



**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE  
NUTRIENTES EM MUDAS DE CAFEIRO  
(*Coffea arabica* L.) PRODUZIDAS EM TUBETES**

**SERGIO MORAES GONÇALVES**

**2005**

**SERGIO MORAES GONÇALVES**

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE  
NUTRIENTES EM MUDAS DE CAFEIEIRO (*Coffea  
arabica* L.) PRODUZIDAS EM TUBETES**

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

Orientador

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

2005

### 2.4.1 Diagnose visual

O diagnóstico visual consiste em caracterizar, descrever e ou fotografar, o mais precoce e detalhadamente possível, os sintomas de deficiência/toxidez na planta e compará-los com os sintomas-padrões de deficiências/toxidez para cada nutriente descrito na literatura, para aquela espécie ou variedade, se possível (Fontes, 2004). Segundo Martinez et al. (2004), a manifestação de sintomas de deficiência ou excesso de nutrientes pelas plantas é a etapa final de uma série de eventos. Esses eventos iniciam-se, freqüentemente, nas moléculas, ocasionando distúrbios celulares em tecidos e, posteriormente, a manifestação de sintomas visíveis. Constitui-se em uma forma rápida e pouco dispendiosa de diagnóstico, porém, sua principal limitação está no fato de que, quando há manifestação visível de sintomas de carência nutricional, uma expressiva parte da produção das plantas já está comprometida. A diagnose foliar por meio dos teores de nutrientes nos tecidos permite obter informações mais precisas sobre o estado e o equilíbrio nutricional da planta.

Os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas velhas, caso o nutriente seja móvel na planta. Os nutrientes considerados móveis são N, P, K e Mg. Os sintomas ocorrem primeiro nas folhas novas, se os nutrientes são imóveis. Até recentemente, o boro, juntamente com o cálcio e o manganês, vinha sendo um dos clássicos exemplos de nutriente imóvel no floema, parcialmente em consequência do fluxo unidirecional da corrente transpiratória. Entretanto, foi mostrado que a produção e a translocação de polióis influenciam a mobilidade de boro no floema das plantas e as espécies que não produzem e, conseqüentemente, não transportam polióis não apresentam mobilidade do boro no floema (Brown & Hu, 1998). Alguns elementos (Fe, Zn, Cu, Mo, S) são considerados de mobilidade intermediária na planta, não sendo tão móveis quanto o NPK e nem tão imóveis como o Ca e o Mn. A mobilidade do zinco é

**SERGIO MORAES GONÇALVES**

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE  
NUTRIENTES EM MUDAS DE CAFEIEIRO (*Coffea  
arabica* L.) PRODUZIDAS EM TUBETES**

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

Orientador

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005

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

Gonçalves, Sergio Moraes

Faixas críticas de teores foliares de nutrientes em mudas de cafeeiro  
(*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes / Sergio Moraes Gonçalves. --  
Lavras : UFLA, 2005.

82 p. : il.

Orientador: Rubens José Guimarães

Dissertação (Mestrado) – UFLA

Bibliografia

1. Café. 2. Muda. 3. Tubete. 4. Macronutriente. 5. Micronutriente.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.7335

**SERGIO MORAES GONÇALVES**

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES EM  
MUDAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) PRODUZIDAS EM  
TUBETES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de "Mestre".

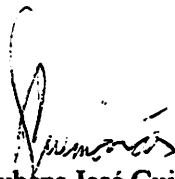
APROVADA em 28 de outubro de 2005

Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho

UFLA

Dr. Élberis Pereira Botrel

EPAMIG



Prof. Dr. Rubens José Guimarães  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, Célia e Mauro,  
por serem a minha vida.

## **OFEREÇO**

A minha mãe, Célia e meu pai, Mauro.

A minha irmã, Alessandra e ao meu cunhado, Fábio.

E ao mais novo membro da família, meu sobrinho Lucas.

## **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar a oportunidade de viver essa experiência.

Aos meus pais, Célia e Mauro, pela confiança e amor concedidos.

