e Meurer, 1995), enquanto que Truzzi, Dechen e Monteiro (1995) verificaram aumentos na concentração de potássio na parte aérea com a elevação da concentração do potássio na solução, interagindo com o magnésio, podendo ser por causa das diferenças entre as espécies quanto à exigência nutricional.

Para o acúmulo de cálcio na parte aérea, constatou-se que a solução contendo cálcio/potássio na relação 0:6 proporcionou menor acúmulo desse nutriente, ao passo que os maiores acúmulos foram constatados nas soluções que contiveram cálcio, embora havendo diferença significativa entre elas, dependendo da relação do cálcio com o potássio. Esse comportamento pode ser explicado em função da baixa disponibilidade do cálcio no meio, pelo fato de a adição de cálcio na solução ter acarretado incrementos no acúmulo do cálcio, mesmo de forma diferenciada, dependendo da relação com o potássio, pois na



presença do potássio na solução, ocorreram os maiores acúmulos, com exceção da solução contendo cálcio/potássio na relação 1:5, na qual o excesso de potássio pode ter inibido a absorção do cálcio (Figura 18), conforme também detectado por Fonseca e Meurer (1995), porém, trabalhando com plantas de milho sob diferentes doses de potássio na solução nutritiva. Comportamento similar foi detectado por Fernandes (2000), no qual menores teores de cálcio na matéria seca tanto de folhas quanto de estipe foram registrados com o emprego da solução cuja relação cálcio/potássio foi 0:6 mmol.L<sup>-1</sup>. Em mudas de dendezeiro, menores teores de cálcio na parte aérea ocorreram nas soluções cujas relações entre cálcio, potássio e magnésio foram 3:2,5:2 e 3:2:2,5 (Assis, 1995), enquanto em plantas de alfafa foi verificado que o teor de cálcio na parte aérea foi inversamente proporcional à relação cálcio/magnésio na solução nutritiva (Gomes et al., 1995), ou seja, à medida que se aumentou a relação cálcio/magnésio ocorreu redução no teor de cálcio.

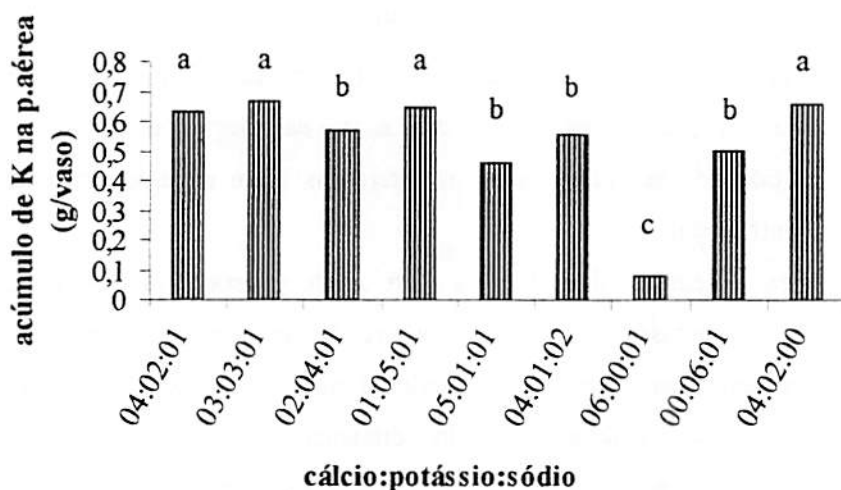


FIGURA 17- Acúmulo de potássio na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

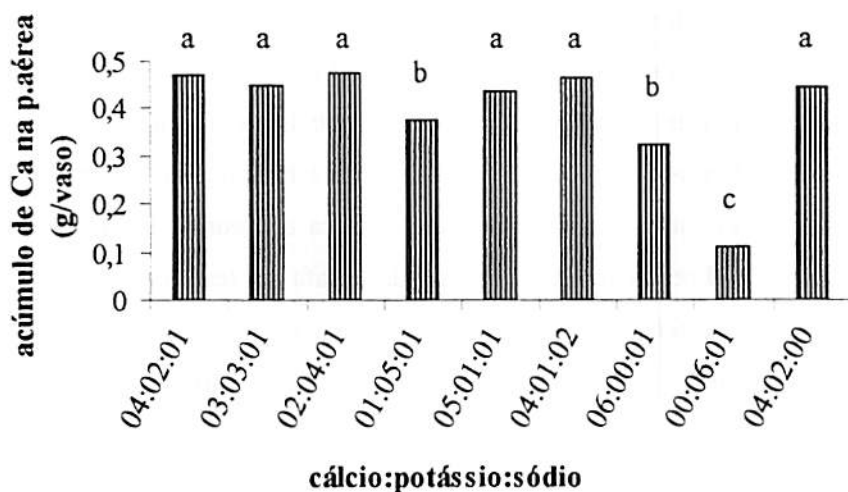


FIGURA 18- Acúmulo de cálcio na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O magnésio foi outro nutriente cujo acúmulo na parte aérea foi influenciado pelas diferentes relações cálcio/potássio na solução. Observa-se na Figura 19 que os maiores acúmulos foram registrados nas soluções contendo cálcio, potássio e sódio na relação 4:2:1, 3:3:1, 1:5:1, 5:1:1, 2:4:1 e 6:0:1 respectivamente, enquanto os menores valores foram obtidos quando as plantas foram cultivadas nas soluções contendo cálcio, potássio e sódio na relação 5:1:1 e 0:6:1, embora não tenha havido diferença significativa no acúmulo entre essas soluções. Esse comportamento é atribuído ao desbalanço na relação cálcio/potássio dessas soluções e como consequência houve menor acúmulo de magnésio na parte aérea. Resultado semelhante foi constatado no trabalho de Fernandes (2000), com maiores teores de magnésio tanto na matéria seca foliar, quanto do estipe de mudas de pupunheira que foram obtidos quando se usou a solução sem potássio, ou seja, relação cálcio/potássio na ordem de 6:0, enquanto

os menores teores foram registrados na solução cuja relação foi 4:2, sendo semelhante ao verificado por Assis (1995), porém trabalhando com mudas de dendezeiro sob diferentes relações entre cálcio, potássio e magnésio. Em plantas de milho, constatou-se redução no acúmulo de magnésio em decorrência da aplicação de potássio à solução nutritiva (Fonseca e Meurer, 1994; Fonseca e Meurer, 1995). Entretanto, em plantas de alfafa o teor de magnésio foi inversamente influenciado pela relação cálcio/magnésio (Gomes et al., 1995), havendo menor teor nos tratamentos com maior concentração de cálcio em relação ao magnésio.

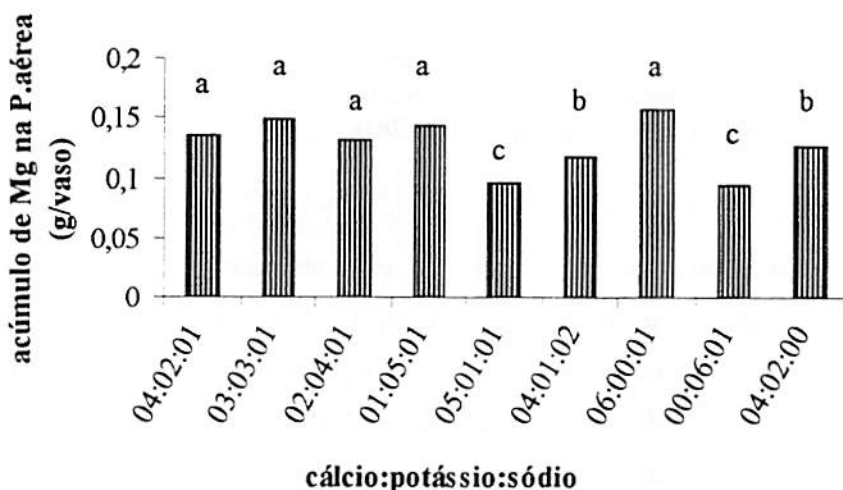


FIGURA 19- Acúmulo de magnésio na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Em relação ao enxofre, observou-se que a solução contendo cálcio:potássio:sódio na relação 0:6:1 foi a que proporcionou menor acúmulo na parte aérea, ao passo que nas demais soluções não foram observadas diferenças significativas entre elas (Figura 20). O menor acúmulo de enxofre observado na

solução sem cálcio pode ser atribuído à ausência do cálcio nessa solução e em decorrência da menor produção de matéria seca da parte aérea, pois o acúmulo foi estimado com base no teor de enxofre e a produção de matéria seca respectivamente, pois à medida que se adicionou o cálcio à solução ocorreu acréscimo no acúmulo de enxofre em todas as soluções, independente da relação cálcio:potássio utilizada. Resultado divergente foi observado em mudas de pupunheira cultivadas em solução nutritiva na qual se variou a relação entre os cátions cálcio:potássio e sódio, em que menores teores de enxofre na matéria seca de folhas e estipe foram constatados nas soluções contendo cálcio:potássio:sódio na relação 6:0:1 e 4:1:2, enquanto que valores superiores foram detectados quando se empregaram as soluções cujas relações entre os cátions testados foram 4:1:2 e 0:6:1. Entretanto, Assis (1995) não registrou efeito da relação cálcio:potássio:magnésio sobre o teor de enxofre na matéria seca da parte aérea de mudas de dendezeiro. Esses resultados podem ser decorrentes das exigências em níveis diferentes em virtude de serem espécies diferentes.

Com referência ao acúmulo de cobre, verificou-se que os menores valores ocorreram nas soluções contendo cálcio, potássio e sódio na relação 4:1:2, 6:0:1, 0:6:1 e 4:2:0, podendo ser atribuído ao desbalanço nutricional dessas soluções em decorrência das altas relações entre cálcio, potássio e sódio, e como conseqüência pode ter ocorrido competição desses cátions com o cobre, visto que os maiores acúmulos foram obtidos nas soluções contendo cálcio, potássio e sódio em relações mais estreitas, ou seja, 4:2:1; 3:3:1; 2:4:1, 1:5:1 e 5:1:1 (Figura 21). Em mudas de dendezeiro, foi observado que os maiores teores de cobre na matéria seca da parte aérea ocorreram nas soluções cuja relação cálcio:potássio:magnésio foi de 5:0,5:2 e 4:1,5:2 (Assis, 1995), podendo ser em razão da competição por sítios de absorção ocorrer de forma diferenciada entre espécies diferentes.

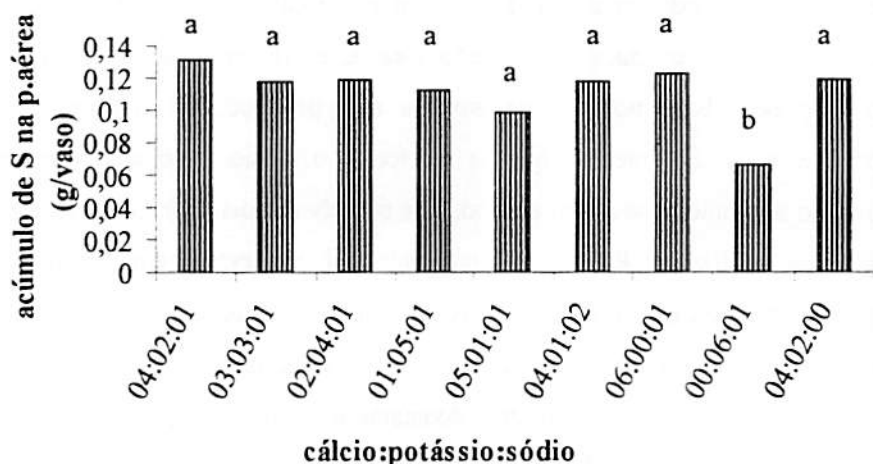


FIGURA 20- Acúmulo de enxofre na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras – MG, 2000.

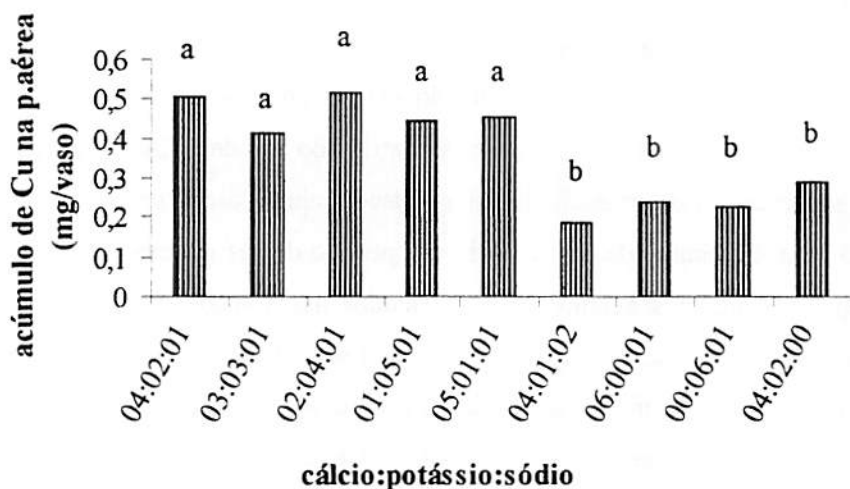


FIGURA 21- Acúmulo de cobre na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Em relação ao acúmulo de zinco na parte aérea, foi constatado que as mudas cultivadas nas soluções contendo cálcio, potássio e sódio na relação 4:2:1, 3:3:1 e 1:5:1, apresentaram maiores acúmulos desse nutriente, sendo justificado pelo equilíbrio entre os nutrientes dessas soluções, pois à medida que alterou a relação entre esses nutrientes ocorreu redução no acúmulo de zinco, possivelmente em decorrência de interações entre esses cátions, de forma que o zinco teve sua absorção reduzida (Figura 22). Contudo, não foi detectada influência da relação cálcio, potássio e magnésio sobre o teor de zinco na matéria seca da parte aérea de mudas de dendezeiro cultivadas em solução nutritiva (Assis, 1995), o que pode ser atribuído às diferenças entre as espécies avaliadas.

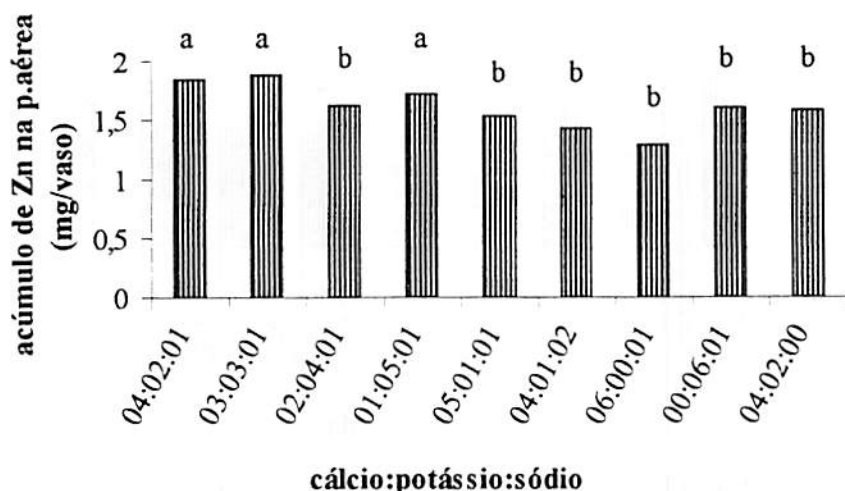


FIGURA 22- Acúmulo de zinco na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para o ferro, verificou-se que as plantas cultivadas nas soluções contendo as maiores concentrações de cálcio, ou seja, relação cálcio/potássio 5:1

e 6:0 foram as que apresentaram menores acúmulos na parte aérea, provavelmente em função de as altas concentrações de cálcio no meio terem inibido a absorção do ferro, em virtude de poder haver competição entre esses cátions pelo mesmo sítio de absorção. Ao contrário, maior acúmulo foi obtido com as plantas cultivadas na solução contendo cálcio:potássio:sódio na relação 4:2:1. De outra forma, a alteração na relação entre potássio e sódio na ordem de 1:2 e 2:0 resultou em redução no acúmulo de ferro quando comparado com a relação base 2:1 (Figura 23). No entanto, não foi detectado efeito da relação cálcio:potássio:magnésio sobre o teor de ferro na matéria seca da parte aérea de mudas de dendezeiro cultivadas em solução nutritiva (Assis, 1995).

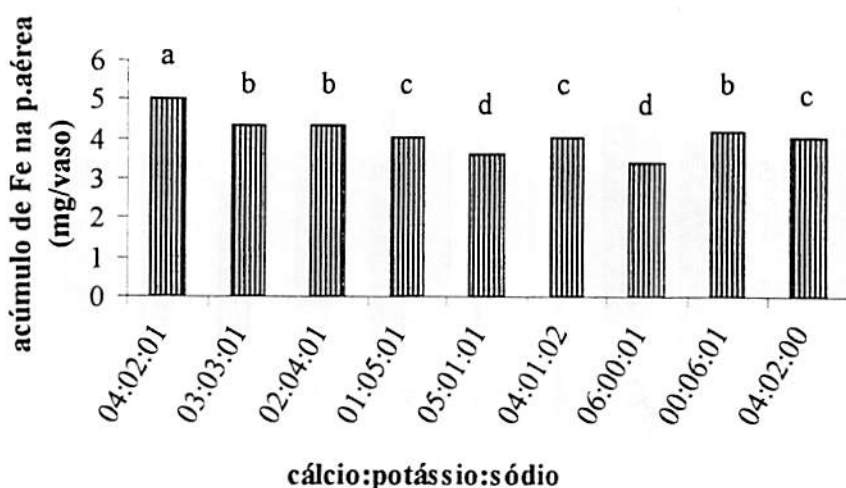


FIGURA 23- Acúmulo de ferro na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

### 5.2.3 Acúmulo de nutrientes na matéria seca total

Pela análise de variância observou-se influência dos tratamentos sobre o acúmulo total dos nutrientes fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre,

zinco e ferro, contudo não foi detectada influência sobre o acúmulo de manganês (Tabela 8), cujos valores médios de acúmulo se encontram na Tabela 9.

**TABELA 8- Resumo da análise de variância para o acúmulo total de nutrientes em mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - Mg, 2000.**

Fonte variação	g.l.	QM								
		Nutriente								
		P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn	Fe
Solução	8	0,031 <sup>ns</sup>	0,287 <sup>ns</sup>	0,062 <sup>ns</sup>	0,0026 <sup>ns</sup>	0,0037 <sup>ns</sup>	0,522 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,528 <sup>ns</sup>	20,39 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0057 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	0,019 <sup>ns</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>	0,00064 <sup>ns</sup>	0,052 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,095 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,0025	0,015	0,0035	0,00023	0,00072	0,0296	1,652	0,163	2,763
C. V. (%)		8,78	16,47	13,40	10,02	15,61	10,14	10,25	14,99	7,41

\*\* - significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; \* - significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; ns - não significativo pelo teste f ao nível de 5% probabilidade.

**TABELA 9- Média de acúmulo total de nutrientes na matéria seca de mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.**

Relação Ca:K:Na (mmol.L <sup>-1</sup> )	Nutrientes							
	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe
	(g/vaso)				(mg/vaso)			
4:2:1	0,680 a	0,958 a	0,530 a	0,162 a	0,214 a	1,912 a	2,968 a	25,95 a
3:3:1	0,665 a	0,928 a	0,490 a	0,170 a	0,181 a	1,972 a	2,643 a	23,88 a
2:4:1	0,602 b	0,800 b	0,517 a	0,153 b	0,181 a	1,690 b	2,670 a	22,39 a
1:5:1	0,649 a	0,908 a	0,417 b	0,166 a	0,176 a	1,814 b	2,905 a	24,48 a
5:1:1	0,490 c	0,633 b	0,474 a	0,111 c	0,139 b	1,986 a	2,650 a	19,45 b
4:1:2	0,588 b	0,780 b	0,519 a	0,140 b	0,177 a	1,740 b	2,480 a	22,89 a
6:0:1	0,495 c	0,109 c	0,376 b	0,188 a	0,189 a	0,792 c	2,023 a	20,15 b
0:6:1	0,417 d	0,687 b	0,138 c	0,111 c	0,109 b	1,730 b	3,340 a	19,71 b
4:2:0	0,595 b	0,953 a	0,500 a	0,150 b	0,182 a	1,644 b	2,563 a	23,03 a

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O menor acúmulo total de fósforo foi constatado nas plantas cultivadas tanto na ausência do cálcio, relação cálcio:potássio 0:6, quanto na presença de altas concentrações, ou seja, relação 5:1 e 6:0 respectivamente, ao passo que os maiores acúmulos foram obtidos nas plantas cultivadas nas soluções contendo



cálcio, potássio e sódio na relação 4:2:1, 3:3:1 e 1:5:1, enquanto a alteração na relação base entre potássio e sódio reduziu o acúmulo de fósforo, quando comparada à solução base (Figura 24). O menor acúmulo detectado nas plantas cultivadas nessas soluções pode ser atribuído tanto à ausência do cálcio, em virtude de a deficiência de cálcio deprimir o crescimento do sistema radicular (Marschner, 1997) e com isto limitar a absorção e o acúmulo do fósforo, quanto pelas altas concentrações de cálcio na ordem de 5 e 6 mmol.L<sup>-1</sup> poderem reduzir a disponibilidade do fósforo em virtude de sua ligação ao cálcio e esse composto apresentar baixa solubilidade (Marschner, 1997). No entanto, efeito contraditório foi detectado em mudas de pupunheira, verificando menor absorção total de fósforo quando as plantas foram cultivadas na solução cuja relação cálcio/potássio foi 6:0 e também quando foi suprimido o sódio da solução (Fernandes, 2000). Entretanto, não foi observada influência da aplicação de doses crescentes de potássio, cálcio e sódio sobre o teor de fósforo na matéria seca em plantas de gramíneas forrageiras (Silva et al., 1995).