À minha irmã, Alessandra, pela força, carinho e apoio matemático.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade.

Ao Prof. Rubens, pela confiança, aprendizagem e paciência.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Prof. Janice, pela co-orientação.

Ao pesquisador Wander Eustáquio de Bastos Andrade, pela amizade e sugestões.

Ao Juninho, pela amizade e companhia.

Aos muitos amigos do CEPECAFÉ: Haroldo, Fábio, André, Lafaiete, Sirlei, Flávia, Serjão, Vinicius, Júlio, Fernando, João, Gustavo, Zé Marcos, César, Alexandrino, Marcinho, Zé Maurício.

As várias amizades adquiridas durante o curso.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a execução deste trabalho.

**Muito obrigado!**



# SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Recipiente.....	3
2.2 Substrato.....	5
2.3 Adubação.....	8
2.4 Avaliação do estado nutricional das plantas.....	9
2.4.1 Diagnose visual.....	10
2.4.2 Diagnose por análise química do solo.....	11
2.4.3 Diagnose com base na análise química de tecidos.....	11
2.5 Interpretação dos resultados.....	12
2.5.1 Nível crítico.....	13
2.5.2 Faixa de suficiência.....	14
2.6 Nutrientes.....	15
2.6.1 Nitrogênio.....	15
2.6.2 Fósforo.....	16
2.6.3 Potássio.....	17
2.6.4 Cálcio.....	18
2.6.5 Magnésio.....	19
2.6.6 Enxofre.....	20

---

4.1.7 Relação MSR/MSPA.....	45
4.1.8 Área foliar.....	46
4.2 Avaliação dos teores foliares de macro e micronutrientes.....	49
4.3 Determinação das faixas críticas de macro e micronutrientes na matéria seca das folhas correspondente a 90% do crescimento máximo em cada característica de desenvolvimento analisada.....	52
4.3.1 Nitrogênio.....	52
4.3.2 Fósforo.....	54
4.3.3 Potássio.....	55
4.3.4 Cálcio.....	56
4.3.5 Magnésio.....	57
4.3.6 Enxofre.....	59
4.3.7 Boro.....	60
4.3.8 Zinco.....	61
4.3.9 Ferro.....	62
4.3.10 Manganês.....	63
4.3.11 Cobre.....	64
5 CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	73

## RESUMO

GONÇALVES, Sergio Moraes. **Faixas críticas de teores foliares de nutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes.** LAVRAS: UFLA, 2005. 82p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia)\*

O trabalho em questão teve como objetivo determinar os teores foliares de macro e micronutrientes em mudas de cafeeiro produzidas em tubetes. A partir da correlação entre características de desenvolvimento, teores dos nutrientes nas folhas e épocas de amostragem definiram-se as faixas críticas nutricionais e a melhor época para a coleta das folhas para análise. O experimento foi conduzido em viveiro localizado no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de maio de 2003 a janeiro de 2004. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial simples 6 x 3 com quatro repetições ou blocos, onde trabalhou-se com seis níveis de adubação do substrato (50%, 75%, 100%, 125%, 150% e 200% da dose padrão de osmocote por m<sup>3</sup> de substrato) efetuando-se as avaliações em três estádios de desenvolvimento (épocas de amostragem): 3, 4 e 5 pares de folhas. O experimento foi montado com 936 mudas, sendo 13 por parcela, das quais 5 foram consideradas úteis para avaliação. Foram avaliadas as seguintes características: altura de planta (cm), diâmetro de caule (mm), área foliar (cm<sup>2</sup>), massa seca de raiz (g), massa seca de caule (g), massa seca das folhas (g), massa seca de parte aérea (g), massa seca total (g) e realizadas análises foliares para os seguintes nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Fe e Mn. Efetuou-se a derivação das equações de regressão, estabelecidas para cada característica dentro de cada época de amostragem, encontrando-se o ponto de máxima performance. Em seguida, foram encontrados os valores de 90% da máxima performance. Utilizando-se a fórmula resolutive de Bhaskara, foram identificadas as faixas dos níveis de adubação do substrato que proporcionaram acima de 90% da performance máxima das mudas. Esses níveis de adubação foram substituídos nas equações de regressão dos teores foliares dos nutrientes em cada época de amostragem, para que, finalmente, as faixas críticas de nutrientes fossem estabelecidas. As faixas críticas de teores obtidas para macro e micronutrientes são as seguintes: nitrogênio (2,26 a 2,62dag/kg); fósforo (0,22 a 0,25dag/kg); potássio (2,59 a