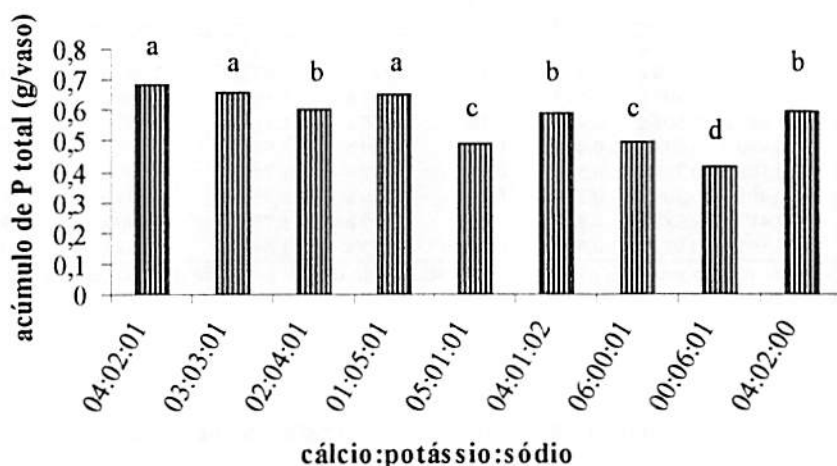


FIGURA 24- Acúmulo total de fósforo por mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

No caso do acúmulo de potássio, verificou-se que a solução na qual o potássio não foi fornecido apresentou menor acúmulo total, enquanto que maiores valores ocorreram nas plantas cultivadas nas soluções contendo cálcio:potássio:sódio na relação 4:2:1, 3:3:1, 1:5:1 e 4:2:0, mesmo não havendo diferença significativa dentro desse grupo de tratamentos. O menor acúmulo é explicado pela ausência do potássio naquela solução, cuja relação cálcio/potássio foi 6:0, visto que nos tratamentos com baixa relação diante da concentração de cálcio também resultaram em menores acúmulos totais, como no caso das soluções com relação cálcio/potássio 5:1 e 4:1, respectivamente. Quanto à relação potássio/sódio, observou-se que o sódio não foi capaz de suprir as funções do potássio suprimido, enquanto a supressão do sódio não afetou o acúmulo total de potássio nas plantas (Figura 25). Os resultados obtidos neste trabalho estão compatíveis com os registrados em mudas de pupunheira submetidas a diferentes relações cálcio, potássio e sódio, nos quais menores valores de potássio absorvido foram registrados nas plantas cultivadas na solução cuja relação entre cálcio/potássio e potássio/sódio foi 6:0, 5:1 e 1:2, respectivamente (Fernandes, 2000). Contudo, foram constatados incrementos no teor de potássio na matéria seca de espécies forrageiras com aplicação de doses crescentes de potássio, independentemente das doses de cálcio e sódio aplicadas (Silva et al., 1995; Gama Rodrigues e Rossiello, 1995).

Para o cálcio, foi observado que o menor acúmulo total ocorreu nas plantas cultivadas na solução em que não houve suprimento de cálcio, ao passo que maiores acúmulos ocorreram nas soluções em que o cálcio foi aplicado, embora havendo diferença significativa entre elas, dependendo da relação com o potássio (Figura 26). Os menores valores obtidos podem ter sido ocasionados tanto pela ausência do cálcio nessa solução, quanto pela baixa disponibilidade em decorrência da presença do potássio na relação 1:5 na solução, ou mesmo pela ausência do potássio na solução contendo apenas cálcio, ou seja,

cálcio:potássio 6:0, visto que a ausência ou baixa disponibilidade de um desses nutrientes reduz a absorção do outro, conforme constatado na cultura da soja (Ventura, 1987 e Kurihara, 1991), milho (Carmelo, 1989), em forrageiras (Bull, 1986; Gama Rodrigues e Rossiello, 1995; Silva et al., 1995) e pupunheira (Fernandes, 2000).

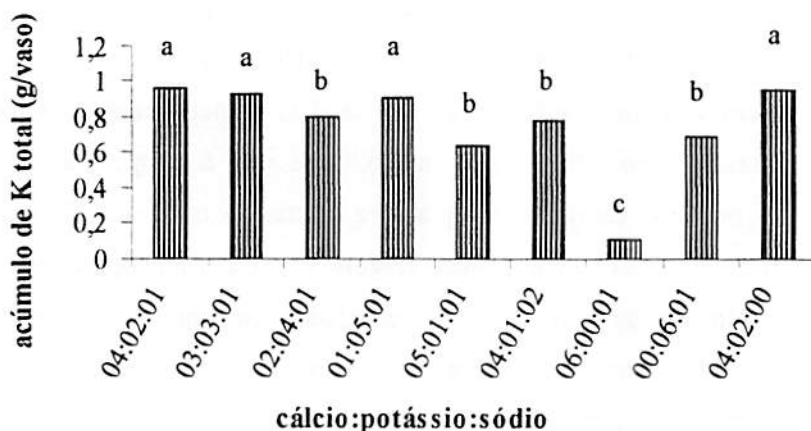


FIGURA 25- Acúmulo total de potássio em mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O acúmulo total de magnésio também não foi favorecido quando as plantas foram cultivadas nas soluções contendo cálcio/potássio na relação 5:1 e 0:6, contrastando com maiores acúmulos ocorridos quando as plantas foram submetidas às soluções contendo cálcio e potássio na relação 4:2, 3:3, 1:5 e 6:0 como observado na Figura 27. Os menores acúmulos podem ser atribuídos à ausência do cálcio, confirmada pelos tratamentos nos quais se adicionou cálcio ocorrendo maior acúmulo total de magnésio, com exceção da solução contendo cálcio e potássio na ordem de 5:1, o qual pode ter sido por causa da baixa disponibilidade do potássio nessa solução, pois a alta relação cálcio/potássio

pode ter influenciado na absorção do magnésio, conforme também detectado por Silva et al., (1995) e Gama Rodrigues e Rossiello (1995), trabalhando com espécies forrageiras. Em pupunheira, foi constatado menor acúmulo total de magnésio quando as mudas foram cultivadas na solução cuja relação cálcio/potássio foi 0:6, enquanto acúmulo superior ocorreu na solução cuja relação cálcio/potássio foi 3:3 (Fernandes, 2000).

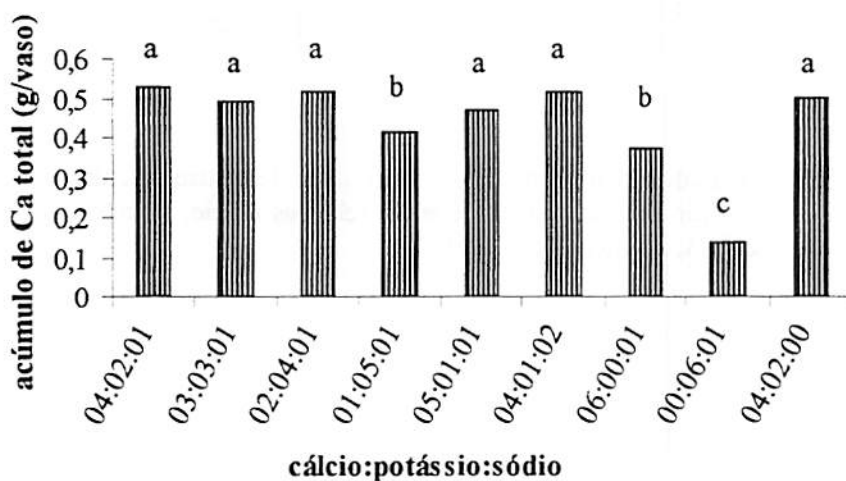


FIGURA 26- Acúmulo total de cálcio em mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Semelhante ao magnésio, o acúmulo total de enxofre também foi reduzido quando as plantas foram cultivadas nas soluções contendo cálcio e potássio na relação 5:1 e 0:6, ao passo que nas outras soluções ocorreram os maiores valores acumulados, não havendo diferença significativa entre os tratamentos dentro desse grupo (Figura 28). A redução verificada pode ser resultante do desbalanço entre os nutrientes cálcio e potássio.

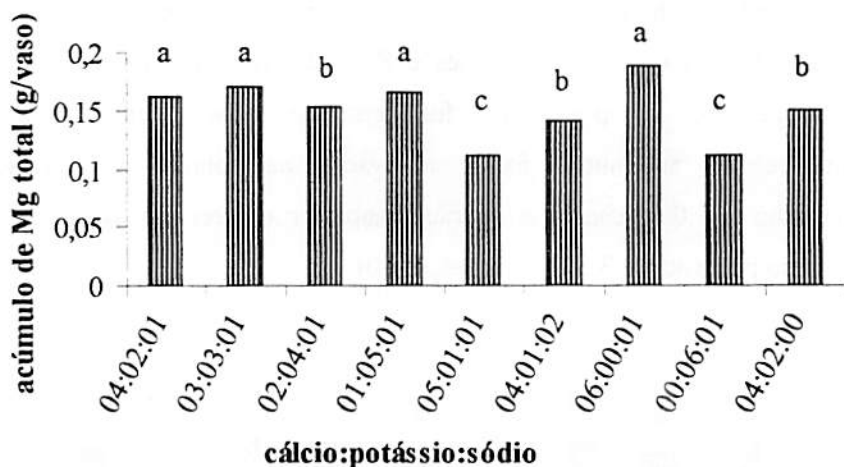


FIGURA 27- Acúmulo total de magnésio em mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

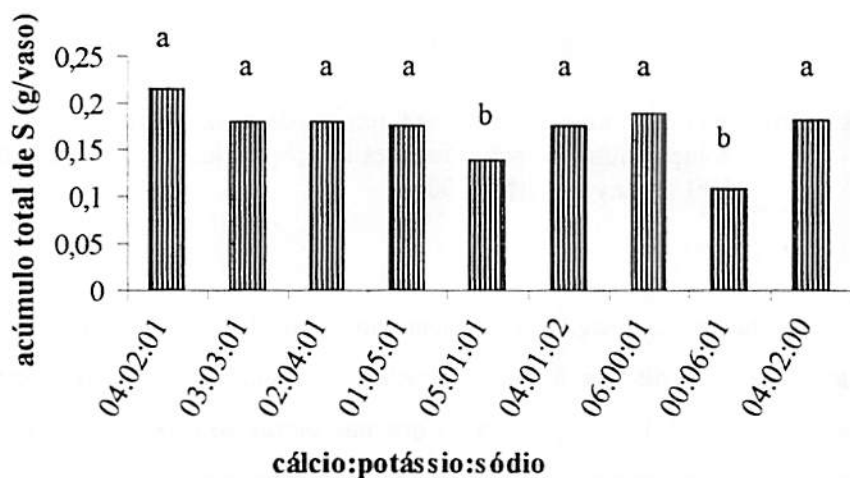


FIGURA 28- Acúmulo total de enxofre em mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para o cobre, verificou-se que o acúmulo total foi reduzido quando as plantas foram cultivadas na solução cuja relação cálcio/potássio foi 6:0, sendo influenciada negativamente em consequência da ausência do potássio, haja vista que nas demais soluções em que o potássio se fez presente ocorreram os maiores acúmulos, mesmo havendo diferença significativa entre elas, tendo os maiores acúmulos ocorridos nas soluções cuja relação cálcio/potássio foi maior ou igual a 1 (Figura 29). Resultado semelhante foi observado em mudas de seringueira, nas quais ocorreu redução no teor de cobre na matéria seca pela ausência do potássio (Sampaio et al., 1995).

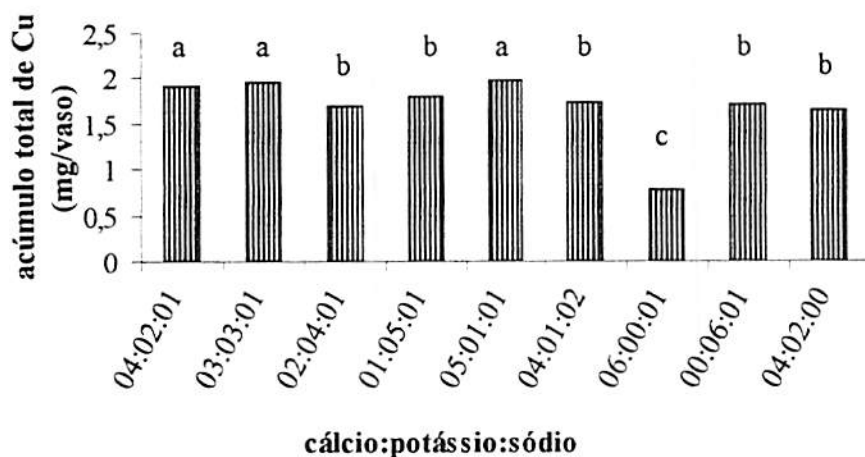


FIGURA 29- Acúmulo total de cobre em mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para o acúmulo total de zinco, percebe-se pela Figura 30, que embora tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos sobre o acúmulo total de zinco pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, quando se aplicou o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade tal diferença significativa não

foi detectada. No entanto, em mudas de seringueira foi constatado que a aplicação de doses crescentes de cálcio resultou na redução do teor de zinco na planta (Sampaio et al., 1995), podendo esse fato ser devido a exigências em níveis diferenciados entre o açazeiro e a seringueira.

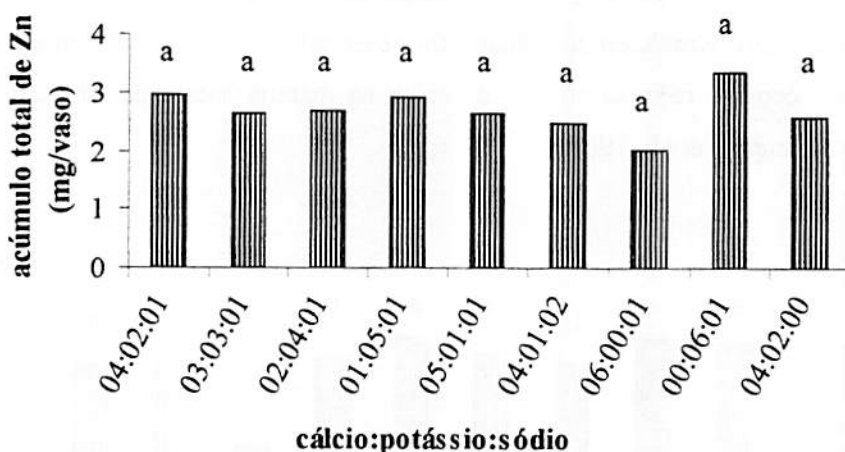


FIGURA 30- Acúmulo total de zinco em mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras – MG, 2000.

O acúmulo total de ferro foi influenciado significativamente pela relação cálcio/potássio, com menores acúmulos ocorrendo nas plantas cultivadas nas soluções contendo altas relações entre cálcio e potássio, ou seja, 5:1, 6:0 e na ausência do cálcio, conforme pode ser visualizado na Figura 31. Esse resultado pode ser atribuído à ausência tanto do cálcio quanto do potássio nas soluções e ao excesso de cálcio em relação ao potássio na ordem de 5:1 respectivamente, sendo que esses desequilíbrios entre os nutrientes resultaram na diminuição da absorção do ferro pelas plantas em virtude de poder ter havido competição desses cátions da solução com o ferro. Comportamento distinto foi registrado em

mudas de seringueira aumentando-se a dose de cálcio, a qual acarretou incremento no teor de ferro na matéria seca (Sampaio et al., 1995).

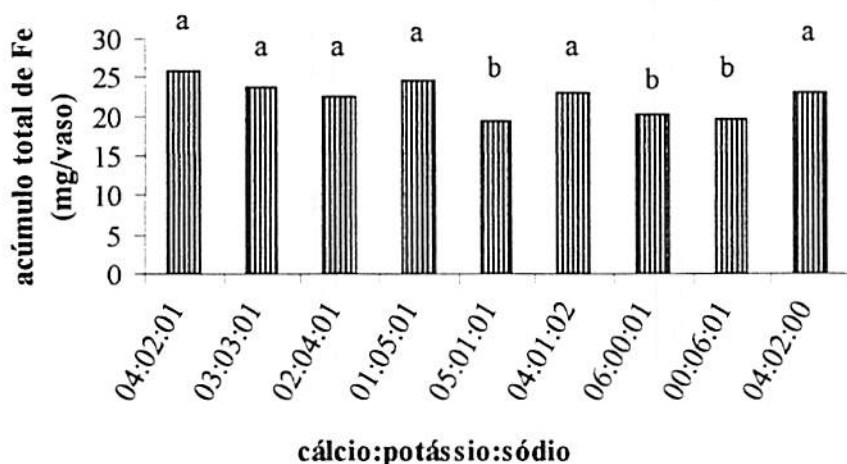


FIGURA 31- Acúmulo total de ferro em mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

#### 5.2.4 Translocação de nutrientes

Pela análise de variância, observou-se influência dos tratamentos sobre a translocação do cálcio, cobre, manganês, zinco e ferro, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 10), cujos valores médios estão apresentados na Tabela 11.

Dentre os macronutrientes, não foi verificada influência das relações cálcio/potássio e potássio/sódio sobre a translocação do fósforo, potássio, magnésio e enxofre (Tabela 10). Em contraste, constatou-se influência dos tratamentos sobre a translocação do cálcio, em que a solução contendo cálcio/potássio na relação cálcio/potássio 0:6 reduziu de forma significativa a translocação do cálcio, sendo justificado pela ausência do cálcio, haja vista que



nas soluções nas quais se adicionou cálcio ocorreu maior translocação desse nutriente, independente da relação com o potássio (Figura 32).

**TABELA 10- Resumo da análise de variância para translocação de nutrientes em mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.**

fonte variação	g.l.	QM								
		nutriente								
		P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn	Fe
Tratamento	8	11,89 <sup>ns</sup>	33,92 <sup>ns</sup>	57,106 <sup>**</sup>	9,109 <sup>ns</sup>	32,29 <sup>ns</sup>	191,3 <sup>**</sup>	12,674 <sup>**</sup>	149,6 <sup>**</sup>	9,13 <sup>**</sup>
Bloco	3	7,56 <sup>ns</sup>	9,02 <sup>ns</sup>	4,795 <sup>ns</sup>	4,649 <sup>ns</sup>	13,85 <sup>ns</sup>	9,587 <sup>ns</sup>	0,931 <sup>ns</sup>	46,42 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	7,853	18,91	5,538	4,893	22,824	32,303	1,154	39,574	2,551
C. V. (%)		3,89	6,08	2,66	2,59	7,35	25,86	1,14	10,33	8,69

\*\* - significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; ns - não significativo pelo teste f ao nível de 5% probabilidade.

**TABELA 11- Valores médios para translocação de cálcio, cobre, manganês, zinco e ferro em mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.**

relação	nutrientes				
	Ca	Cu	Mn	Zn	Fe
Ca:K:Na (mmol.L <sup>-1</sup> )	%				
4:2:1	8,87 a	26,29 a	94,19 a	62,55 a	19,37 a
3:3:1	91,14 a	20,99 a	95,84 a	71,41 a	18,19 b
2:4:1	90,96 a	30,83 a	95,13 a	64,46 a	19,38 a
1:5:1	90,52 a	24,26 a	94,89 a	60,06 a	16,66 b
5:1:1	91,63 a	23,04 a	95,50 a	58,09 a	18,59 b
4:1:2	89,63 a	11,13 b	94,85 a	59,42 a	17,52 b
6:0:1	86,37 a	30,20 a	91,92 b	64,41 a	16,85 b
0:6:1	79,48 b	13,33 b	90,67 b	48,21 a	21,45 a
4:2:0	88,50 a	17,70 b	95,46 a	62,23 a	17,52 b

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a translocação dos micronutrientes foram constatadas influência das relações cálcio/potássio e potássio/sódio, porém com comportamentos diferenciados. O cobre teve sua translocação reduzida nas plantas cultivadas nas soluções contendo cálcio, potássio e sódio na relação 4:1:2, 0:6:1 e 4:2:0, embora sem haver diferença significativa nos valores translocados nas plantas dessas soluções (Figura 33). Esse comportamento pode ser atribuído à alteração ocorrida na relação potássio/sódio e à ausência do cálcio, pois à medida que se adicionou cálcio na solução e manteve-se a relação base entre potássio e sódio ocorreu maior translocação do cobre, independente da relação cálcio/potássio.

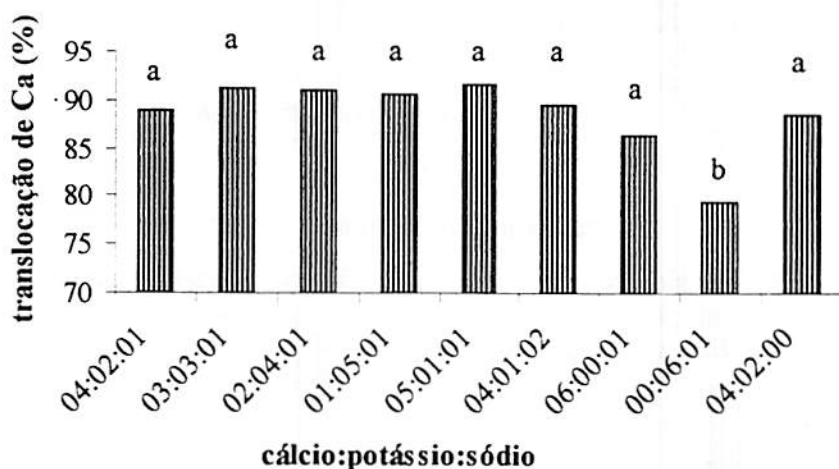


FIGURA 32- Translocação de cálcio em mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O manganês teve sua translocação reduzida nas plantas cultivadas na solução que não recebeu cálcio e nas soluções em que se alterou a relação potássio/sódio respectivamente, quando comparadas às demais, as quais não diferiram estisticamente quanto à translocação do manganês. Esse resultado

O ferro teve sua translocação influenciada pelas diferentes relações cálcio/potássio, nas quais os maiores valores foram evidenciados nas plantas cultivadas na solução base, relação cálcio:potássio:sódio 4:2:1, 2:4:1 e 0:6:1, mesmo sem haver diferença significativa entre essas três soluções, enquanto que nas outras ocorreram menores translocações de ferro (Figura 36). Esse resultado pode ser justificado pelo fato de poder terem ocorrido interações antagônicas tanto do cálcio quanto do potássio sobre o ferro na solução, de forma que translocação foi influenciada por estes dois nutrientes, mais o elemento sódio, pois à medida que se alterou a relação base, ocorreu redução do ferro translocado (Figura 36).

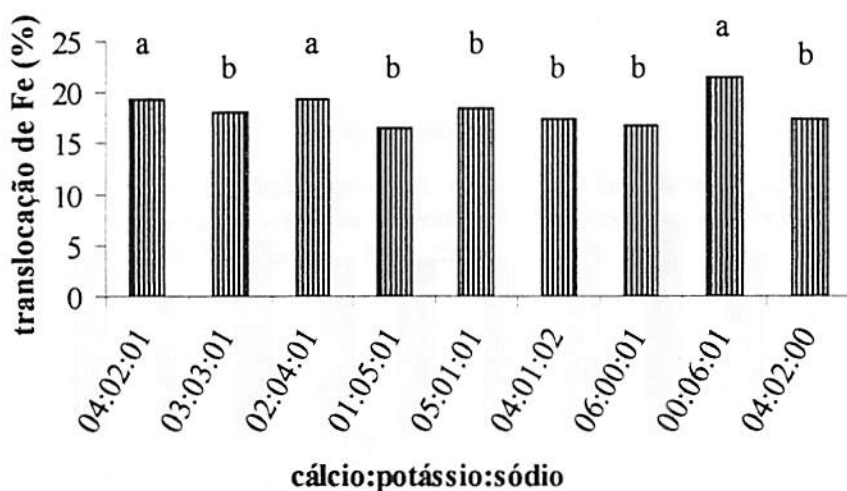


FIGURA 36- Translocação de ferro em mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

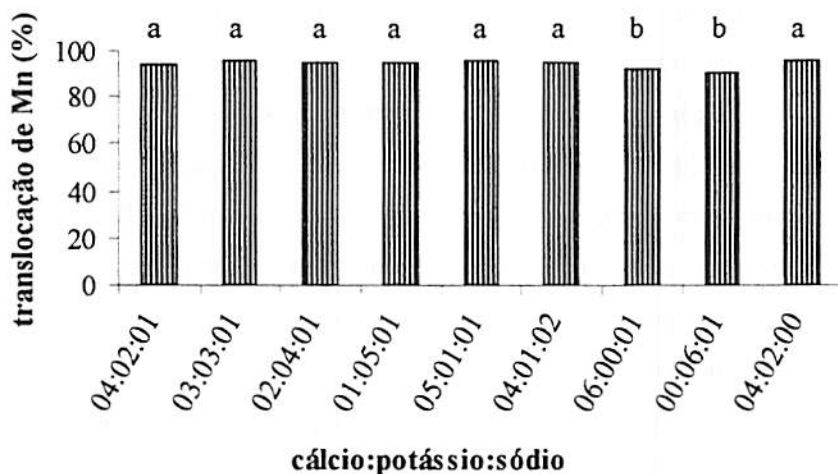


FIGURA 34- Translocação de manganês em mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

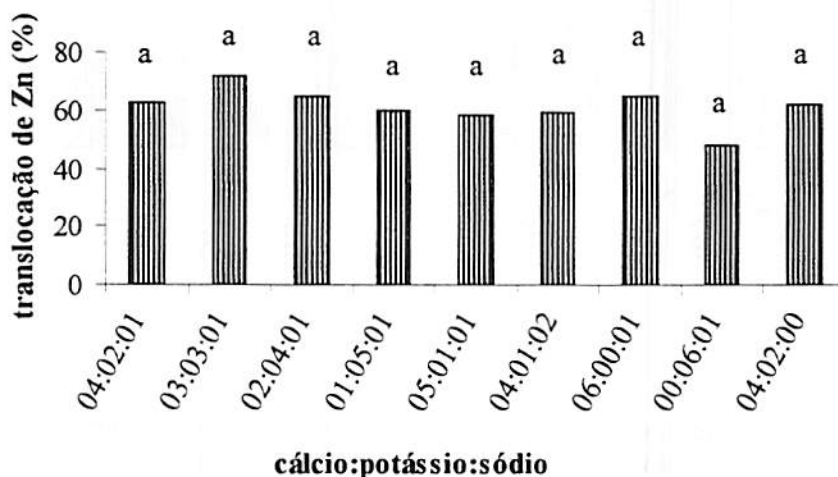


FIGURA 35- Translocação de zinco em mudas de açazeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O ferro teve sua translocação influenciada pelas diferentes relações cálcio/potássio, nas quais os maiores valores foram evidenciados nas plantas cultivadas na solução base, relação cálcio:potássio:sódio 4:2:1, 2:4:1 e 0:6:1, mesmo sem haver diferença significativa entre essas três soluções, enquanto que nas outras ocorreram menores translocações de ferro (Figura 36). Esse resultado pode ser justificado pelo fato de poder terem ocorrido interações antagônicas tanto do cálcio quanto do potássio sobre o ferro na solução, de forma que translocação foi influenciada por estes dois nutrientes, mais o elemento sódio, pois à medida que se alterou a relação base, ocorreu redução do ferro translocado (Figura 36).

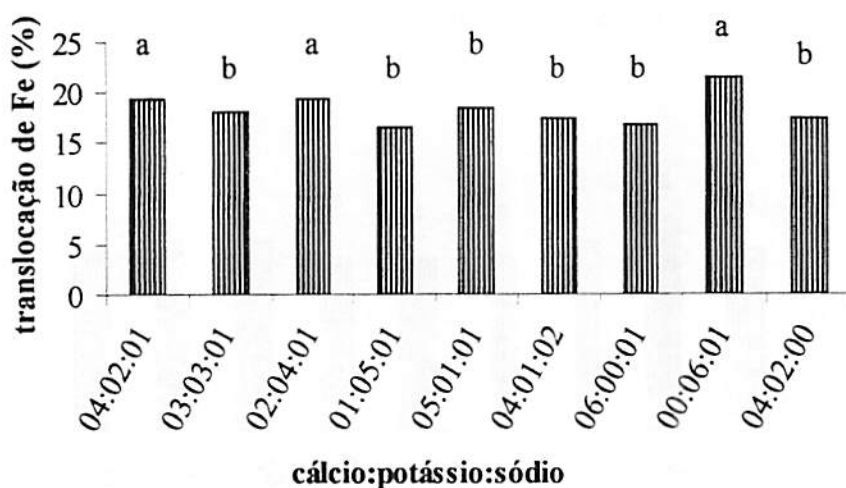


FIGURA 36- Translocação de ferro em mudas de açaizeiro cultivadas em solução nutritiva sob diferentes relações cálcio, potássio e sódio. UFLA, Lavras - MG, 2000.

## 6 CONCLUSÕES

De maneira geral, a relação cálcio/potássio 4:2 proporciona obtenção de mudas de açaizeiro com maior crescimento e em estado nutricional superior, independente da concentração de sódio na solução.

Para produção de mudas de açaizeiro em solução nutritiva, deve ser utilizada a solução contendo apenas cálcio e potássio na relação 4:2.

A ausência de cálcio na solução nutritiva acarreta redução no crescimento de mudas de açaizeiro.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, R. P. de. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de dendezeiro (*Elaeis guinensis* Jacq.) em função de diferentes relações entre K, Ca e Mg na solução nutritiva.** Lavras: UFLA, 1995. 41p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- BALIEIRO, F. de C.; OLIVEIRA, I. G. de; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acácia holocericea*: Resposta à calagem, fósforo, potássio e enxofre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Anais...**Viçosa: SBCS, 1995. p.830-832.
- BITENCOURT JUNIOR, D.; SIEWERDT, L.; ZONTA, E. P.; VAHL, L. C. Teores de potássio, sódio e magnésio na matéria seca da forragem de campo natural de planossolo em função de adubações fosfatada, potássica e da calagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Anais...**Viçosa: SBCS, 1995. p.1252-1254.
- BORGES, M. R.; PINTO, A. C.; KASAI, F. S.; PIVETTA, K.; PERESSIN, V. A.; COUTINHO, E. L. M. Efeito do potássio na produção de matéria seca e no estado nutricional das plantas de alfafa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: SBCS, 1999. CD-ROM.

- BULL, L. T. Influência da relação K/(Ca + Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageira. Piracicaba: ESALQ, 1986. 107p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- CARMELO, Q. A. de C. Saturação por bases e relações entre K, Ca e Mg no solo na nutrição potássica do milho (*Zea mays* L.) cv. Piranão. Piracicaba: ESALQ, 1989. 105p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- COSTACURTA, C. R. C.; VIÉGAS, I. de J. M.; SAMPAIO, M. do C. T.; CARVALHO, J. G. de. Produção de matéria seca e sua distribuição em diferentes partes da seringueira (*Hevea brasiliensis* Muel. Arg.) sob doses de cálcio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais...Viçosa: SBCS, 1995. p.1070-1072.
- DUFOUR, F.; QUENCEZ, P.; SCHMITTY, G. Technique de culture en solutions nutritives du palmier a huile et du cocotier. *Oléagineux*, Paris, v.33, n.10, p.485-490, oct. 1978.
- ESPÍNDOLA, A. C. de M.; ANDRADE, A. G. de; SILVA, C. A. da; COSTA, J. P. V. da; MOURA FILHO, G. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. Anais... Brasília: SBCS, 1999. CD-ROM.
- FERNANDES, A. R. Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H. B. K.), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade. Lavras: UFLA, 2000. 145p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- FERREIRA, D. F. Sisvar- Sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: DCE-UFLA, 2000. CD-ROM.
- FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Antagonismo entre potássio e magnésio em plantas de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais...Viçosa: SBCS, 1995. p.1034-1035.
- FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Cinética de absorção de K e Mg em plantas de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 31., 1994, Petrolina. Anais... Petrolina: SBCS/EMBRAPA-CPATSA, 1994. p.33-34.

- GAMA RODRIGUES, A. C. da; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento, absorção de K, Ca, e Mg de forrageiras tropicais em função da adubação potássica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais...Viçosa: SBCS, 1995. p.1252-1254.
- GOMES, F. T.; BORGES, A. C.; NEVES, J. C. L.; FONTES, P. C. R. Produção de matéria seca e absorção de cálcio e magnésio na alfafa, em resposta à calagem, com diferentes relações cálcio:magnésio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais...Viçosa: SBCS, 1995. p.1120-1122.
- KURIHARA, C. H. Nutrição mineral e crescimento da soja sob influência do equilíbrio entre Ca, Mg e K. Lavras: ESAL, 1991. 95p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London: Academic Press, 1997. 889p.
- NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M. Nutrição e adubação potássica na cultura da goiabeira (*Psidium guajava*), cv. Rica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais...Viçosa: SBCS, 1995. p.1057-1058.
- OLIVEIRA, M. do S. P. de; LEMOS, M. A.; SANTOS, V. F. dos; SANTOS, E. O. dos. Correlações fenotípicas entre caracteres vegetativos e de produção de frutos em açaizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.22, n.1, p.01-05, abr. 2000.
- ORLANDO FILHO, J.; BITTENCOURT, V. C. de; CARMELO, Q. A. de C.; BEAUCLAIR. Relações K, Ca e Mg do solo e produtividade da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais...Viçosa: SBCS, 1995. p.1039-1040.
- PACHECO, R. G.; SOUZA JUNIOR, J. O. de; AGUILAR, M. A. G.; CARDOSO, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; OLIVEIRA, J. A. de. Efeitos de doses crescentes de potássio no crescimento inicial da pupunha (*Bactris gasipes* H. B.K.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. Anais... Brasília: SBCS, 1999. CD-ROM.



- SAMPAIO, M. do C.T.; VIÉGAS, I. de J. M.; VIEIRA, I. M. dos S.; CARVALHO, J. G. de. Efeito do cálcio na concentração de micronutrientes em mudas de seringueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais...Viçosa: SBCS, 1995. p.1067-1069.
- SCHMIT, J. N. Le calcium dans le cellule génératrice em mitose. Etude dans le tube pollinique en germination du *Clivia nobilis* Lindl. (*Amaryllidaceae*). Comptes Rendus de L'academie des Siences Serie III – Sciences de la Vie-life Sciences, Strasbourg, v.293, n.14, p.755-760, 1981.
- SILVA, A. A. da; MATTOS, W. T.; MONTEIRO, F. A. Respostas de capim-tanzânia-1 (*Panicum maximum*) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais...Viçosa: SBCS, 1995. p.1046-1047.
- SILVA, N. M. A.; SILVEIRA, R. I.; GOMIDE, C. A.; CARRER, R. C. O.; LIMA, C. G. de. Produção e composição de gramíneas forrageiras submetidas á níveis de potássio, cálcio e sódio. I-Capim-Andropogon cv. Planaltina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais...Viçosa: SBCS, 1995. p.1051-1053.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. Redwood City: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991. 559p.
- TEIXEIRA, N. T.; MARTINS, J. J. R.; MACIEL, C. A. C.; BOVI, M. L. A.; SERAFINI, F. Deficiência nutricional de mudas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: SBCS, 1995. p.576-577.
- TRUZZI, K. D. C.; DECHEN, A. R.; MONTEIRO, F. A. Níveis de potássio e magnésio para milho cultivado em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais...Viçosa: SBCS, 1995. p.1036-1038.
- VENTURA, C. A. D. Níveis de potássio, cálcio e magnésio em solução nutritiva influenciando o crescimento e a composição da soja (*Glycine max* (L.) Merryl), cv. Paraná. Piracicaba: ESALQ, 1987. 65p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

## **CAPÍTULO 3**

### **CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE AÇAIZEIRO (*Euterpe oleracea* MART.) EM FUNÇÃO DE CLORETO DE SÓDIO E POTÁSSIO**

#### **1 RESUMO**

**SOUSA, Humberto Umbelino de. Crescimento e nutrição mineral de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em função de cloreto de sódio e potássio. Lavras: UFLA, 2000. p.69-124. (Tese - Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)\***

Com objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de cloreto de sódio e potássio sobre o crescimento e nutrição de mudas de açaizeiro foi instalado um experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciência do solo da Universidade Federal de Lavras-UFLA. O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 2 x 3 x 4 (solos: Glei Húmico e Latossolo Vermelho Escuro; doses de NaCl: 0, 254 e 508 mg.dm<sup>-3</sup>, e doses de KCl: 200, 300, 400 e 500 mg.dm<sup>-3</sup>), com quatro repetições. A parcela experimental foi representada por um vaso plástico com capacidade para 7,5 litros de solo, contendo duas plantas. Foram avaliadas as seguintes características: altura de mudas, diâmetro do estipe, produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total, relação raiz/parte aérea e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea das mudas aos 157 dias após a aplicação dos tratamentos. Observou-se que o crescimento das mudas e acúmulo de todos nutrientes foi influenciado tanto pelas doses de NaCl e KCl como pelo tipo de solo utilizado como substrato.

---

\* Comitê de Orientação: José Darlan Ramos-UFLA (Orientador), Janice Guedes de Carvalho-UFLA e Moacir Pasqual-UFLA.

## CHAPTER 3

### **GROWTH AND MINERAL NUTRITION OF AÇAÍ SEEDLINGS (*Euterpe oleracea* MART.) IN TERMS OF SODIUM AND POTASSIUM CHLORIDE**

#### **2 ABSTRACT**

**SOUSA, Humberto Umbelino de. Growth and mineral nutrition of açai seedlings (*Euterpe oleracea* Mart.) in terms of sodium and potassium chloride. Lavras: UFLA, 2000. p.69-124. (Thesis - Doctorate in Agronomy/Crop Science)\***

With view to evaluating the effect of different doses of sodium chloride and potassium upon the growth and mineral nutrition of açai seedlings, an experiment was set up in greenhouse of the Soil Department of the Federal University of Lavras-UFLA. The experiment was established in randomized block design with the treatments arranged in 2 x 3 x 4 factorial scheme (soils: Humic Glei e Dark Red Latosol, doses of NaCl: 0, 254 and 508 mg.dm<sup>-3</sup>, and doses of KCl: 200, 300, 400 and 500 mg.dm<sup>-3</sup>), with four replicates. The experimental plot was represented by a plastic pot with a capacity of 7.5 liters containing two plants. The following characteristics were evaluated: seedling height, stipe diameter, root, shoot and total dry matter yield, root/shoot ratio and the accumulation of macro and micronutrients in the dry matter of the shoot at 157 days after the application of treatments. It was found that the growth of seedlings and accumulation of all nutrients was influenced both by the doses of NaCl and KCl and soil type utilized as the substrate.

---

\* Guidance Committee: José Darlan Ramos-UFLA (Adviser), Janice Guedes de Carvalho-UFLA e Moacir Pasqual-UFLA

### 3 INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma das frutíferas típicas do trópico úmido brasileiro de importância econômica, principalmente quando submetida a um manejo adequado. Embora seja considerada uma espécie não domesticada, é utilizada pela população da Amazônia desde a época pré-colombiana, ou seja, antes do descobrimento da América, sendo utilizada tanto para a produção de frutos para consumo local como para produção de palmito para exportação.

A produção de frutos é a atividade mais antiga e de relevância, da qual se obtém uma bebida concentrada extraída da polpa dos frutos, denominada de 'Açaí', que graças a sua qualidade nutricional, vem alcançando grande aceitação tanto no mercado regional, quanto nas demais regiões do Brasil, bem como, havendo uma crescente demanda por outros países, sendo necessário o seu cultivo em escala comercial.

Dentre as práticas de manejo, os estudos sobre a nutrição mineral merecem atenção especial, pois são escassos. A exploração atual do açazeiro ainda é de forma extrativista e predatória, pois até pouco tempo atrás o açazeiro era utilizado para extração do palmito, atividade que pode levar à sua extinção (Beira..., 1992).

Suas plantas se desenvolvem em diferentes tipos de solo, sendo encontrado tanto nas várzeas inundáveis, quanto em terra firme (Calzavara, 1987). Ainda com relação à nutrição mineral, percebe-se que a grande maioria dos trabalhos está relacionada à qualidade do palmito. Dentre os raros trabalhos relacionados à nutrição mineral de mudas de açazeiro Haag, Silva Filho e Carmello (1992) identificaram que o potássio é o nutriente que mais influencia na produção de matéria seca, sendo seguido pelo magnésio, fósforo, nitrogênio,

cálcio, enxofre e boro, embora Hamp (1991) não tenha encontrado efeito com aplicação de 1,0 kg fórmula 17-17-17 em touceira de açaizeiro.

Dentre as plantas da Família *Arecaceae*, na qual se inclui a maioria das palmeiras cultivadas ou ornamentais, são mencionados efeitos positivos da aplicação de cloreto de sódio sobre as plantas desta família, quando o cloreto de sódio pode ser empregado em conjunto com o cloreto de potássio e assim reduzindo a quantidade de cloreto de potássio que é aplicado anualmente (Magat, Cadigal e Habana, 1975; Palomar, Magat e Habana, 1980; Magat e Padrones, 1981; Magat, Margate e Habana, 1988; Bonneau et al., 1993).