---

\* Comitê orientador: Prof. Dr. Rubens José Guimarães - UFLA (Orientador);  
Dra. Janice Guedes de Carvalho – UFLA

2,92dag/kg); cálcio (0,69 a 0,76dag/kg); magnésio (0,11 a 0,12dag/kg); enxofre (0,15 a 0,24dag/kg); boro (37,53 a 48,93mg/kg); zinco (12,08 a 15,54mg/kg); ferro (94,12 a 115,33mg/kg); manganês (225,14 a 253,65mg/kg); cobre (1,31 a 1,75dag/kg). Além disso, constatou-se que o estádio de quatro pares de folhas verdadeiras é o ideal para a coleta de folhas visando à identificação dos teores de macro e micronutrientes.

## ABSTRACT

GONÇALVES, Sergio Moraes. **Critical ranges of leaf levels of nutrients in coffee seedlings (*Coffea arabica* L.) grown in plastic pots.** LAVRAS: UFLA, 2005. 82p. (Dissertation - Master in Agronomy)\*

The research in topic aimed the purpose to determinate the leaf levels of macro and micronutrients in coffee seedlings grown in plastic pots. According to the correlation between growth characteristics, leaf levels of nutrients and sampling times, the critical ranges were defined and the best stage for leaf sampling aiming to analysis. The experiment was conducted in in nursey house located in coffee research area at Agronomy Department of the Federal University of Lavras from May 2003 to January 2004. It was used a block design, in sample factorial 6 x 3 with 4 replicates or blocks, where they have been worked with six fertilization levels of substrate (50, 75, 100, 125, 150 e 200% of standard fertilization with osmocote for m<sup>3</sup> of substrate) making the evaluations in three stages of development (sampling times): 3, 4 and 5 leaves pair. The experiment was done with 936 seedlings, being 13 per plot, 5 of them were considered good for evaluation. There were evaluated the following characteristics: plant height (cm), stem diameter (mm), leaf area (cm<sup>2</sup>), root dry weight (g), stem dry weight (g), leaf dry weight (g), total dry weight (g) and leaf analysis for following nutrients: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Fe and Mn. It was done the derivation of the regression equation, established for each characteristic inside of the each sampling time, when the maximum performance was achieved. Right after it was found the results of 90% of the maximum performance. Using the resolutive Bhaskara equation, the range from substrate fertilization levels, that provided more than 90% of the maximum performance of the seedlings. These fertilizations levels were replaced on the regression equation of the nutrients leaf levels in each stage, so then, the critical ranges of nutrients were established. The critical ranges obtained for macro and micronutrients are: nitrogen (2,26 a 2,62 dag/Kg); phosphorus (0,22 a 0,25 dag/Kg); potassium (2,59 a 2,92 dag/Kg); calcium (0,69 a 0,76 dag/Kg); magnesium (0,11 a 0,12 dag/Kg); sulfur (0,15 a 0,24 dag/Kg); boron (37,53 a 48,93 mg/Kg); zinc (12,08 a 15,54 mg/Kg); iron (94,12 a 115,33 mg/Kg); manganese (225,14 a 253,65 mg/Kg); copper (1,31 a 1,75 dag/Kg). Even

---

\* Guidance Committee: Dr. Rubens José Guimarães - UFLA (Major Professor);

Dra. Janice Guedes de Carvalho - UFLA

though, it was confirmed that the four true leaves pair stage is the ideal for leaf sampling aiming intending the identification of the macro and micronutrients levels.