Pelo presente estudo teve-se como objetivo avaliar a influência de diferentes doses de cloreto de sódio e potássio sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em solo Glei Húmico e Latossolo Vermelho Escuro.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - UFLA.

Sementes de açaizeiro, variedade Roxa, foram colocadas para germinar em caixa plástica utilizando-se vermiculita como substrato. Quando as plântulas atingiram cerca de 15cm de altura, foram repicadas para vasos plásticos com capacidade para 7,5 litros de solo.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com os tratamentos arrançados em esquema fatorial 2 x 3 x 4 (solos: Glei Húmico e Latossolo Vermelho Escuro, doses de NaCl: 0, 254 e 508 mg.dm<sup>-3</sup>, e doses de KCl: 200, 300, 400 e 500 mg.dm<sup>-3</sup>), em quatro repetições. A Parcela experimental foi constituída por um vaso plástico com capacidade para 7,5 litros de solo, contendo duas plantas. O solo Glei Húmico foi obtido na várzea da Fazenda

Experimental de Lambari, em Lambari-MG, de propriedade da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, sendo retirado na camada superficial na profundidade de 0-20 cm, enquanto o Latossolo foi obtido em área de barranco próximo ao Departamento de Zootecnia da UFLA, sendo retirado em toda sua profundidade efetiva.

Os solos foram colocados para secar e posteriormente foram peneirados em peneiras com malha de 2 mm. Em seguida, foram retiradas amostras que foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, sendo empregada a metodologia proposta pela Embrapa (1998). O resultado das análises de fertilidade e granulometria das respectivas amostras se encontra na Tabela 12.

Trinta dias após a repicagem, foi realizada adubação em cobertura, na qual o suprimento de nutrientes foi efetuado tomando-se como referência as recomendações de Malavolta (1980), com algumas alterações efetuadas por Sampaio (1998). Essa adubação consistiu na aplicação de nitrogênio, 600 mg.dm<sup>-3</sup>, em seis parcelas a intervalos de 30 dias, sendo empregada a uréia e o sulfato de amônio alternadamente. Para o fósforo, foi utilizado o superfosfato triplo, no qual se forneceu o fósforo na base de 300 mg.dm<sup>-3</sup> de solo, sendo incorporado no enchimento dos vasos. O magnésio foi suprido com 60 mg.dm<sup>-3</sup>, por intermédio da aplicação de sulfato de magnésio. A adubação com micronutrientes consistiu nas doses de 0,5, 1,5, 0,1 e 5 mg.dm<sup>-3</sup> para os nutrientes boro, cobre, molibidênio e zinco, respectivamente. Como fonte de micronutrientes foram empregados o ácido bórico, sulfato de cobre, molibdato de amônio e sulfato de zinco respectivamente, aplicados em dose única, 30 dias após a repicagem das plântulas.

**TABELA 12- Resultado da análise de fertilidade e granulometria de amostras do solo Glei Húmico e Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.**

Característica	Parcela	Solo	
		Glei Húmico	Latossolo
pH em água (1:2,5)		5,7 AcM	5,5 AcM
P (Mehlich )	mg.dm <sup>-3</sup>	7,0 B	3,0 B
K (Mehlich)	mg.dm <sup>-3</sup>	36,0 B	67,0 M
Ca	cmolc.dm <sup>-3</sup>	5,1 A	2,1 M
Mg	cmolc.dm <sup>-3</sup>	1,0 M	0,8 M
Al	cmolc.dm <sup>-3</sup>	0,8 M	0,0 B
H + Al	cmolc.dm <sup>-3</sup>	12,3 A	2,9 M
S. Bases	cmolc.dm <sup>-3</sup>	6,2 A	3,1 M
t	cmolc.dm <sup>-3</sup>	7,0 A	3,1 M
T	cmolc.dm <sup>-3</sup>	18,5 A	6,0 M
m	%	11,4 B	0,0 B
V	%	33,5 B	51,4 M
Ca/T	%	27,6	35,2
Mg/T	%	5,4	13,4
K/T	%	0,5	2,9
Ca/Mg		5,1	2,6
Ca/K		55,3	12,2
Mg/K		10,8	4,7
Matéria orgânica	dag.kg <sup>-1</sup>	10,6 A	2,6 M
areia	g.kg <sup>-1</sup>	230	170
silte	g.kg <sup>-1</sup>	440	240
argila	g.kg <sup>-1</sup>	330	590
S-sulfato	mg.dm <sup>-3</sup>	7,7 M	21,4 A
Boro (água quente)	mg.dm <sup>-3</sup>	0,2 M	0,3 M
Zinco (DTPA)	mg.dm <sup>-3</sup>	0,5 B	0,8 M
Cobre (DTPA)	mg.dm <sup>-3</sup>	1,5 A	2,5 A
Manganês (DTPA)	mg.dm <sup>-3</sup>	8,7 A	4,7 M
Ferro (DTPA)	mg.dm <sup>-3</sup>	16,2 A	5,0 M
Sódio	mg.dm <sup>-3</sup>	11,0	0,0

AcM: acidez média; B: baixo; A: alto, M: médio

Quarenta e cinco dias após a repicagem, os tratamentos foram aplicados, quando o cloreto de sódio foi aplicado em duas parcelas, sendo a primeira no dia 18/12/1999 e a segunda no dia 18/01/2000, enquanto o potássio foi dividido em três aplicações, nos dias 18/12/1999, 18/01/2000 e 18/02/2000. Essas aplicações parceladas foram efetuadas apenas para a dose de sódio de  $508 \text{ mg.dm}^{-3}$  e as doses de potássio 400 e  $500 \text{ mg.dm}^{-3}$ , respectivamente.

O experimento foi conduzido no período de 18/12/1999 a 22/05/2000. Ao completar 157 dias após a aplicação dos tratamentos, procederam-se às avaliações das características de crescimento, quando foram avaliadas as características de crescimento: altura de mudas, medida desde o colo até o ápice da última folha completamente expandida, no sentido da base para o ápice, sendo utilizada a média de altura das duas plantas/vaso, em cm; diâmetro do estipe, medido no colo da muda, sendo utilizado o valor médio do diâmetro das duas plantas/vaso, em cm.

Em seguida, procedeu-se ao corte das plantas, em que a parte aérea foi separada da raiz, e ambas as partes foram lavadas em água comum e posteriormente em água destilada e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, sob temperatura de  $65^{\circ}\text{C}$ , até atingir peso constante. A produção de matéria seca da raiz (pmsr) foi obtida pelo somatório da produção de matéria seca da raiz das duas plantas, em g/vaso; produção de matéria seca da parte aérea (pmspa), obtida pelo somatório da produção de matéria seca da parte aérea das duas plantas, em g/vaso; produção total de matéria seca (ptms), obtida pelo somatório da produção de matéria seca de raiz e da parte aérea, em g/vaso; relação raiz/parte aérea (r/p.aérea), estimada com base na relação entre a matéria seca produzida pela raiz e a matéria seca produzida pela parte aérea; acúmulo de nutrientes na parte aérea, foram avaliados o acúmulo dos nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio, obtido pelo produto entre o teor de cada nutriente na matéria seca da



parte aérea e a matéria seca produzida. O teor de nutrientes na matéria seca foi determinado pelo Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da UFLA. Foram determinados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio na parte aérea, sendo seguido à metodologia recomendada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Os dados foram analisados sem sofrer transformação por intermédio da análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, sendo empregado o software Sisvar (Ferreira, 2000). Para os fatores em que houve significância, aplicou-se a análise de regressão polinomial.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Características de crescimento**

Pela análise de variância foram constatados efeitos significativos de todos os fatores, exceto o solo, bem como para as interações, sobre todas as características avaliadas, evidenciando a interação tripla que foi significativa em todas as características avaliadas, como pode ser verificado na Tabela 13.

Após o desdobramento da interação solo x sódio x potássio detectou-se comportamento diferenciado das plantas em relação à altura de mudas em função das doses de cloreto de potássio e cloreto de sódio em ambos os tipos de solos estudados. No solo Glei Húmico e na ausência do NaCl, a aplicação de doses crescentes de KCl influenciou negativamente sobre a altura das mudas, embora nas doses 200 e 400 mg.dm<sup>-3</sup> tenha proporcionado maior altura de mudas quando comparado com as demais doses de NaCl. Na presença de NaCl, foi observado um comportamento de natureza quadrática dentro da dose correspondente a 254 mg.dm<sup>-3</sup>, com um ligeiro acréscimo na altura das mudas

quando se aumentou a dose de KCl de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> e posterior redução após aplicação dessa dose, ao passo que na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> houve uma redução na altura da muda com a dose de KCl 200 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 37).

Quanto às mudas cultivadas no Latossolo Vermelho Escuro foi constatada performance distinta das plantas quando submetidas às doses de KCl e NaCl. Na ausência do NaCl não foi observada influência da aplicação de KCl sobre a altura das mudas. No entanto, verificou-se efeito diferenciado do KCl sobre a altura das mudas em função da dose de NaCl, sendo observado um comportamento de natureza quadrática e cúbica respectivamente nas doses 254 e 508 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 38).

TABELA 13- Resumo da análise de variância para as características de crescimento altura, diâmetro do estipe (diaest), produção de matéria seca de raiz, produção de matéria seca da parte aérea (p.aérea), produção total de matéria seca e relação raiz/parte aérea (r/p. a.) de mudas de açaizeiro em função de doses de NaCl e KCl. UFLA, Lavras - Mg, 2000,

Fonte variação	g.l.	Q.M.					
		Característica					
		Altura	diaestipe	produção de matéria seca			r/p.a.
				raiz	p.aérea	total	
Bloco	3	3,178 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,936 <sup>ns</sup>	0,869 <sup>ns</sup>	2,779 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>
Solo	1	90,074 <sup>ns</sup>	0,079 <sup>ns</sup>	0,485 <sup>ns</sup>	0,0015 <sup>ns</sup>	0,540 <sup>ns</sup>	0,00068 <sup>ns</sup>
NaCl	2	323,79 <sup>**</sup>	0,096 <sup>**</sup>	2,835 <sup>*</sup>	47,389 <sup>**</sup>	73,329 <sup>**</sup>	0,031 <sup>**</sup>
KCl	3	141,93 <sup>**</sup>	0,068 <sup>**</sup>	3,038 <sup>**</sup>	18,600 <sup>**</sup>	24,163 <sup>**</sup>	0,033 <sup>**</sup>
Solo x NaCl	2	24,94 <sup>ns</sup>	0,021 <sup>ns</sup>	8,058 <sup>**</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	7,098 <sup>ns</sup>	0,021 <sup>**</sup>
Solo x KCl	3	44,93 <sup>**</sup>	0,037 <sup>**</sup>	4,051 <sup>**</sup>	3,69 <sup>ns</sup>	11,167 <sup>**</sup>	0,013 <sup>**</sup>
NaCl x KCl	6	86,37 <sup>**</sup>	0,064 <sup>**</sup>	2,524 <sup>**</sup>	3,658 <sup>*</sup>	7,568 <sup>*</sup>	0,0098 <sup>**</sup>
Solo x NaCl x KCl	6	36,89 <sup>**</sup>	0,032 <sup>**</sup>	1,848 <sup>*</sup>	16,475 <sup>**</sup>	25,287 <sup>**</sup>	0,012 <sup>**</sup>
Resíduo	69	10,228	0,0085	0,680	1,378	2,668	0,00262
C. V. (%)	-	6,81	7,02	6,93	6,80	5,60	7,37

\*\* - significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; \* - significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; ns - não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

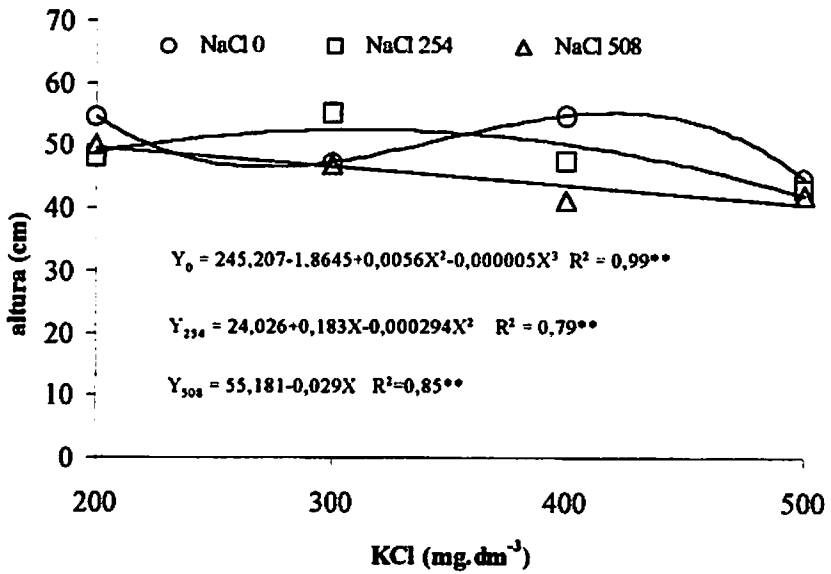


FIGURA 37- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre a altura de mudas de açazeiro cultivadas em solo Gleic Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

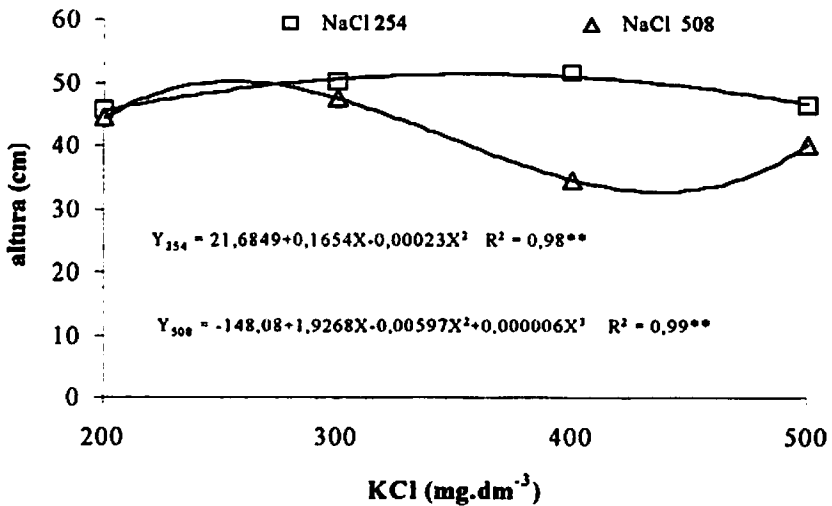


FIGURA 38- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre a altura de mudas de açazeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Percebe-se que a adição de KCl na presença de NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu maior crescimento em altura das plantas quando se aplicou KCl nas doses variando de 200 a 400 mg.dm<sup>-3</sup> após o que induziu redução na altura das plantas. Entretanto, na dose de NaCl equivalente a 508 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu incremento na altura quando se aplicou KCl na dose entre 200 e 300 mg.dm<sup>-3</sup> e posterior redução com a dose 300 mg.dm<sup>-3</sup>. Esses resultados podem ser justificados em função do aumento na concentração do cloro e sódio em decorrência das doses de NaCl e KCl, e desta forma não propiciando maior crescimento, podendo ser atribuído ao efeito osmótico, associado à toxicidade pela absorção excessiva dos íons sódio e cloro e assim ocorrendo desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção dos nutrientes essenciais (Greenway e Munns, 1980; Yahya, 1998), ou pelo efeito da salinidade induzindo reduções na taxa de divisão e alongamento celular (Pugnaire, Endolz e Pardos, 1993). Crescimentos menores em altura de mudas em decorrência da aplicação de doses crescentes de NaCl tem sido verificado em mudas de videira (Viana, 1997), bananeira (Neves, 1999), pupunheira (Fernandes, 2000) e cajueiro (Miranda, 2000).

Para o diâmetro do estipe, detectou-se crescimento diferenciado das plantas em cada solo em resposta à aplicação de KCl e NaCl. Nas plantas cultivadas no solo Glei Húmico e na ausência do NaCl o diâmetro do estipe das mudas não foi influenciado pela aplicação do KCl. Entretanto, constatou-se comportamento diferenciado das plantas em resposta à aplicação dos fertilizantes, com um comportamento de natureza cúbica dentro da dose de NaCl correspondente a 254 mg.dm<sup>-3</sup>, propiciando incremento no diâmetro do estipe das mudas quando se empregaram doses de KCl variando de 200 a 300 mg.dm<sup>-3</sup> e posterior redução com o emprego das doses superiores, enquanto que na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> houve redução linear no diâmetro com a dose de KCl 200 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 39).

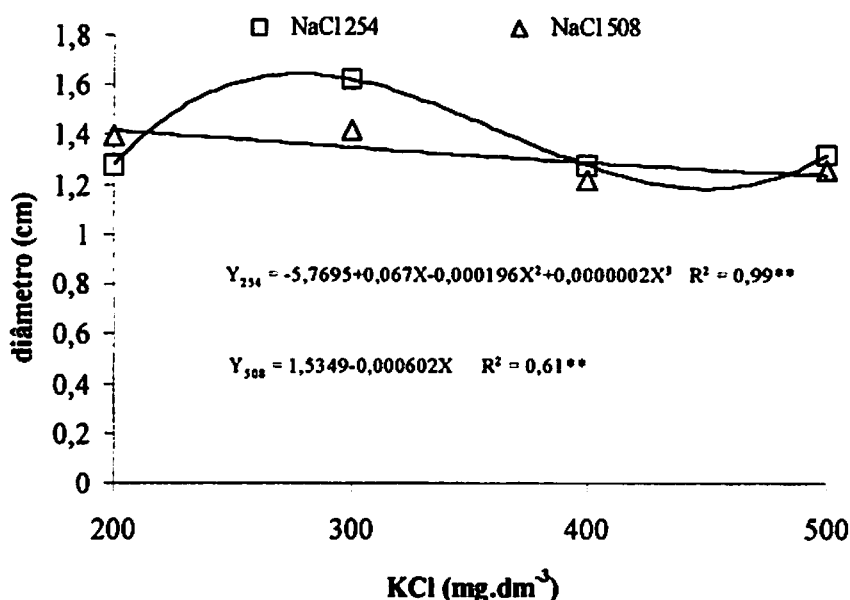


FIGURA 39- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o diâmetro do estipe de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

No Latossolo foi observado comportamento distinto do diâmetro do estipe dentro de todas as doses de NaCl. Observa-se comportamento de natureza quadrática para o diâmetro do estipe das plantas cultivadas na ausência do NaCl, em que o maior valor observado para o diâmetro do estipe ocorreu quando se adicionou a dose de KCl em torno de 400 mg.dm<sup>-3</sup> e redução no diâmetro do estipe após essa dose (Figura 40).

Nas plantas tratadas com NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup>, foi detectado incremento no diâmetro do estipe com o emprego das doses crescentes de KCl, ao passo que quando submetidas à dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu redução no diâmetro do estipe (Figura 40). Esses resultados podem ser justificados pelo estresse hídrico causado pelo aumento da concentração do cloro e sódio em função da aplicação dos fertilizantes e com isto reduzindo a taxa de expansão da

parede celular pois a extensão da parede celular depende da pressão de turgescência que é diminuída quando a planta se encontra sob estas condições (Pugnaire, Endolz e Pardos, 1993). Reduções no diâmetro do pseudocaule em função da aplicação de NaCl foi detectado em plantas de bananeira (Neves, 1999) e estipe de pupunheira (Fernandes, 2000). Contudo, Araújo Filho et al. (1995), não observou influência do NaCl sobre o diâmetro do pseudocaule de bananeira.

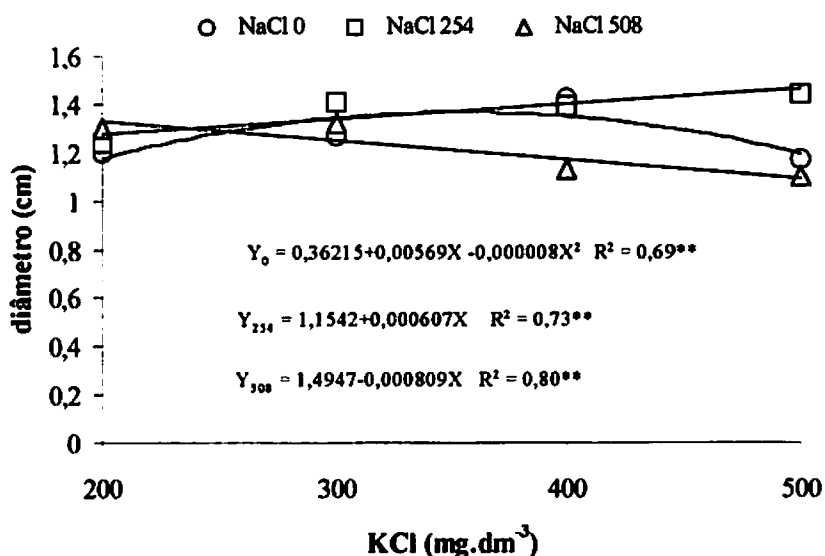


FIGURA 40- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o diâmetro do estipe de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

A produção de matéria seca de raiz também foi influenciada significativamente pela aplicação das doses de KCl e NaCl, bem como pelo tipo de solo. No solo Glei Húmico, ocorreu diferença na matéria seca produzida,

O resultado observado em relação à produção de matéria seca de raiz pode ser atribuído ao fato de o emprego dos fertilizantes ter aumentado a concentração dos íons sódio e cloro na solução do solo e com isso limitando o crescimento radicular, pois o estresse salino induz ao estresse hídrico, o qual pode limitar as taxas de alongamento, divisão e expansão celular e, como consequência, limitar o crescimento (Pugnaire, Endolz e Pardos, 1993).

Redução na matéria seca produzida pela raiz em função de doses de NaCl em mudas de pupunheira foi registrado no trabalho de Fernandes (2000), enquanto Neves (1999), não observou efeito do NaCl sobre a produção de matéria fresca em raiz de bananeira.

A produção de matéria seca da parte aérea foi influenciada de forma marcante pela aplicação de KCl e NaCl, em que a performance das plantas variou de acordo com o solo onde foram cultivadas. No solo Glei Húmico, as plantas responderam de forma diferenciada à aplicação do KCl e do NaCl. Na ausência do NaCl, observou-se que o KCl aplicado proporcionou comportamento de natureza cúbica, com redução na matéria seca pelo aumento na dose de KCl de 200 mg.dm<sup>-3</sup> para 300 mg.dm<sup>-3</sup>, havendo posterior acréscimo quando a dose foi aumentada para 400 mg.dm<sup>-3</sup> e com tendência de queda quando a dose foi aumentada de 400 para 500 mg.dm<sup>-3</sup>. Na dose de NaCl em 254 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu comportamento inverso no qual foi verificado aumento na produção de matéria seca da parte aérea quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> após o que houve redução na matéria seca produzida, ocorrendo novo acréscimo com a dose 400 mg.dm<sup>-3</sup>. Dentro da dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu redução na matéria seca produzida com o emprego das doses de KCl (Figura 43).

No Latossolo a produção de matéria seca da parte aérea comportou-se de forma diferenciada para cada dose de NaCl aplicada. Na ausência do NaCl, a produção da matéria seca da parte aérea seguiu o modelo quadrático, no qual

ocorreu aumento inicial quando a dose foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> e posterior redução a partir dessa dose. Dentro da dose de NaCl 254 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu redução na matéria seca produzida seguindo o modelo linear decrescente em resposta à adição das doses crescentes de KCl. Entretanto, quando o NaCl foi adicionado na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup>, ocorreu aumento na produção de matéria seca quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> e então houve redução na produção de matéria seca, embora tenha ocorrido acréscimo com a dose 400 mg.dm<sup>-3</sup>, porém sem atingir os valores observados quando foi empregado o KCl nas doses 200 e 300 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 44).

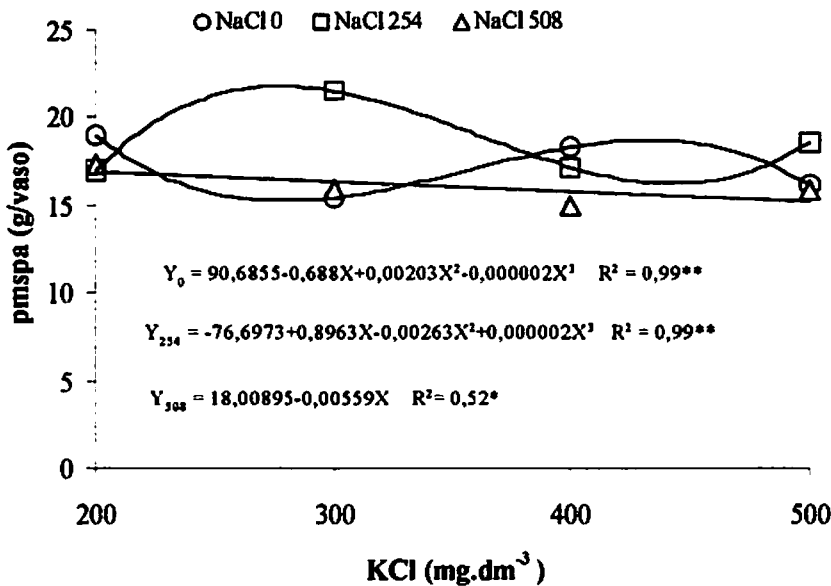


FIGURA 43- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre a produção de matéria seca da parte aérea de mudas de açazeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras – MG, 2000.

O resultado constatado para a produção de matéria seca da parte aérea é atribuído ao fato da salinidade, haja vista que a parte aérea das plantas é mais



sensível ao estresse salino do que a raiz, em função do desequilíbrio catiônico em decorrência das complexas interações no sistema de transporte (Munns, 1993), bem como pela redução na área foliar conforme verificado por Meiri, Mor e Poljakoff-Mayber (1970), Awang, Atherton e Taylor (1993), Franco, Esteban e Rodrigues (1993), Alarcón et al. (1994), Pauletto et al. (1995), Neves (1999) e Fernandes (2000), e como consequência ocorre a diminuição na fotossíntese devido à baixa taxa de fixação do dióxido de carbono (Huang et al., 1995).

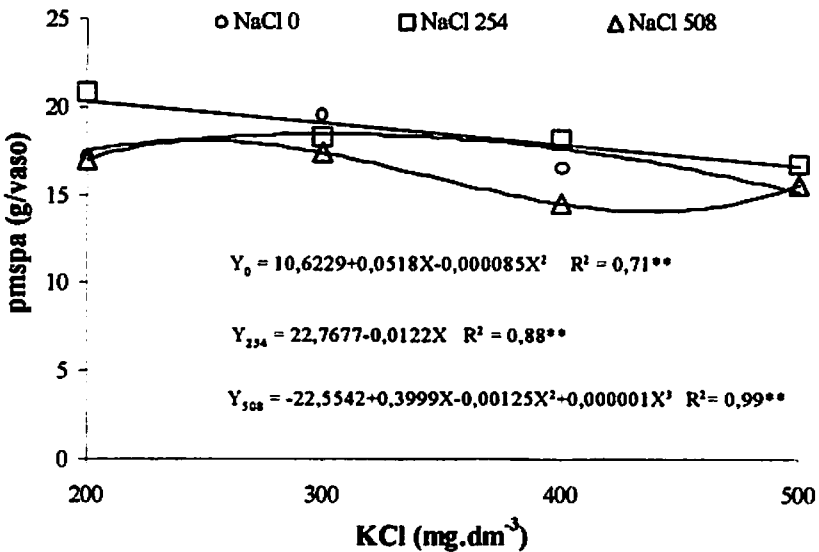


FIGURA 44- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre a produção de matéria seca da parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para a característica produção total de matéria seca também ocorreu interação entre os fatores solo x NaCl x KCl. Após o desdobramento dessa interação foi verificado comportamento diferenciado entre a produção de

matéria seca das plantas cultivadas no solo Glei Húmico e Latossolo Vermelho Escuro. No solo Glei Húmico foi constatado comportamento diferenciado da produção de matéria seca em função das doses de NaCl e KCl. Na ausência do NaCl registrou-se redução na produção de matéria seca quando se aumentou a dose de KCl de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> e foi verificado incremento na matéria seca produzida até o emprego da dose 400 mg.dm<sup>-3</sup> após o que houve uma tendência de redução na matéria seca total, enquanto na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> foi constatado comportamento inverso, no qual foi observado aumento na matéria seca total em resposta ao aumento na dose de KCl passando de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> com posterior redução após aplicação dessa dose. Porém, com a dose 400 mg.dm<sup>-3</sup> houve novo aumento na matéria seca total, porém sem superar o valor observado quando a dose 200 mg.dm<sup>-3</sup> foi empregada (Figura 45).

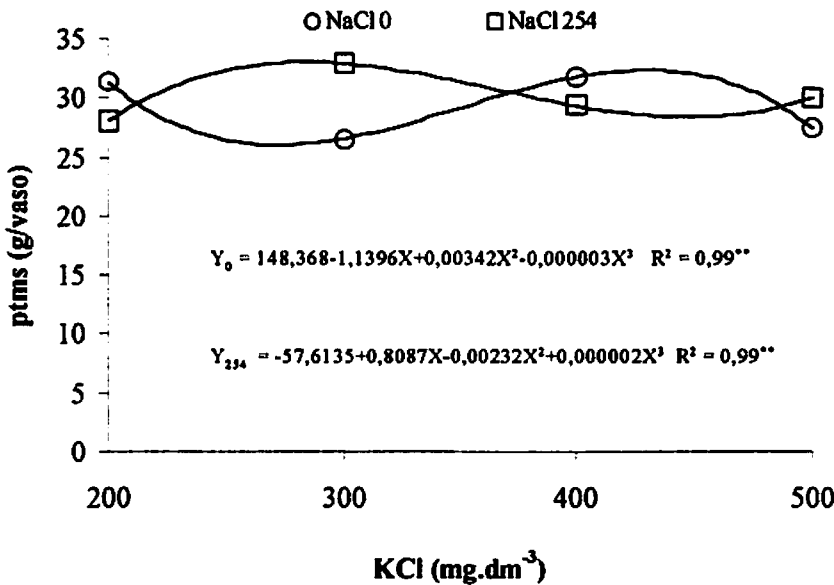


FIGURA 45- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre a produção total de matéria seca de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

No Latossolo Vermelho Escuro também foi detectado comportamento divergente para a produção total de matéria seca em resposta às doses de NaCl e KCl. Na ausência do NaCl foi constatado aumento na matéria seca produzida quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> e posterior redução após essa dose, seguindo o modelo quadrático. No entanto, na dose de NaCl correspondente a 254 mg.dm<sup>-3</sup> foi detectada redução na matéria seca produzida em decorrência do aumento nas doses de KCl a partir da dose 200 mg.dm<sup>-3</sup>. De outra forma, quando se empregou NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> foi registrado aumento na produção de matéria seca total quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup>, sendo seguida pela redução na matéria seca, embora tenha ocorrido novo acréscimo com a dose de KCl 400 mg.dm<sup>-3</sup>, mesmo não atingindo o valor observado com o emprego da dose de KCl em 200 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 46). O resultado constatado neste trabalho pode ser atribuído ao estresse hídrico induzido pelo estresse salino em decorrência da aplicação do NaCl e do KCl e como consequência resultando em baixa produção de matéria seca (Pugnaire, Endols e Pardos, 1993). Resultado semelhante foi detectado em plantas de citros, pepino, abóbora, bananeira, cajueiro e pupunheira que cresceram em meio salino (Zekri e Parsons, 1990; Ho e Adams, 1994a e 1994b; Huang et al., 1995; Neves, 1999, Miranda, 2000 e Fernandes, 2000). Entretanto, foi verificado incremento na produção de nozes, peso de copra/noz e rendimento de copra/planta em coqueiros submetidos a doses crescentes de NaCl (Magat, Margate e Habana, 1988), bem como quando submetidos a doses de NaCl, KCl e NH<sub>4</sub>Cl (Magat, Padrones e Alforja, 1993).

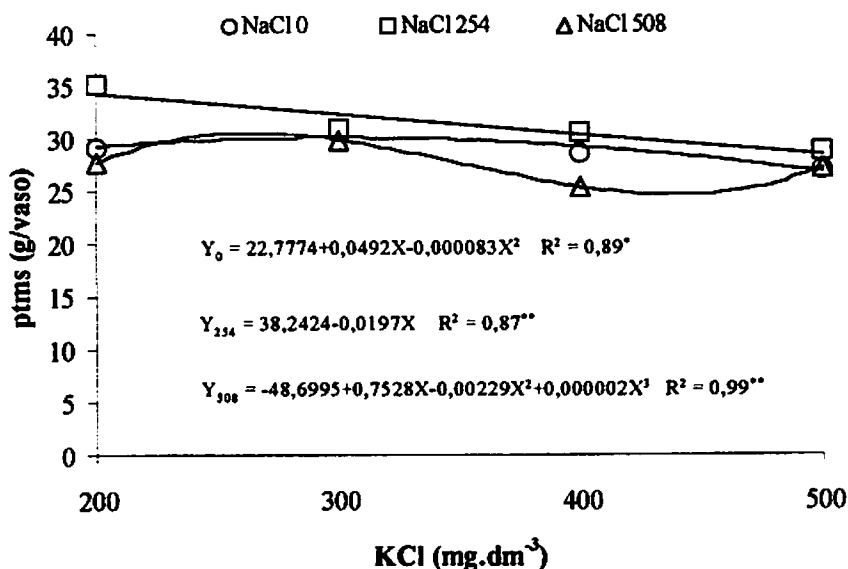


FIGURA 46- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre a produção total de matéria seca de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Para a relação raiz/parte aérea foi constatada ocorrência da interação solo x NaCl x KCl. Após desdobrar a interação, ficou constatado efeito diferenciado tanto do NaCl quanto do KCl sobre a relação raiz/parte aérea das plantas dentro de cada solo. No solo Glei Húmico, não foi observada influência das doses de KCl na ausência do NaCl, ao passo que na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> verificou-se comportamento seguindo o modelo cúbico no qual se registrou diminuição na relação raiz/parte aérea quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> e após o que ocorreu incremento nessa relação, embora tenha havido redução com a dose 400 mg.dm<sup>-3</sup>, ao passo que dentro da dose de KCl 508 mg.dm<sup>-3</sup> a relação raiz/parte aérea comportou-se de maneira inversa, ocorrendo aumento nessa relação à medida que se aumentou a dose de KCl de 200 para 400 mg.dm<sup>-3</sup>, mesmo havendo tendência de redução após essa dose

(Figura 47), em que o KCl na dose 383 mg.dm<sup>-3</sup> promoveu o ponto de máximo na relação raiz/parte aérea.

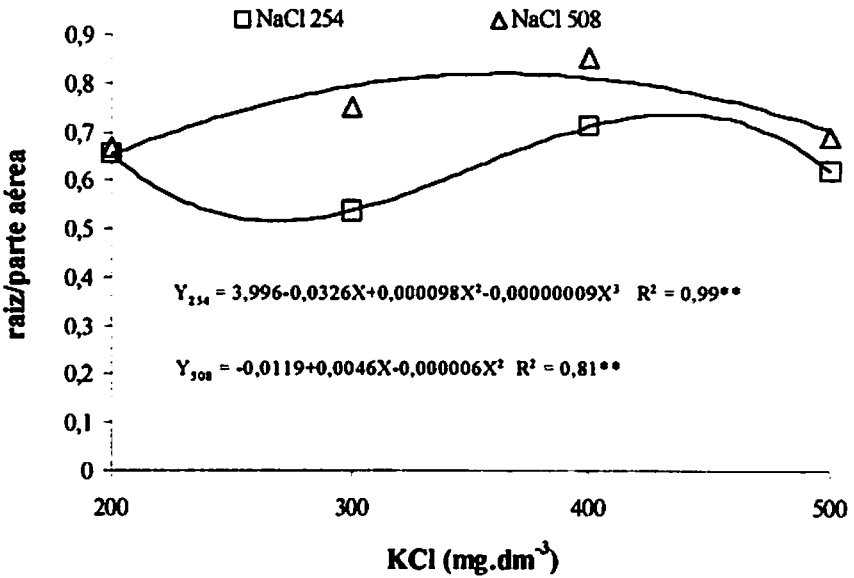


FIGURA 47- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de açajeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Dentro do Latossolo Vermelho Escuro foi constatado um comportamento inverso ao detectado no solo Glei Húmico, não sendo observado efeito das doses de KCl sobre a relação raiz/parte aérea quando se empregou NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup>. Contudo, na ausência de NaCl foi registrada redução na relação raiz/parte aérea em decorrência do emprego do KCl quando a dose foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup>, sendo seguida pelo aumento nessa característica quando foi aplicada a dose de KCl 400 mg.dm<sup>-3</sup>. Entretanto, quando se usou NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> foi verificado incremento na relação raiz/parte aérea em decorrência das doses de KCl (Figura 48). O resultado

constatado em ambos os solos é atribuído à salinidade decorrente da aplicação do NaCl e KCl, a qual exerce maior influência sobre a produção de matéria seca da parte aérea, conforme também constatado por Neves (1999).

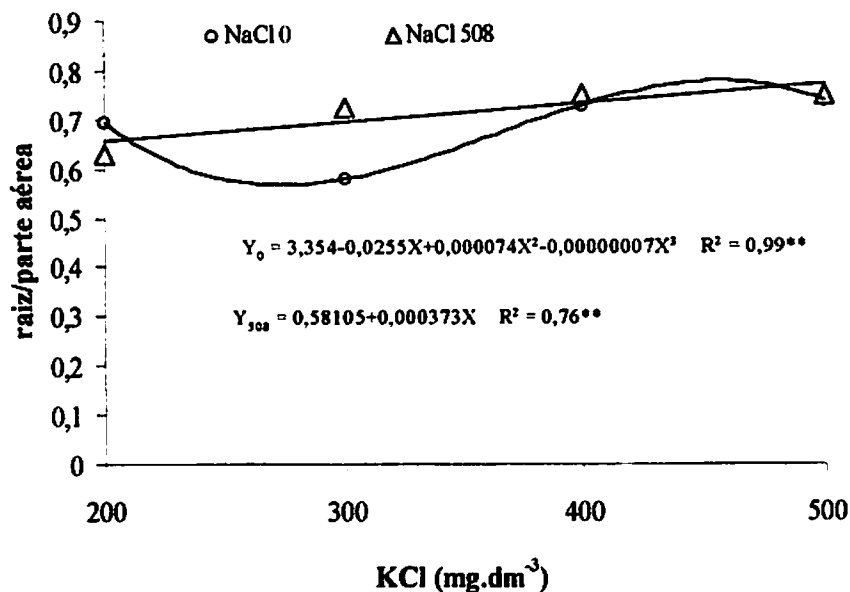


FIGURA 48- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

## 5.2- Acúmulo de nutrientes

Pela análise de variância foi constatado efeito significativo de todos os fatores estudados, bem como a interação entre eles, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 14).

TABELA 14- Resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico e Latossolo Vermelho Escuro em função de doses de NaCl e KCl. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Fonte variação	g. l.	QM											
		Nutriente											
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe	Na
bloco	3	0,001 <sup>ns</sup>	0,000006 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>	0,000003	0,00002 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	17,30 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,000005 <sup>ns</sup>
solo	1	0,109 <sup>**</sup>	0,000057 <sup>**</sup>	0,014 <sup>**</sup>	0,076 <sup>**</sup>	0,00001 <sup>**</sup>	0,0007 <sup>**</sup>	0,145 <sup>**</sup>	0,01 <sup>**</sup>	4633,18 <sup>**</sup>	1,34 <sup>**</sup>	5,05 <sup>**</sup>	0,000006 <sup>ns</sup>
NaCl	2	0,043 <sup>**</sup>	0,000013 <sup>*</sup>	0,021 <sup>**</sup>	0,003 <sup>**</sup>	0,0003 <sup>**</sup>	0,00007 <sup>*</sup>	0,0104 <sup>**</sup>	0,0012 <sup>**</sup>	789,72 <sup>**</sup>	0,14 <sup>**</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,0106 <sup>**</sup>
KCl	3	0,010 <sup>**</sup>	0,000016 <sup>**</sup>	0,003 <sup>**</sup>	0,002 <sup>**</sup>	0,0001 <sup>**</sup>	0,0002 <sup>**</sup>	0,027 <sup>**</sup>	0,0011 <sup>**</sup>	479,25 <sup>**</sup>	0,05 <sup>**</sup>	0,56 <sup>**</sup>	0,0002 <sup>**</sup>
solo x NaCl	2	0,003 <sup>ns</sup>	0,000005 <sup>ns</sup>	0,024 <sup>**</sup>	0,007 <sup>**</sup>	0,0003 <sup>**</sup>	0,000008 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,00005 <sup>ns</sup>	149,69 <sup>**</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>**</sup>	0,0002 <sup>**</sup>
solo x KCl	3	0,005 <sup>**</sup>	0,000031 <sup>**</sup>	0,002 <sup>**</sup>	0,0007 <sup>*</sup>	0,0001 <sup>**</sup>	0,00003 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>**</sup>	116,75 <sup>**</sup>	0,03 <sup>**</sup>	0,80 <sup>**</sup>	0,0002 <sup>**</sup>
NaCl x KCl	6	0,006 <sup>**</sup>	0,000011 <sup>**</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>**</sup>	0,00007 <sup>**</sup>	0,0019 <sup>**</sup>	0,0003 <sup>**</sup>	141,97 <sup>**</sup>	0,04 <sup>**</sup>	0,50 <sup>**</sup>	0,0002 <sup>**</sup>
solo x NaCl x KCl	6	0,015 <sup>**</sup>	0,000034 <sup>**</sup>	0,002 <sup>**</sup>	0,001 <sup>**</sup>	0,00005 <sup>**</sup>	0,0002 <sup>**</sup>	0,018 <sup>**</sup>	0,0009 <sup>**</sup>	224,47 <sup>**</sup>	0,08 <sup>**</sup>	0,96 <sup>**</sup>	0,0003 <sup>**</sup>
resíduo	69	0,0012	0,000003	0,0003	0,0002	0,00001	0,00002	0,002	0,00006	26,65	0,006	0,06	0,00003
c. v. (%)		7,65	11,23	9,14	10,80	8,45	10,19	10,01	21,64	11,27	16,23	10,76	24,78

\*\* - significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; \* - significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; ns - não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando o desdobramento da interação solo x NaCl x KCl foi constatado comportamento diferenciado do acúmulo de nitrogênio pelas plantas cultivadas tanto no solo Glei Húmico quanto no Latossolo em função das doses de NaCl e KCl.