# 1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura sempre ocupou um espaço importante no cenário nacional e internacional. O Brasil, maior produtor e exportador, possui, segundo dados da Conab (2005), cerca de 5,9 bilhões de plantas em 2,4 milhões de hectares. Devido à crise ocorrida nos últimos anos tivemos uma queda na área cultivada, em 2005/2006, da ordem de 4% no estado de Minas Gerais, que é o maior produtor nacional, com destaque para a região do Sul de Minas, que decresceu 12%.

Em se tratando de uma cultura perene, a qual será explorada por 10 a 15 anos, o plantio de mudas verdadeiramente sadias é fator primordial para se alcançar o sucesso na atividade. Isso principalmente em um estado como Minas Gerais que, de acordo com o DIFV/IMA produziu 1,64 bilhão de mudas, nos anos de 1996 a 2000.

Segundo Guimarães et al. (1998), na manutenção e na melhoria do sistema de produção, a muda, como produto final de uma atividade de viveiro, justifica uma busca constante de inovações técnicas, visando obter a melhor qualidade e o menor custo. Muito se sabe sobre faixas críticas de nutrientes em lavouras instaladas, porém, com relação às mudas no estádio de viveiro, sabe-se muito pouco, principalmente mudas produzidas no sistema de tubetes. Gontijo (2004) executou um trabalho semelhante a esse, para mudas de café produzidas no sistema convencional (saquinhos de polietileno).

Este trabalho vem auxiliar viveiristas, produtores e instituições fiscalizadoras como mais uma ferramenta para detectar possíveis anormalidades com relação à condição nutricional das mudas. Além disso,

servirá de base para futuras pesquisas realizadas com mudas produzidas em tubetes.

Os objetivos deste trabalho foram, estabelecer as faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes, que sirvam como orientação para a produção de mudas de café em tubetes, a determinação da melhor época de amostragem das folhas e a dose ideal de Osmocote para a adubação do substrato.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na implantação da lavoura cafeeira, vários são os fatores que contribuem para o seu sucesso, dentre os quais a produção de mudas sadias e bem desenvolvidas é a base de sua sustentação, principalmente tratando-se de uma cultura perene como a do cafeeiro (Silva et al., 2000). Dentre os fatores que interferem na produção de boas mudas, certamente a nutrição é um dos mais importantes. Uma nutrição adequada poderá, inclusive, reduzir o tempo de permanência das mudas em viveiro (Guimarães, 1995).

A forma usual para produção de mudas de cafeeiros é a utilização de um substrato composto de 70% de solo e 30% de esterco de bovinos, enriquecido com adubos químicos e acondicionados em saquinhos plásticos (polietileno). Em virtude do referido sistema apresentar alguns inconvenientes, como maior custo no transporte, menor rendimento no plantio e necessidade de maior volume de substrato, a geração de novas tecnologias para produção de mudas de cafeeiro tornou-se necessária (Guimarães et al., 1998).

### 2.1 Recipiente

Um recipiente adequado ao bom desenvolvimento das plantas deve conter um substrato que permita um bom crescimento, além de nutrientes disponíveis as raízes, protegê-las de danos mecânicos e da desidratação, promover boa formação do sistema radicular, garantir máxima sobrevivência no campo e bom crescimento inicial ficando o substrato em contato com o sistema radicular. Operacionalmente, o recipiente deve envolver a muda, ter tamanho uniforme, ser facilmente manuseável no viveiro, no transporte e no plantio (Campinhos Júnior & Ikemori, 1983).

citros, maracujazeiro, olerícolas e também cafeeiro. Possui boas características físicas, mas necessita da complementação de nutrientes por meio da aplicação de solução química (Lopes, 1996). O uso de substratos sem solo mineral surge como uma alternativa para eliminar a necessidade do uso de biocidas, como o brometo de metila, substância que contribui para a destruição da camada de ozônio e que na agricultura é utilizado para exterminar organismos patogênicos do solo e propágulos de plantas daninhas (Kämpf, 2002).