Dentro do solo Glei Húmico foi detectada resposta diferenciada das plantas em relação ao acúmulo de nitrogênio no qual as doses de KCl influenciaram de forma diferenciada quando foi utilizado tanto na ausência quanto na presença do NaCl. Na ausência do NaCl foi observado que as doses de KCl proporcionaram acúmulo de nitrogênio seguindo o modelo cúbico de distribuição, podendo ser visualizado que o aumento na dose de KCl proporcionou uma seqüência de redução e incremento no acúmulo desse nutriente na parte aérea das plantas, enquanto na presença do NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu comportamento inverso, sendo observado acúmulo do nitrogênio quando se aumentou a dose de KCl de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> e após o que ocorreu redução no acúmulo do nutriente, havendo nova retomada no acúmulo de nitrogênio a dose 400 mg.dm<sup>-3</sup>. No entanto, quando se aplicou NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> verificou-se que o acúmulo de nitrogênio seguiu um modelo quadrático, em que o aumento na dose de KCl de 200 até 500 mg.dm<sup>-3</sup> acarretou redução no acúmulo do nutriente quando foi aplicado KCl nas doses variando de 200 a 400 mg.dm<sup>-3</sup>, e após essa dose ocorreu o aumento no acúmulo de nitrogênio, conforme pode ser visualizado na Figura 49.

No Latossolo Vermelho Escuro foi observado resposta divergente em relação ao acúmulo de nitrogênio na parte aérea das mudas de açaizeiro, nas quais a aplicação de KCl não influenciou o acúmulo do nitrogênio quando o NaCl foi aplicado na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup>. No entanto, na ausência de NaCl o emprego do KCl proporcionou acúmulo do nutriente quando se aumentou a dose de KCl de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup>, havendo redução no acúmulo do nitrogênio. Entretanto, quando se usou o NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> foram verificadas



NaCl na dose  $254 \text{ mg.dm}^{-3}$ , enquanto tanto na ausência do NaCl quanto na presença da dose  $508 \text{ mg.dm}^{-3}$  o aumento na dose de KCl de 200 para  $300 \text{ mg.dm}^{-3}$  proporcionou aumento no acúmulo do potássio e com a aplicação da dose  $300 \text{ mg.dm}^{-3}$  ocorreu redução no acúmulo, seguindo o modelo cúbico, no qual valores acumulados foram menores quando se utilizou NaCl na dose  $508 \text{ mg.dm}^{-3}$  com todas as doses de KCl (Figura 54). Esse resultado constatado para o acúmulo de potássio é explicado pelo fato de a maioria dos efeitos da salinidade estar relacionada à nutrição catiônica, na qual o desbalanço nutricional se correlaciona com a presença de diversos sais no meio de cultivo e em decorrência ocorre redução no teor de potássio em plantas submetidas ao estresse salino, conforme constatado nos estudos pioneiros realizados por Bernstein e Ayres (1953) e Geraldson (1957), os quais trabalharam com plantas de cenoura e tomate respectivamente, bem como pelo antagonismo existente entre os cátions sódio e potássio (Joshi, 1984; Ullah, Soja e Gerzabek, 1993; Satti, Lopez e Alrawahy, 1995, Grattan e Grieve, 1999). Resultados semelhantes foram constatados por Girdhar (1988), Prior et al. (1992), Neves (1999), Fernandes (2000) e Miranda (2000), enquanto Margate et al. (1979), Magat, Margate e Habana (1988), Magat, Padrones e Alforja (1993) não detectaram efeito algum da aplicação do NaCl, KCl e  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sobre o teor de potássio em folhas de coqueiro. Entretanto, Singh et al. (2000) registrou aumento no teor de potássio em folhas de videira com o emprego de NaCl até a dose 100 mM.

O acúmulo de cálcio também sofreu influência dos fatores solo, NaCl e KCl. Com base no desdobramento dessa interação foi verificado comportamento diferenciado em ambos os solos com o emprego do NaCl e KCl. Para o solo Glei Húmico foi observado efeito significativo do KCl, apenas no tratamento sem adição de NaCl em que o acúmulo de cálcio foi reduzido pela adição das doses de KCl, mesmo ajustando-se ao modelo cúbico (Figura 55).

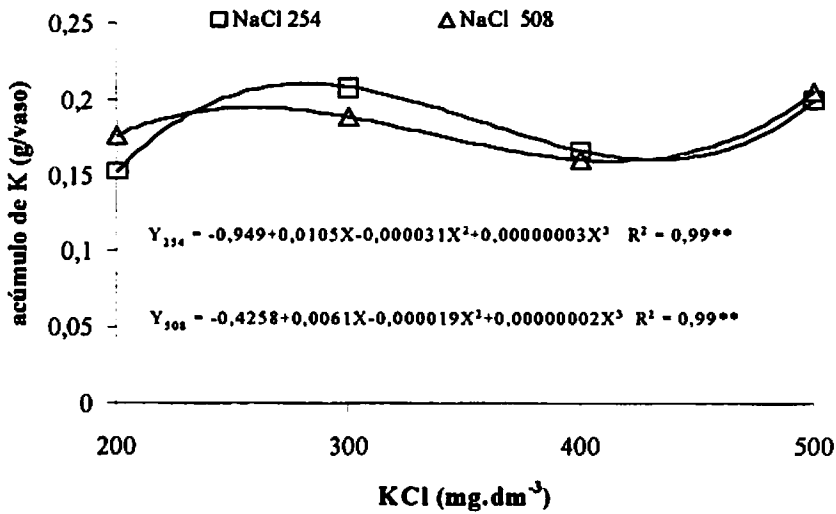


FIGURA 53- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de potássio na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

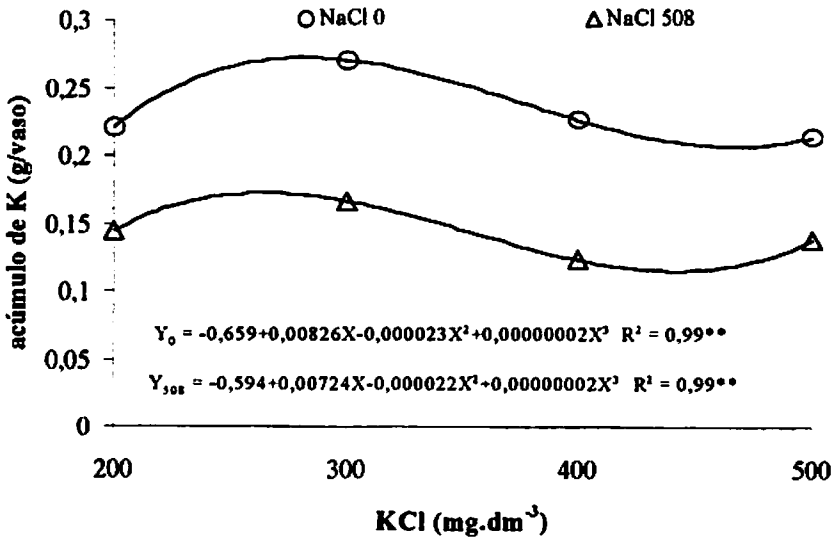


FIGURA 54- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de potássio na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

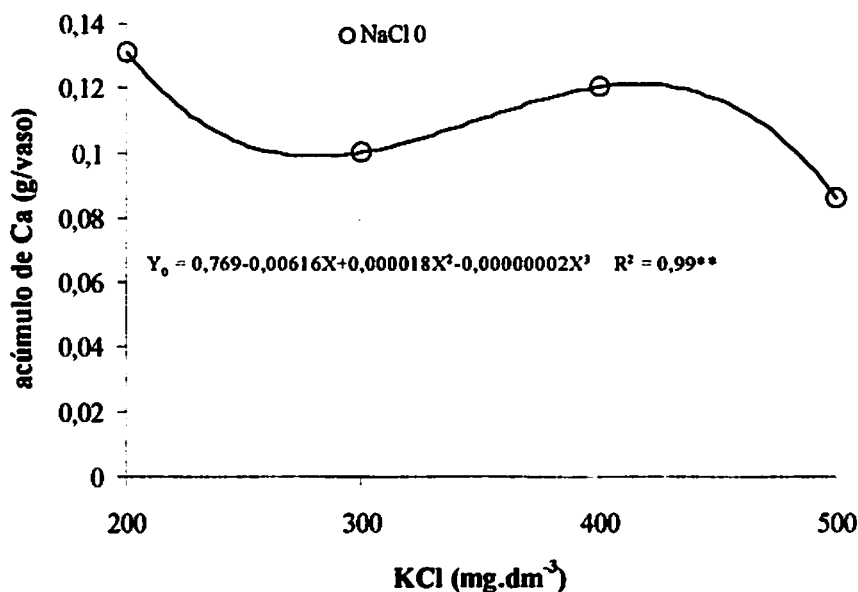


FIGURA 55- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de cálcio na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

No Latossolo Vermelho Escuro observou-se que o acúmulo de cálcio não foi influenciado pelas doses de KCl quando foi usado NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup>. No entanto, acarretou redução no acúmulo de cálcio tanto na ausência do NaCl quanto na presença da dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 56).

O comportamento das plantas quanto ao acúmulo de cálcio pode ser justificado pela inibição da absorção do cálcio exercida pelos íons potássio (K<sup>+</sup>) e cloreto (Cl<sup>-</sup>) respectivamente, por causa de interações existentes entre estes íons em decorrência da aplicação do KCl tanto na presença quanto na ausência do NaCl (Geraldson, 1957). Resultados semelhantes foram obtidos por Neves (1999), Fernandes (2000) e Miranda (2000), enquanto Margate et al. (1979), Magat, Margate e Habana (1988) não detectaram efeito da aplicação do NaCl; KCl e NH<sub>4</sub>Cl sobre o teor de cálcio em folhas de coqueiro. Entretanto, Magat,

Padrones e Alforja (1993) e Singh et al. (2000) registraram aumento no teor de cálcio em folhas de coqueiro e videira com o emprego de KCl, NH<sub>4</sub>Cl e NaCl respectivamente.

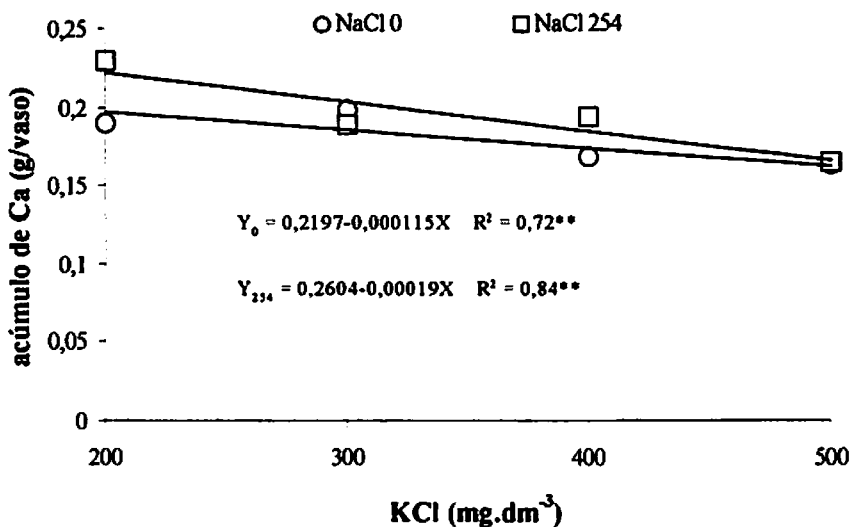


FIGURA 56- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de cálcio na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O acúmulo de magnésio também sofreu influência dos fatores solo, NaCl e KCl. Após o desdobramento da interação observou-se que o acúmulo do nutriente ocorreu de forma diferenciada dependendo das doses de NaCl e KCl em ambos os solos utilizados. Quando se empregou o solo Glei Húmico foi observada influência do KCl apenas quando se usou NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup>, em que o acúmulo de magnésio seguiu o modelo cúbico, havendo aumento no acúmulo de magnésio quando se empregou KCl nas doses 300 e 500 mg.dm<sup>-3</sup>, conforme pode ser visualizado na Figura 57. Para o Latossolo foi constatada influência do KCl quando aplicado tanto na ausência do NaCl, quanto na

presença do NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup>, sendo observada redução no acúmulo de magnésio em decorrência das doses de KCl em ambos os tratamentos (Figura 58). A redução detectada no acúmulo de magnésio pode estar associada à competição iônica tanto por parte do potássio quanto do cloreto sobre o magnésio, de forma a inibir sua absorção devido à inibição competitiva do potássio sobre o magnésio e inibição não competitiva do cloreto com o magnésio (Hu e Schmidhalter, 1997). Redução no teor de magnésio em folhas de cajueiro e de pupunheira em decorrência da aplicação de NaCl foi verificado por Fernandes (2000) e Miranda (2000); já que Margate et al. (1979), Magat, Margate e Habana (1988), Magat, Padrones e Alforja (1993) não detectaram efeito algum da aplicação do NaCl, KCl e NH<sub>4</sub>Cl sobre o teor de magnésio em folhas de coqueiro. Entretanto, Girdhar (1988), Neves (1999) e Singh et al.(2000) detectaram aumento no teor de magnésio em folhas de plantas de arroz, bananeira e videira.

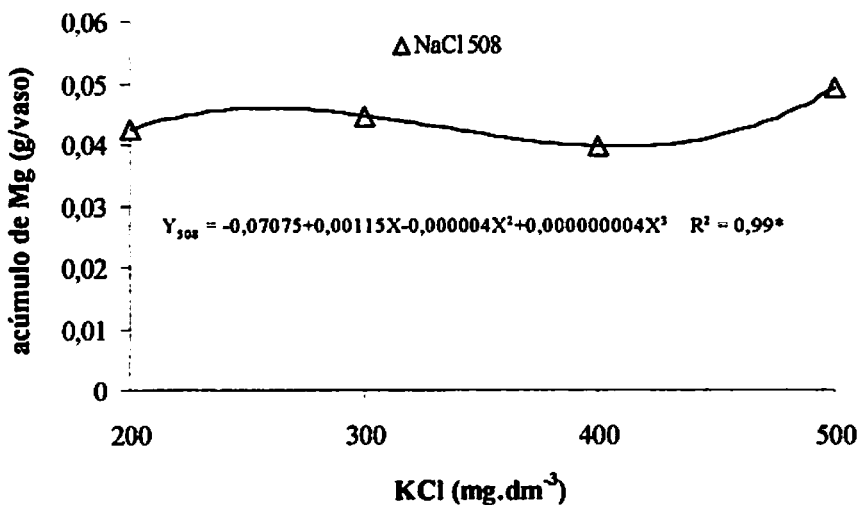


FIGURA 57- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de magnésio na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

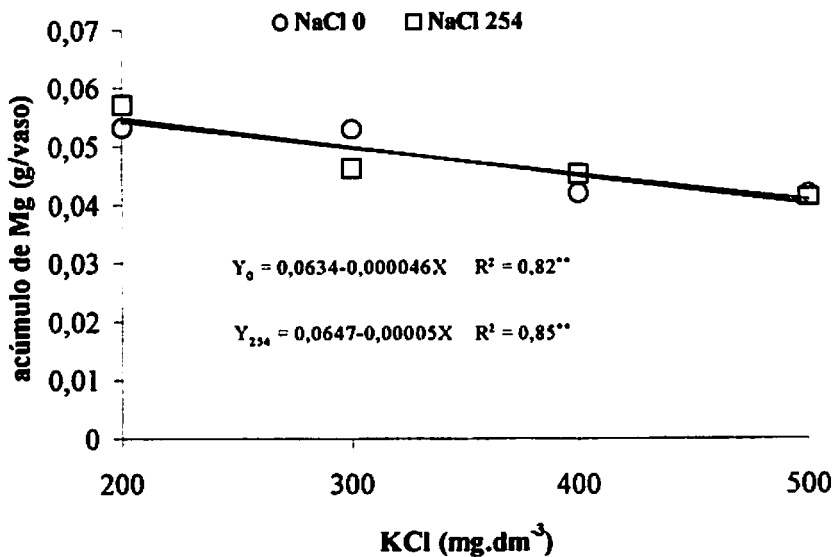


FIGURA 58- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de magnésio na parte aérea de mudas de açazeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O enxofre também teve seu acúmulo influenciado pelos fatores estudados, sendo observada significância para a interação solo x NaCl x KCl. Pelo desdobramento da interação ficou constatada performance diferenciada das plantas em decorrência do uso do NaCl e KCl em ambos os solos. Quando foi usado o solo Glei Húmico, detectou-se que o acúmulo de enxofre foi influenciado pelo KCl apenas na presença do NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup>, em que as doses de KCl proporcionaram reduções no acúmulo de enxofre quando a dose de KCl foi aumentada de 200 até 400 mg.dm<sup>-3</sup>, após o que se constatou aumento no acúmulo de enxofre com o emprego da dose 500 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 59).

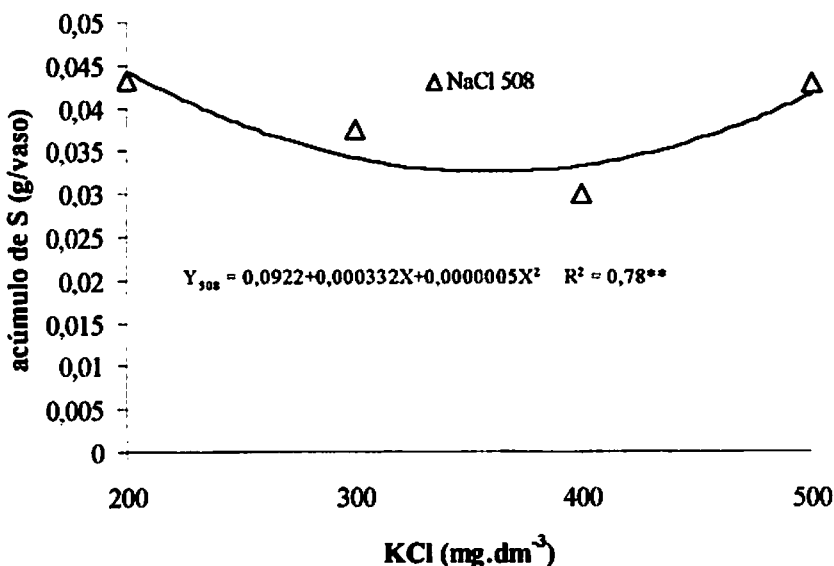


FIGURA 59- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de enxofre na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

No entanto, no Latossolo Vermelho Escuro foi constatada influência das doses de KCl sobre o acúmulo de enxofre em todas as doses de NaCl. Analisando a Figura 60, percebe-se que na ausência do NaCl a aplicação do KCl proporcionou acúmulo de enxofre seguindo o comportamento cúbico, sendo verificados aumentos no acúmulo de enxofre quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup>, enquanto na dose 400 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu redução no acúmulo do enxofre e quando se empregou a dose 500 mg.dm<sup>-3</sup> houve novo aumento no enxofre acumulado. No entanto, na presença do NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup>, o acúmulo de enxofre seguiu o modelo quadrático, sendo observada redução no enxofre acumulado quando o KCl foi aumentado de 200 até 400 mg.dm<sup>-3</sup>. Entretanto, quando se aplicou o NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> constataram-se aumentos lineares em função do emprego do KCl em doses

crecentes. A redução ocorrida no acúmulo de enxofre em decorrência da aplicação de NaCl e KCl em ambos os tipos de solos, com exceção do Latossolo Vermelho Escuro na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> é atribuída à inibição da absorção do enxofre em razão da competição iônica ocorrida entre o cloreto e o sulfato graças ao aumento na concentração do cloro na solução do solo pela aplicação dos fertilizantes, conforme também constatado por Curtin, Steppuhn e Selles (1993). Resultados semelhantes ao verificado no presente estudo foram obtidos por Fernandes (2000) e Miranda (2000), enquanto Margate et al. (1979), Magat, Margate e Habana (1988), Magat, Padrones e Alforja (1993) e Neves (1999) não detectaram efeito da aplicação do NaCl, KCl e NH<sub>4</sub>Cl sobre o teor de enxofre em folhas de coqueiro e bananeira respectivamente.