Já se constatou que substratos com predominância de materiais, como terra ou areia, são inadequados para tubetes, diante do seu peso e consequente desagregação, bem como por não serem estéreis (Campinhos Júnior & Ikemori, 1983). Gomes et al. (1985) também chegaram à mesma conclusão, quando utilizaram terra de subsolo como substrato predominante; o referido substrato apresentou dificuldades de drenagem, prejudicando a germinação das sementes, o crescimento e o desenvolvimento das mudas de eucalipto em tubetes e bandejas de isopor. Entretanto, tal problema foi contornado pelo uso de casca de arroz e bagaço de cana carbonizados (Aguiar et al., 1989).

Andrade Neto (1998) testou fontes de matéria orgânica em diferentes proporções na produção de mudas de café em tubetes, como o esterco curtido de bovinos o esterco curtido de galinhas criadas em gaiolas, o húmus de minhocas ou vermicomposto, a torta de filtro curtida e a moinha de café curtida (resíduo de café da máquina de beneficiamento). Parte dessas fontes foi enriquecida com superfosfato simples e cloreto de potássio, complementada com adubações foliares e parte com osmocote. Foi então, comparada com o substrato tradicionalmente utilizado, ou seja, o Plantmax-café+Osmocote. Foram encontrados os seguintes resultados: o Osmocote foi superior ao superfosfato simples mais cloreto de potássio na suplementação do substrato; o esterco de bovinos na dose de 80%, adubado com Osmocote, foi o tratamento que apresentou os maiores valores para as características avaliadas, seguido pelo

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Na implantação da lavoura cafeeira, vários são os fatores que contribuem para o seu sucesso, dentre os quais a produção de mudas sadias e bem desenvolvidas é a base de sua sustentação, principalmente tratando-se de uma cultura perene como a do cafeeiro (Silva et al., 2000). Dentre os fatores que interferem na produção de boas mudas, certamente a nutrição é um dos mais importantes. Uma nutrição adequada poderá, inclusive, reduzir o tempo de permanência das mudas em viveiro (Guimarães, 1995).

A forma usual para produção de mudas de cafeeiros é a utilização de um substrato composto de 70% de solo e 30% de esterco de bovinos, enriquecido com adubos químicos e acondicionados em saquinhos plásticos (polietileno). Em virtude do referido sistema apresentar alguns inconvenientes, como maior custo no transporte, menor rendimento no plantio e necessidade de maior volume de substrato, a geração de novas tecnologias para produção de mudas de cafeeiro tornou-se necessária (Guimarães et al., 1998).

### **2.1 Recipiente**

Um recipiente adequado ao bom desenvolvimento das plantas deve conter um substrato que permita um bom crescimento, além de nutrientes disponíveis as raízes, protegê-las de danos mecânicos e da desidratação, promover boa formação do sistema radicular, garantir máxima sobrevivência no campo e bom crescimento inicial ficando o substrato em contato com o sistema radicular. Operacionalmente, o recipiente deve envolver a muda, ter tamanho uniforme, ser facilmente manuseável no viveiro, no transporte e no plantio (Campinhos Júnior & Ikemori, 1983).

A produção de mudas de cafeeiro em tubetes é acelerada em um a dois meses na fase de formação por causa do transplântio das plântulas, com a vantagem de permitir a permanência de mudas em até um ano nesse tipo de recipiente ou até o seu plantio definitivo no campo. As estrias internas existentes nos tubetes impedem o enovelamento das raízes, fazendo com que estas desenvolvam-se verticalmente (Costa et al., 1993).

Sabe-se que a forma e o tamanho do recipiente influenciam a dinâmica da movimentação de água neste pequeno volume. Sendo assim, recipientes com volumes entre 5 e 50mL e altura entre 2 e 7cm, denominados 'plugs', necessitam de substratos com porosidade total acima de 90% e densidade abaixo de 200g.L<sup>-1</sup>. Os recipientes com volume entre 50 e 500mL e altura entre 5 e 15cm, denominados tubetes, sacos ou vasos, também necessitam de um substrato poroso e pouco denso. Por motivo de sanidade, densidade e retenção de água, não se recomenda a utilização de solo mineral nestes recipientes (Kampf, 2002). Segundo Fermino (2002), quanto mais alto o recipiente maior será o fluxo da água. Isto porque a base do recipiente atua como barreira, onde a água se encontra à pressão atmosférica ou potencial zero. A reduzida altura dos 'plugs' e tubetes dificulta a drenagem e eleva a capacidade de retenção, podendo levar ao encharcamento do substrato.

Melo (1999), estudando a influência de tamanhos de tubetes (50 e 120mL) na formação de mudas de cafeeiro, utilizou adubação individual, aplicando 0,65 gramas de fertilizante de liberação lenta por recipiente (equivalente a 13kg/m<sup>3</sup> de substrato para o tubete de 50mL e 5,5kg/m<sup>3</sup> de substrato para o tubete de 120mL) e substrato comercial Plantmax, chegou à conclusão de que os tubetes de 50mL permitem a produção de mudas com desenvolvimento semelhante ao daquelas produzidas em tubetes de 120mL. Já, Vallone (2003), variando as doses de adubação individual entre 0,4 e 1,3g/tubete, observou que as mudas produzidas em tubetes de 120mL

apresentaram médias superiores as produzidas em tubetes de 50mL em todas as características, mesmo recebendo doses iguais de fertilizante por tubete. Cunha et al. (2002) em um trabalho testando tamanhos diferenciados de tubetes, também observaram, de acordo com as características avaliadas, a superioridade dos tubetes de 120mL em relação aos de 50mL. Esta superioridade das mudas produzidas em tubetes de 120mL também pode ser atribuída ao maior volume de substrato, à disposição das mudas, podendo fornecer melhores condições de aeração e de armazenamento de água, inclusive evitando encharcamento devido à maior altura do tubete, conforme citado por Fermino (2002).

## **2.2 Substrato**

Substrato ou meio de crescimento é o material ou mistura de materiais utilizados para o desenvolvimento da semente, da muda ou da estaca, que sustenta e fornece nutrientes para a planta, podendo ser de origem vegetal, animal ou mineral. É composto de uma parte sólida (partículas minerais e orgânicas), contendo poros que são ocupados pela água e pelo ar. O desenvolvimento e a eficiência do sistema radicular são muito influenciados pela aeração do solo, que depende da quantidade e do tamanho das partículas que definem a sua textura (Sturion, 1981). Segundo Campinhos Jr. et al. (1984), o substrato ideal deve ser uniforme em sua composição, ter baixa densidade, ser poroso, ter elevada C.T.C., boa capacidade de retenção de água, ser isento de pragas, de organismos patogênicos e de sementes de plantas daninhas, além de apresentar coesão entre as partículas. Deve ser de fácil manuseio, abundante e economicamente viável.

Atualmente, existem no mercado substratos comerciais compostos de vermiculita, casca de pinus, bagacinho de cana fermentado e húmus de minhoca (Silva Júnior et al., 1995). O substrato comercial Plantmax é um exemplo de produto que está sendo utilizado para a formação de mudas de eucalipto, pinus,

citros, maracujazeiro, olerícolas e também cafeeiro. Possui boas características físicas, mas necessita da complementação de nutrientes por meio da aplicação de solução química (Lopes, 1996). O uso de substratos sem solo mineral surge como uma alternativa para eliminar a necessidade do uso de biocidas, como o brometo de metila, substância que contribui para a destruição da camada de ozônio e que na agricultura é utilizado para exterminar organismos patogênicos do solo e propágulos de plantas daninhas (Kämpf, 2002).