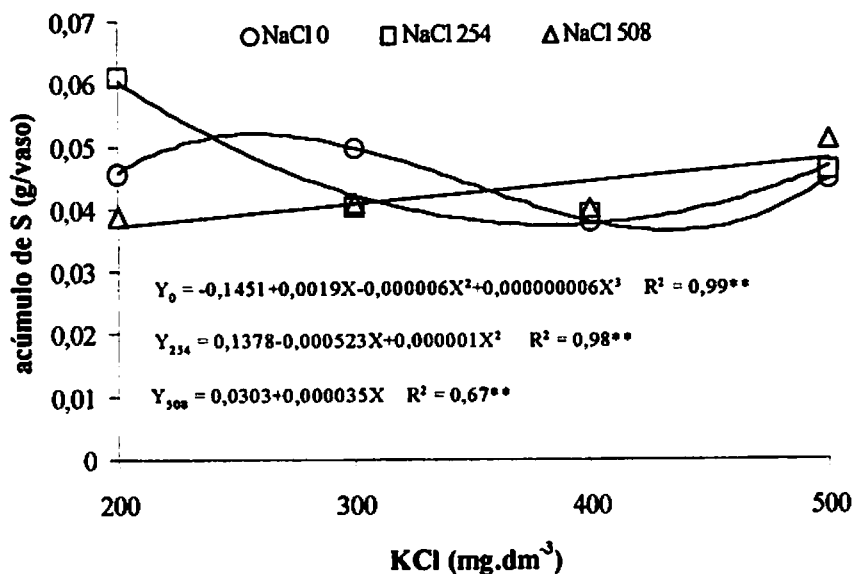


FIGURA 60- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de enxofre na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.



Para o acúmulo dos micronutrientes também foi observada interação entre os fatores solo, NaCl e KCl. No solo Glei Húmico, o boro teve seu acúmulo reduzido quando foram aplicadas as doses de KCl na ausência do NaCl, embora tenha sido detectado o modelo quadrático.

Na presença do NaCl na dose  $254 \text{ mg.dm}^{-3}$  foi constatado aumento no acúmulo de boro quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para  $300 \text{ mg.dm}^{-3}$  e ocorreu redução no acúmulo do boro. No entanto, na presença do NaCl na dose  $508 \text{ mg.dm}^{-3}$ , detectou-se que as doses crescentes de KCl acarretaram redução no boro acumulado (Figura 61).

No Latossolo Vermelho Escuro foi constatado que as doses de KCl não influenciaram o acúmulo de boro na parte aérea das mudas quando foi usado o NaCl na dose  $508 \text{ mg.dm}^{-3}$ . No entanto, na ausência do NaCl o acúmulo de boro seguiu o modelo polinomial cúbico, tendo ocorrido aumento no acúmulo de boro quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para  $300 \text{ mg.dm}^{-3}$  e houve redução no boro acumulado. Por outro lado, na presença do NaCl na dose  $254 \text{ mg.dm}^{-3}$  o emprego do KCl acarretou diminuição no boro acumulado (Figura 62). A redução no acúmulo de boro é atribuída ao aumento da salinidade por causa dos íons sódio e cloreto, os quais podem ter influência de forma indireta sobre a disponibilidade do boro, em decorrência da aplicação dos fertilizantes, conforme também verificado por Miranda (2000). No entanto, Margate et al. (1979), Magat, Margate e Habana (1988), Magat, Padrones e Alforja (1993), que não obtiveram resposta da aplicação de doses de NaCl, KCl e  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sobre o teor de boro na matéria seca de folhas de coqueiro.

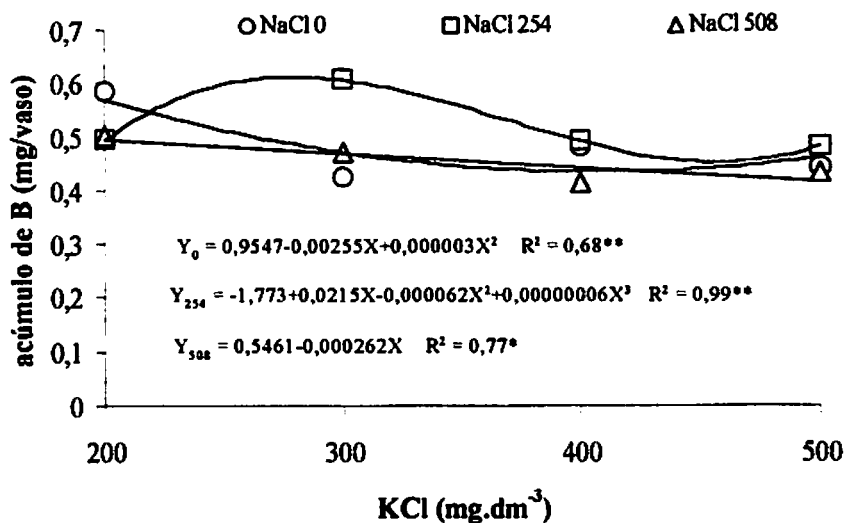


FIGURA 61- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de boro na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

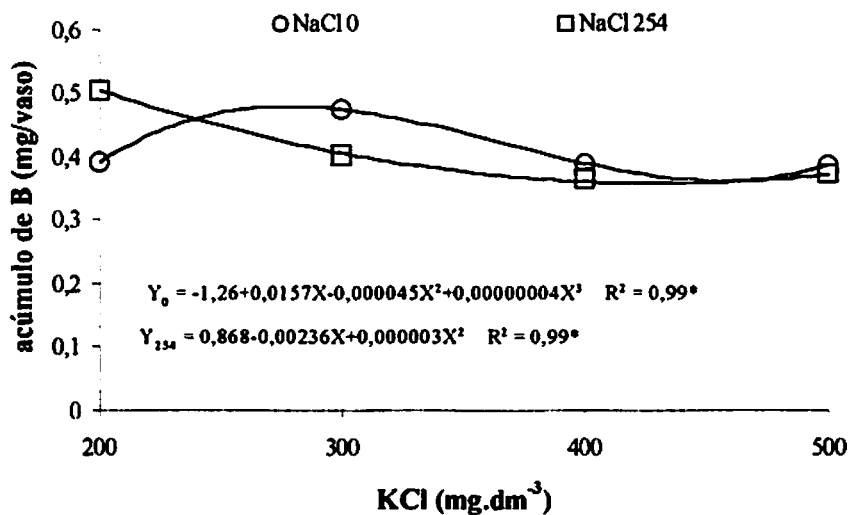


FIGURA 62- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de boro na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O cobre teve seu acúmulo influenciado pelos fatores solo, NaCl e KCl. No solo Glei Húmico, o KCl não exerceu influência sobre o acúmulo de cobre quando aplicado na ausência do NaCl. Entretanto, na presença do NaCl foi observado acúmulo diferenciado em decorrência das doses de KCl. Na presença da dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu aumento no acúmulo do cobre graças ao aumento do KCl de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup>, ocorrendo redução. Na presença da dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> a adição de KCl reduziu o acúmulo de cobre, embora seguindo o modelo quadrático (Figura 63).

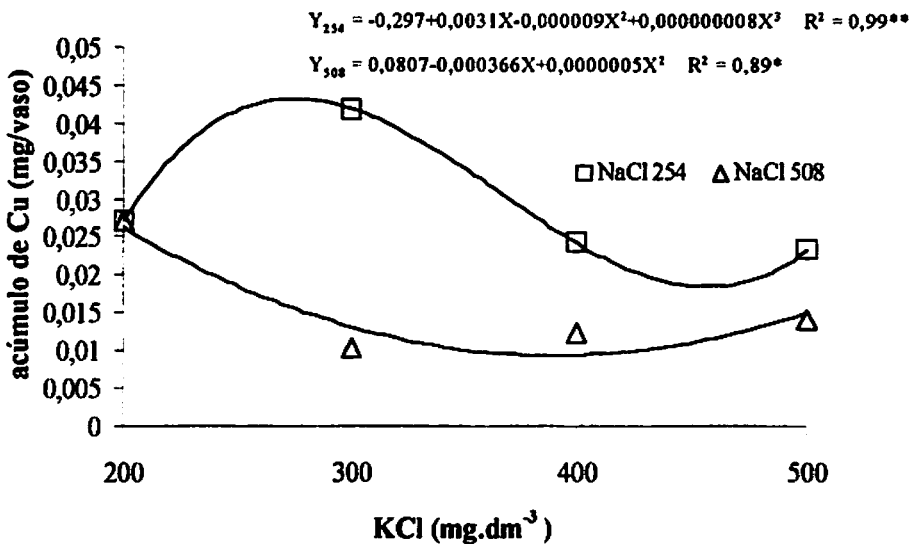


FIGURA 63- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de cobre na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000..

Quando as plantas foram cultivadas no Latossolo, o cobre teve seu acúmulo influenciado tanto pelas doses de NaCl quanto de KCL. Na ausência do NaCl o acúmulo de cobre foi aumentado com o aumento do KCl de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup>, após o que ocorreu sua diminuição. Comportamento semelhante

foi observado quando o NaCl foi usado na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> em decorrência das doses de KCl. Entretanto, na presença do NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu redução no acúmulo de cobre com a aplicação das doses crescentes de KCl. Quando o KCl foi aumentado de 300 para 400 mg.dm<sup>-3</sup> resultou em aumento no acúmulo do cobre, porém, sem atingir o valor obtido com a dose 200 mg.dm<sup>-3</sup>, tornando a diminuir com a dose 400 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 64). O resultado obtido para o acúmulo de cobre é justificado pelo aumento da salinidade em decorrência da aplicação do NaCl e KCl, a qual pode exercer efeito depressivo sobre a absorção de cobre, em função de competição tanto do sódio quanto do potássio com o cobre (Hocking, 1993). Reduções no acúmulo de cobre devido ao NaCl foram observadas em mudas de cajueiro e moringueira (Miranda, 2000), enquanto Neves (1999) constatou incremento no teor de cobre em mudas de bananeira submetidas a doses crescentes de NaCl.

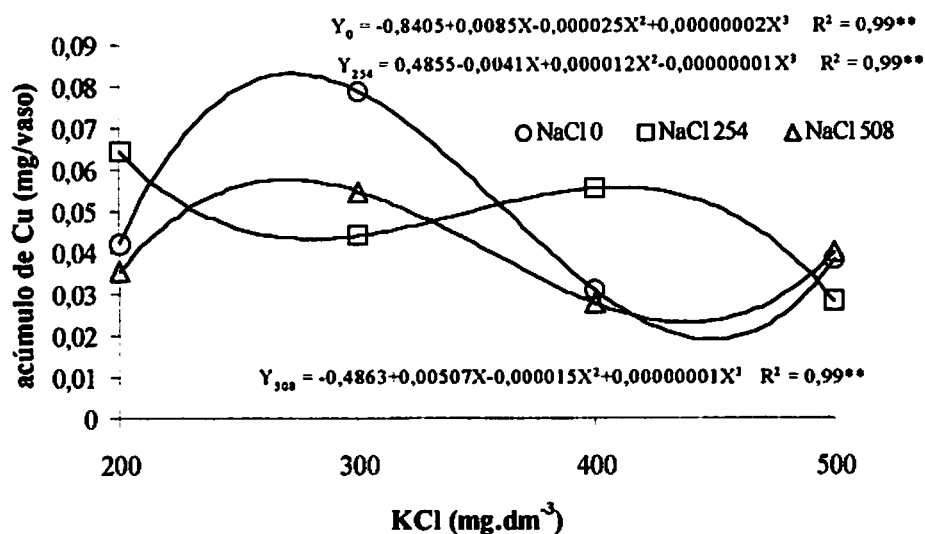


FIGURA 64- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de cobre na parte aérea de mudas de açajeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O manganês teve seu acúmulo influenciado pelos fatores solo, NaCl e KCl. No solo Glei Húmico, detectou-se que o acúmulo de manganês foi influenciado pelas doses de KCl apenas quando usado na presença do NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup>, tendo ocorrido redução no acúmulo por causa do emprego do KCl (Figura 65).

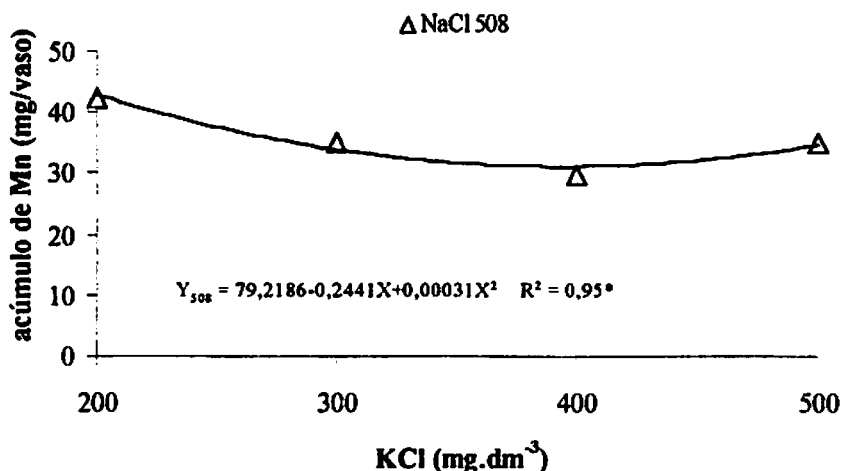


FIGURA 65- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de manganês na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Quando foi usado o Latossolo verificou-se comportamento diferenciado do acúmulo de manganês em decorrência das doses de NaCl e KCl (Figura 66). Na ausência do NaCl ocorreu redução no acúmulo de manganês em decorrência da adição das doses de KCl. Entretanto, na presença do NaCl a adição das doses de KCl proporcionou comportamento inverso sobre o acúmulo de manganês quando se usou o NaCl nas doses 254 e 508 mg.dm<sup>-3</sup>, embora tenham-se

ajustado ao modelo cúbico. Observa-se na Figura 66 que na presença do NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu acúmulo do manganês na parte aérea das mudas quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup>, ao mesmo tempo que ocorreu redução no acúmulo do manganês. De outra forma, quando o NaCl foi empregado na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> detectou-se redução do acúmulo de manganês quando o KCl foi aumentado de 200 até 500 mg.dm<sup>-3</sup>. Resultados divergentes foram constatados em mudas de cajueiro, nas quais o emprego de NaCl não influenciou o acúmulo de manganês na matéria seca foliar (Miranda, 2000); por outro lado, em plantas de tomate e em mudas de bananeira foi registrado incremento no teor foliar de manganês em virtude do emprego de NaCl (Norrie et al., 1995 e Neves, 1999).

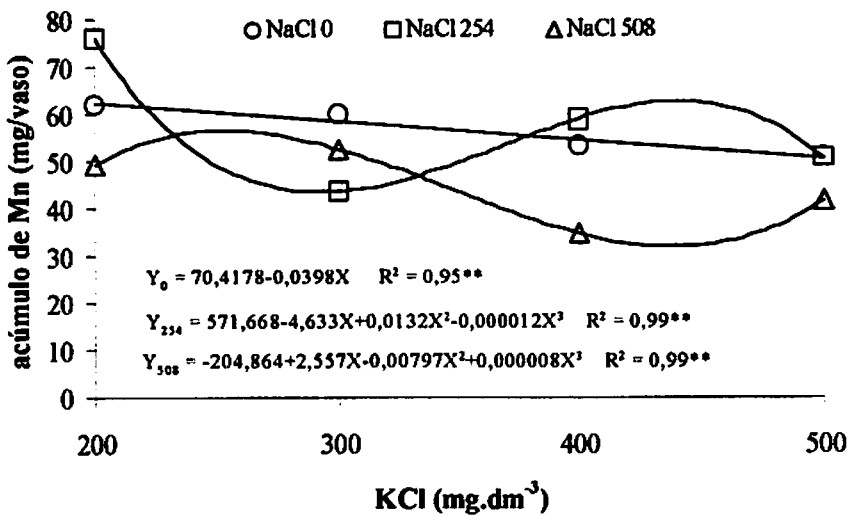


FIGURA 66- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de manganês na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

O acúmulo de zinco na parte aérea das mudas de açaizeiro também sofreu influência dos fatores solo, NaCl e KCl. No solo Glei Húmico foi observado que na ausência de NaCl o emprego das doses crescentes de KCl acarretou redução no acúmulo de zinco na parte aérea das plantas quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup>, se bem que, quando a dose foi aumentada de 300 para 400 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu aumento no acúmulo do zinco e após o que ocorreu diminuição. No entanto, na presença do NaCl também foi registrado comportamento diferenciado do acúmulo de zinco em decorrência das doses de KCl, sendo observado incremento no acúmulo de zinco quando a dose de KCl foi aumentada de 200 até 400 mg.dm<sup>-3</sup> e após o que houve redução. Entretanto, quando foi usado o NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> a adição do KCl não exerceu efeito sobre o acúmulo do zinco (Figura 67).

No Latossolo, observou-se que o acúmulo de zinco na parte aérea sofreu influência tanto do NaCl quanto das doses de KCl. Na ausência do NaCl a adição de KCl propiciou aumento no acúmulo de zinco quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup>, porém com a aplicação dessa dose ocorreu diminuição. Na presença do NaCl também se detectou diferença no acúmulo de zinco em decorrência da aplicação das doses de KCl. Quando foi usado o NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> a adição de KCl resultou em diminuição do acúmulo de zinco em resposta ao aumento da dose de KCl de 200 até 500 mg.dm<sup>-3</sup>, embora seguindo um modelo cúbico. No entanto, na presença do NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup> verificou-se que quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> resultou no aumento do zinco acumulado, e a partir dessa dose ocorreu diminuição, embora seguindo o modelo cúbico (Figura 68). Comportamento semelhante ao observado neste trabalho com relação ao acúmulo de zinco foi observado por Miranda (2000), ao passo que Neves (1999) não constatou efeito do emprego de NaCl sobre o acúmulo de zinco em mudas de bananeira.

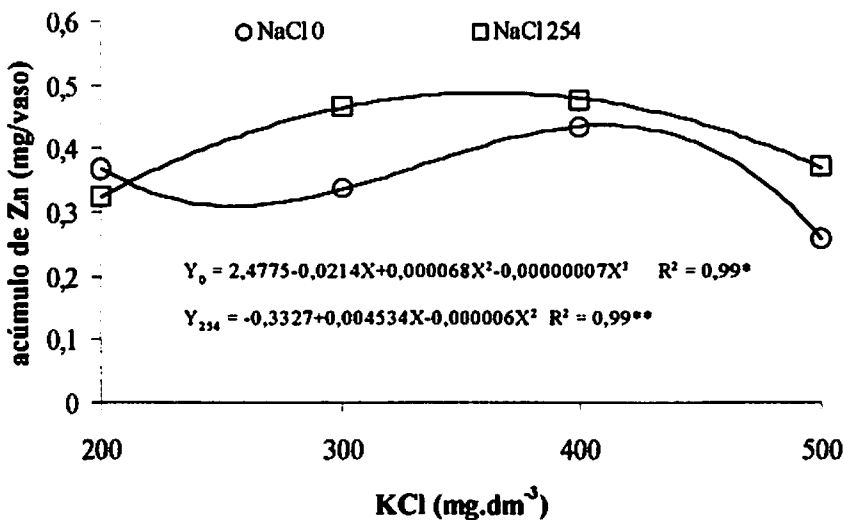


FIGURA 67- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de zinco na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

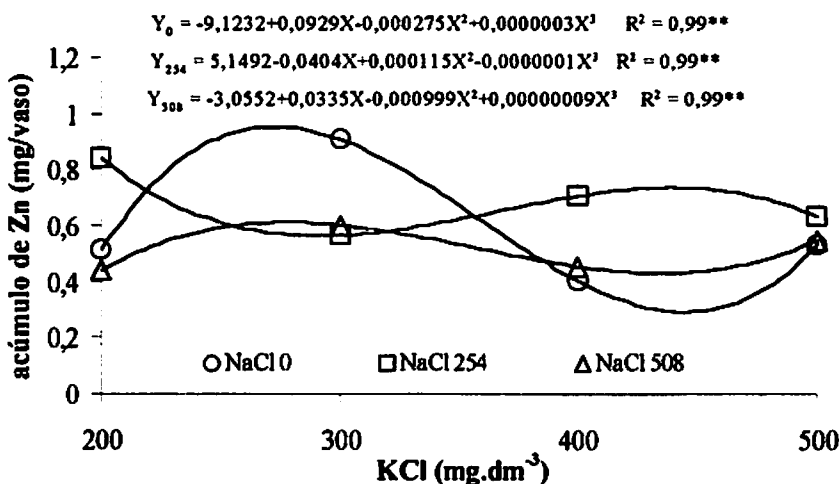


FIGURA 68- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de zinco na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.



O acúmulo de ferro foi influenciado pelos fatores solo, NaCl e KCl. No solo Glei Húmico não foi observada influência das doses de KCl sobre o acúmulo de ferro quando foi aplicado o NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup>. No entanto, ficou evidenciado que na ausência do NaCl o emprego do KCl resultou em redução no ferro acumulado quando a dose de KCl foi aumentada de 200 até 500 mg.dm<sup>-3</sup>. Entretanto, na presença do NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> ocorreu aumento no acúmulo do ferro quando o KCl foi aumentado de 200 até 500 mg.dm<sup>-3</sup>, com comportamento cúbico, quando comparada com a dose 200 mg.dm<sup>-3</sup>, tendo acúmulo máximo de ferro ocorrido com o emprego do KCl na dose 300 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 69).

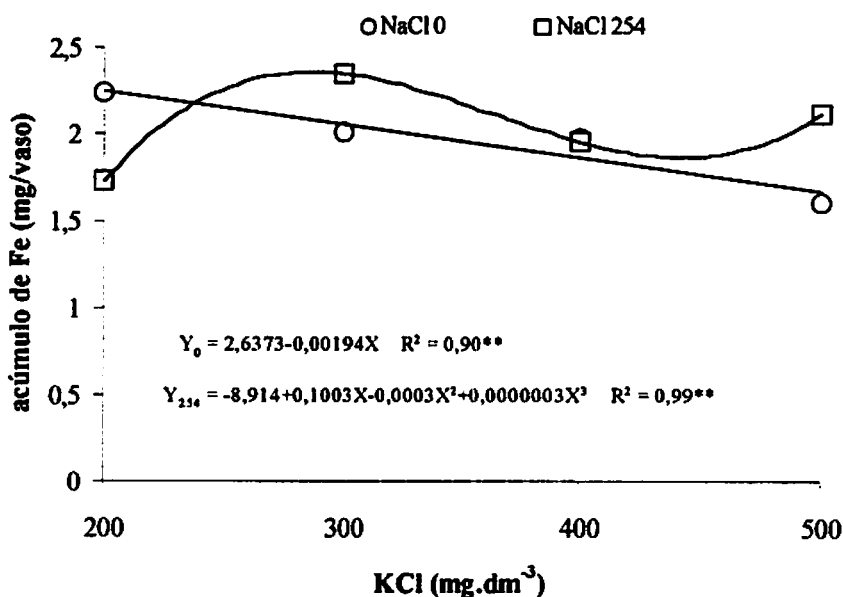


FIGURA 69- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de ferro na parte de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Quando as plantas foram cultivadas no Latossolo o acúmulo de ferro também não sofreu influência das doses de KCl ao ser aplicado junto com o NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup>. No entanto, na ausência do NaCl ocorreu aumento no acúmulo de ferro quando a dose de KCl foi aumentada de 200 para 300 mg.dm<sup>-3</sup> e após o que ocorreu diminuição, mesmo sendo observado um ajuste ao modelo cúbico. Contudo, na presença do NaCl na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup> observou-se redução no acúmulo de ferro quando a dose de KCl foi aumentada de 200 até 500 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 70).

O resultado verificado para o acúmulo de ferro pode ser atribuído a possível competição existente entre os cátions sódio e potássio com o ferro, os quais competem pelo mesmo sítio de absorção, de forma a reduzir a absorção do ferro e conseqüentemente seu acúmulo (Marschner, 1997), além do que pode ter ocorrido interação entre os íons cloreto e ferro de forma a reduzir a disponibilidade do ferro na solução do solo e dessa forma reduzindo sua absorção.

Resultado semelhante ao verificado para o acúmulo de ferro no presente estudo foi constatado em mudas de moringueira submetidas a diferentes níveis de NaCl (Miranda, 2000), apesar de Norrie et al, (1995), Neves (1999) e Miranda (2000), não terem registrado influência da aplicação de NaCl sobre o teor de ferro na matéria seca foliar em plantas de tomate, bananeira e cajueiro, respectivamente.

O acúmulo de sódio seguiu a mesma tendência observada para os demais nutrientes, sendo que seu acúmulo na parte aérea variou conforme as doses de NaCl e KCl aplicadas, bem como do solo no qual as plantas foram cultivadas. No solo Glei Húmico foi constatada influência da aplicação de KCl sobre o acúmulo de sódio na parte aérea apenas quando foi usado o NaCl na dose 508 mg.dm<sup>-3</sup>, proporcionando incremento no acúmulo de sódio em decorrência do aumento das doses de KCl de 200 até 500 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 71).

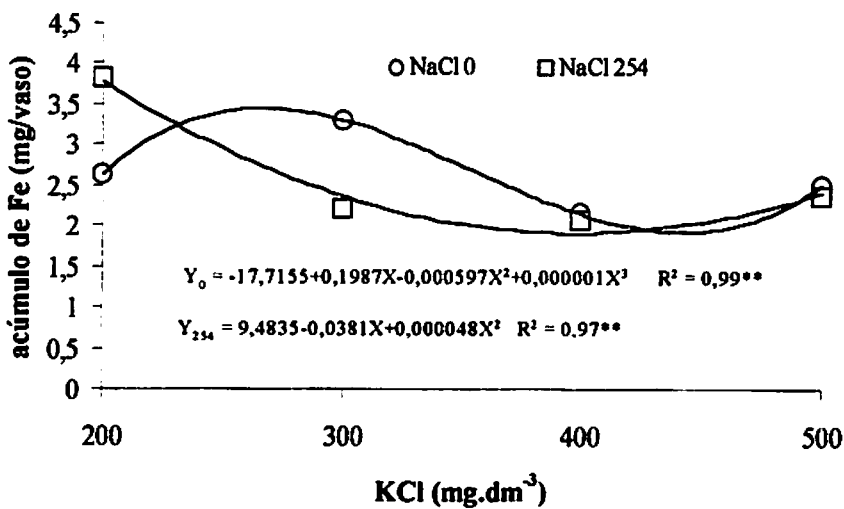


FIGURA 70- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de ferro na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

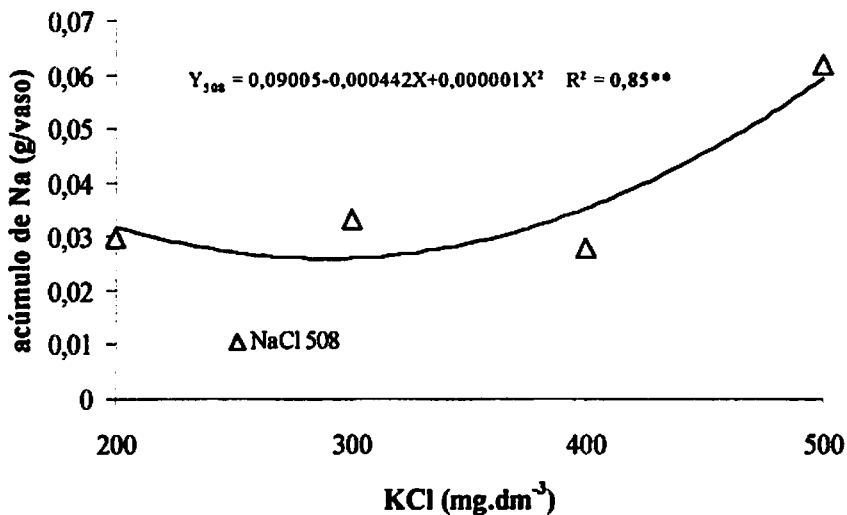


FIGURA 71- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de sódio na parte aérea de mudas de açaizeiro cultivadas em solo Glei Húmico. UFLA, Lavras - MG, 2000.

Quando se utilizou o Latossolo Vermelho Escuro, o acúmulo de sódio foi influenciado pelas doses de KCl apenas quando o NaCl foi utilizado na dose 254 mg.dm<sup>-3</sup>, ocorrendo diminuição do acúmulo de sódio quando a dose de KCl foi aumentada de 200 até 500 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 72).

O resultado observado para o acúmulo de sódio pelas mudas cultivadas nos dois solos pode ser atribuído à não-ocorrência do antagonismo entre potássio e sódio, porque o solo Glei Húmico poderia ter uma baixa concentração de potássio (Tabela 12) e dessa forma, mesmo sob altas doses de KCl, o potássio aplicado não foi suficiente para reduzir a absorção e acúmulo de sódio, considerando-se ainda a existência de sódio no solo Glei Húmico na concentração de 11 mg.dm<sup>-3</sup>. Já no Latossolo não foi encontrado sódio (Tabela 12).

Outro fato importante é que a concentração de potássio foi considerada média, conseqüentemente, quando se adicionou o KCl, o potássio exerceu efeito antagônico sobre o sódio, havendo uma competição pelo sítio de absorção, e em decorrência reduziu a sua absorção e acúmulo nas mudas de açazeiro. Aumentos no acúmulo de sódio em decorrência da aplicação de NaCl foi obtido por Magat, Margate e Habana (1988), Alrawahy, Stoehein e Pessarakli (1992), Neves (1999), Fernandes (2000), Miranda (2000) e Singh et al. (2000), enquanto Margate et al. (1979), Magat, Padrones e Alforja (1993) não obtiveram resposta da aplicação de NaCl e KCl sobre o teor de sódio em folhas de coqueiro.

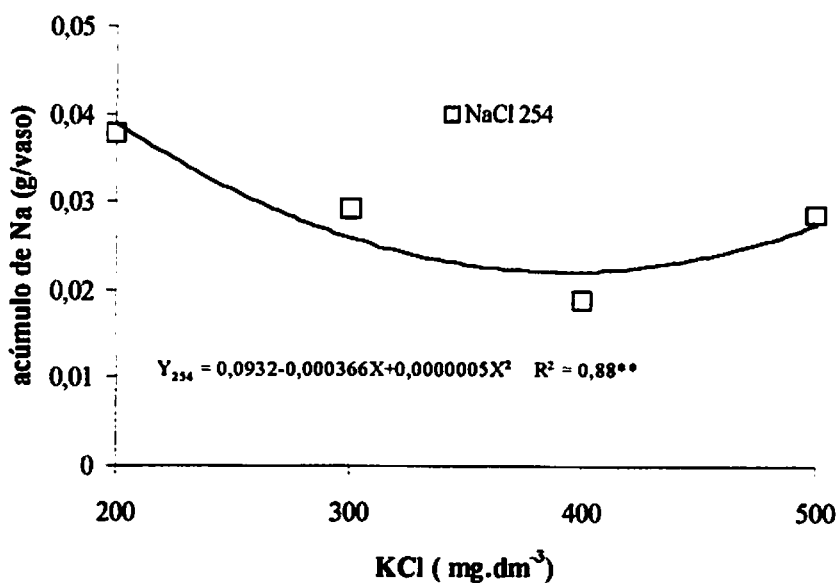


FIGURA 72- Efeito de doses de KCl e NaCl sobre o acúmulo de sódio na parte aérea de mudas de açazeiro cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro. UFLA, Lavras - MG, 2000.

## 6 CONCLUSÕES

O crescimento de mudas de açazeiro é modificado pelas doses de KCl, NaCl e pelo tipo de solo onde são cultivadas.

O acúmulo de nutrientes na matéria seca de mudas de açazeiro é influenciado pelas doses de KCl, NaCl e pelo tipo de solo onde as mudas são cultivadas.

A produção de matéria seca de mudas de açazeiro pode ser incrementada pela adição de NaCl e KCl.

O NaCl pode ser adicionado durante a fase de produção de mudas de açazeiro dependendo da dose de KCl aplicada e do tipo de solo utilizado no substrato.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÓN, J. J.; BOLARÍN, M.C.; SANCHEZ-BLANCO, M. J.; TORRECILLAS, A. Growth, yield and water relations of normal fruited and cherry tomato cultivars irrigated with saline water. *Journal of Horticultural Science*, London, v.69, n.2, p.283-288, Mar. 1994.
- ALRAWAHY, S. A.; STROEHLEIN, J. L.; PESSARAKLI, M. Dry-matter yield and N-15, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, and K<sup>+</sup> content of tomatoes under sodium-chloride stress. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.15, n.3, p.341-358, Mar. 1992.
- ARAÚJO FILHO, J. B.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C.; SANTOS, J. G. R. Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.3, p.417-422, set./dez. 1995.
- AWANG, Y. B.; ATHERTON, J. G.; TAYLOR, A. J. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. I. Growth and leaf water relations. *Journal of Horticultural Science*, London, v.68, n.5, p.783-790, Sept. 1993.
- BEIRA DO RIO. O sabor marajoara. Belém: UFPa, n.35, dez. 1992. 15p. Edição especial.
- BERNSTEIN, L.; AYRES, D. Salt tolerance of five varieties of carrots. *Proceedings of the America Society for Horticulture Science*, New York, v.61, p.360-366, June 1953.
- BONNEAU, X.; OCHS, R.; KITU, W. T.; YUSWOHADI. Le chlore: un élément essentiel de la nutrition minérale des cocotiers hybrides dans le Pampung (Indonésie). *Oléagineux*, Paris, v.48, n.4, p.179-190, avr. 1993.
- CALZAVARA, B. B. G. Açaizeiro. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1987. 6p. (Recomendações básicas, 3).
- CURTIN, D.; STEPPUHN, H.; SELLES, F. Plant responses to sulfate and chloride salinity: growth and ionic relations. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.57, n.5, p.1304-1310, Sept./Oct. 1993.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1998. 212p.**
- FERNANDES, A. R. Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H. B. K.), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade. Lavras: UFLA, 2000. 145p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).**
- FERREIRA, D. F. Sisvar- sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: DCE/UFLA, 2000. CD-ROM.**
- FRANCO, J. A.; ESTEBAN, C.; RODRIGUEZ, C. Effects of salinity on various growth stages of muskmelon cv. Revigal. *Journal of Horticultural Science*, London, v.68, n.6, p.899-904, Nov. 1993.**
- GERALDSON, C. M. Control of blonsom-end rot of tomatoes. *Proceedings of the America Society Horticulture Science*, New York, v.69, p.309-317, June 1957.**
- GIRDHAR, I. K. Effect of saline irrigation water on the growth, yield and chemical composition of rice crop grown in a saline soil. *Journal Indian Society Soil Science*, New Delhi, v.36, n.2, p.324-329, 1988.**
- GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.78, n.1, p.127-157, Jan. 1999.**
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.31, p.149-190, 1980.**
- HAAG, H. P.; SILVA FILHO, N. I.; CARMELLO, Q. A. de C. Carência de macronutrientes e de boro em plantas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). In: CONGRESSO SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. Anais... São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal, 1992. v.2, p.477-479.**
- HAMP, R. S. A study of the factors effecting the productivity of the açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) on Combu island, near Belém, nourthern Brazil. London: University of London, 1991. 69p. (Dissertação - Master of in Natural environments and plant growth).**

- HO, L. C.; ADAMS, P. The physiological basis for high fruit yield and susceptibility to calcium deficiency in tomato and cucumber. **Journal of Horticultural Science**, London, v.69, n.2, p.367-376, Mar. 1994a.
- HO, L. C.; ADAMS, P. Regulation of the partitioning of dry matter and calcium in cucumber in relation to fruit growth and salinity. **Annals of Botany**, London, v.73, n.5, p.539-545, May 1994b.
- HOCKING, P. J. Distribution and redistribution of mineral nutrient and dry matter in grain sorghum as affected by soil salinity. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.1, p.1753-1774, 1993.
- HU, Y.; SCHMIDHALTER, U. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. Part II. Composition. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, n.9, p.1169-1182, 1997.
- HUANG, B.; NESMITH, D. S.; BRIDGES, D. C.; JOHNSON, J. W. Responses of squash to salinity, waterlogging, and subsequent drainage: II. Root and shoot growth. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, n.1, p.141-152, 1995.
- IMSAND, J.; TOURAINE, B. N. Demand and the regulation of nitrate uptake. **Plant Physiology**, Rockville, v.105, n.1, p.3-7, May 1994.
- JOSHI, S. S. Effect of salinity stress on organic and mineral constituents in the leaves of pigeonpea (*Cajanus cajan* l. var. C-11). **Plant and Soil**, The Hague, v. 82, n.1, p.69-76, 1984.
- MAGAT, S. S.; CADIGAL, V. L.; HABANA, J. A. Yield improvement of coconut in elevated inland area of Davao by KCl fertilization. **Oléagineux**, Paris, v.30, n.10, p.413-418, 1975.
- MAGAT, S. S.; MARGATE, R. Z.; HABANA, J. A. Effects of increasing rates of sodium chloride (common salt) fertilization on coconut palms grown under an inland soil (Tropudalfs), of Mindanao, Philippines. **Oléagineux**, Paris, v.43, n.1, p.13-19, Jan. 1988.
- MAGAT, S. S.; PADRONES, G. D. Initial response of young coconut palms to various fertilizer sources of chlorine. **Philippine Journal of Coconut Studies**, Manila, v.6, n.2, p.21-29, 1981.



- MAGAT, S. S.; PADRONES, G. D.; ALFORJA, L. M. Residual effects of three chloride fertilizers on yield and leaf nutrient levels of coconuts grown on an inland soil of Davao (Mindanao, Philippines). *Oléagineux*, Paris, v.48, n.5, p.237-242, Mai 1993.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARGATE, R. Z.; MAGAT, S. S.; ALFORJA, L. M.; HABANA, J. A. A long-term KCl fertilization study of bearing coconuts in an inland-upland area of Davao (Philippines). *Oléagineux*, Paris, v.34, n.5, May 1979.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2.ed. London: Academic Press, 1997. 889p.
- MEIRI, A.; MOR, E.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Effect of exposure to salinity on growth, water status and salt accumulation in bean plants. *Annals of Botany*, London, v.34, n.136, p.383-391, 1970.
- MIRANDA, J. R. P. de. *Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de cajueiro Anão-Precoce (*Anacardium occidentale* L.) e de moringa (*Moringa oleifera* Lam.)*. Lavras: UFLA, 2000. 186p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: Some dogmas and hypothesis. *Plant Cell and Environmental*, Oxford, v.16, n.1, p.15-24, Jan. 1993.
- NEVES, L. L. de M. *Crescimento, trocas gasosas, potencial osmótico e composição mineral da bananeira 'Prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva*. Viçosa: UFV, 1999. 77p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- NORRIE, J.; GRAHAM, M. E. D.; CHARBONNEAU, J.; GROSSELIN, A. Impact of irrigation management of greenhouse tomato: yield, nutrition, and salinity of peat substrate. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.75, n.2, p.497-503, Apr. 1995.

- PALOMAR, C. R.; MAGAT, S. S.; HABANA, J. A. Organic fertilization of coconuts to inorganic fertilization from pre-bearing to bearing stage. *Agriculture Research*, Manila, p.9-16, 1980.
- PAULETTO, E. A.; TURATTI, A. L.; COSTA, A. E. M. da; SILVEIRA JÚNIOR, P. Efeito da salinidade do solo em três cultivares de feijão. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: SBCS, 1995. p.180-182.
- PRIOR, L. D.; GRIEVE, A. M.; SLAVICH, P. G.; CULLIS, B. R. Sodium-chloride and soil texture interactions in irrigated field-growth 'Sultana' grapevines III. Soil and root-system effects. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.43, n.5, p.1085-1100, 1992.
- PUGNAIRE, F. I.; ENDOLZ, L. S.; PARDOS, J. Constrains by water stress on plant growth. In: PESSARAKLI, P. *Handbook of plant and crop stress*. New York: Marcel Dekker, 1993. p.247-259.
- SAMPAIO, L. S. Respostas de plantas jovens de açaí à adubação fosfatada e à inundação em solo de várzea. Lavras: UFLA, 1998. 150p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SATTI, S. M. E.; LOPEZ, M.; ALRAWAHY, S. A. Effects of saline nutrient solutions on the growth and accumulation of mineral elements in some tomato cultivars. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.26, n.13, p.2097-2106, 1995.
- SENTENAC, H.; GRIGNON, C. Effect of pH on orthophosphate uptake by corns roots. *Plant Physiology*, Maryland, v.77, n.1, p.136-141, Jan. 1985.
- SINGH, S. K.; SHARMA, H. C.; GOSWAMI, A. M.; DATTA, S. P.; SINGH, S. P. In vitro growth and leaf composition of grapevine cultivars as affected by sodium chloride. *Biologia Plantarum*, Prague, v.43, n.2, p.283-286, 2000.
- UEXKULL, H. R. V. Chloride in the nutrition of coconut and oil palm. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 14., 1990, Kioto. *Transactions...* Rome: International Society of Soil Science, 1990. v.3, p.133-139.

- ULLAH, S. M.; SOJA, G.; GERZABEK, M. H. Ion uptake, osmoregulation and plant-water relations in faba beans (*Vicia faba* L.) under salt stress. *Bodenkultur*, Vienna, v.44, n.4, p.291-301, Nov. 1993.
- VIANA, A. P. Avaliação da tolerância de porta-enxertos de videira a condições de salinidade em solução nutritiva. Viçosa: UFV, 1997. 58p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- WILKINSON, J. Q.; CRAWFORD, N. M. Identification and characterization of chlorate-resistance mutant of *Arabidopsis thaliana* with mutations in both nitrate reductase structural genes NIA1 and NIA2. *Molecular and General Genetics*, Berlin, v.239, p.289-297, 1993.
- YAHYA, A. Salinity effects on growth and uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.21, n.7, p.1439-1451, July 1998.
- ZEKRI, M. Salinity and calcium effects on emergence, growth and mineral composition of seedlings of eight citrus rootstocks. *Journal of Horticultural Science*, London, v.68, n.1, p.53-62, Jan. 1993.
- ZEKRI, M.; PARSONS, L. R. Calcium influences growth and leaf mineral concentration of citrus under saline conditions. *HortScience*, Alexandria, v.25, n.7, p.784-786, July 1990.