Já se constatou que substratos com predominância de materiais, como terra ou areia, são inadequados para tubetes, diante do seu peso e consequente desagregação, bem como por não serem estéreis (Campinhos Júnior & Ikemori, 1983). Gomes et al. (1985) também chegaram à mesma conclusão, quando utilizaram terra de subsolo como substrato predominante; o referido substrato apresentou dificuldades de drenagem, prejudicando a germinação das sementes, o crescimento e o desenvolvimento das mudas de eucalipto em tubetes e bandejas de isopor. Entretanto, tal problema foi contornado pelo uso de casca de arroz e bagaço de cana carbonizados (Aguiar et al., 1989).

Andrade Neto (1998) testou fontes de matéria orgânica em diferentes proporções na produção de mudas de café em tubetes, como o esterco curtido de bovinos o esterco curtido de galinhas criadas em gaiolas, o húmus de minhocas ou vermicomposto, a torta de filtro curtida e a moinha de café curtida (resíduo de café da máquina de beneficiamento). Parte dessas fontes foi enriquecida com superfosfato simples e cloreto de potássio, complementada com adubações foliares e parte com osmocote. Foi então, comparada com o substrato tradicionalmente utilizado, ou seja, o Plantmax-café+Osmocote. Foram encontrados os seguintes resultados: o Osmocote foi superior ao superfosfato simples mais cloreto de potássio na suplementação do substrato; o esterco de bovinos na dose de 80%, adubado com Osmocote, foi o tratamento que apresentou os maiores valores para as características avaliadas, seguido pelo

húmus de minhoca nas doses de 35% a 55%, também adubado com Osmocote. O substrato Plantmax adubado com Osmocote, com ou sem adubações foliares suplementares, foi adequado para a produção de mudas de cafeeiro. O uso de substratos com doses acima de 40% de esterco de galinha ou moinha de café provocou um alto índice de morte das mudas. Constatou-se que são necessárias as doses de 50% de esterco de curral ou 35% de húmus de minhoca, ambas adubadas com Osmocote, para se conseguir o mesmo resultado do Plantmax-café adubado com Osmocote e sem pulverizações foliares (substrato padrão).

Um outro material que vem sendo estudado é a casca de arroz carbonizada. Segundo Minami (1995) é um substrato que possui forma floculada, coloração escura, é leve, de fácil manuseio, com grande capacidade de drenagem, pH levemente alcalino e baixa capacidade retenção de umidade. Além disso, é rico em cálcio e potássio, livre de nematóides e patógenos, não necessitando de tratamento químico para esterilização, em função da carbonização. Vallone (2003) ao testar a casca de arroz carbonizada como substrato alternativo à produção de mudas de café em tubete, observou que a substituição do substrato padrão (Plantmax) em torno de 60% a 70% proporcionou maior desenvolvimento das mudas e em menor tempo, com a vantagem de reduzir o custo relacionado à aquisição do substrato. Já Kainuma et al. (2001) trabalhando com os substratos Plantmax e vermicomposto de esterco de curral com casca de arroz carbonizada na proporção de 4:1 variando as doses de Osmocote, observaram que, na ausência de adubo, o desempenho do substrato vermicomposto foi melhor que o do Plantmax, em todos os parâmetros de crescimento avaliados. Na presença do adubo, quando se comparou na mesma dose, o desempenho da muda foi melhor ou, no mínimo, igual quando o substrato foi o Plantmax. Cunha et al. (2002) também estudando alguns substratos alternativos, observaram que o Plantmax+Osmocote apresentou melhor desenvolvimento das mudas, seguido do substrato alternativo composto

de 50% de esterco, 30% de terra de subsolo e 20% da mistura (50% de vermiculita, 25% de areia grossa e 25% de casca de arroz carbonizada)

### 2.3 Adubação

A formulação básica do substrato não é suficiente para fornecer nutrientes durante todo o ciclo da muda de cafeeiro produzida em tubete, em função da lixiviação e da condutividade elétrica. Por isso, tem-se utilizado como complemento nutricional fertilizante de liberação controlada (Osmocote), em que os grânulos, constituídos por uma mistura de macro e micronutrientes solúveis, são revestidos por uma resina de material orgânico que controla a liberação dos nutrientes em função da temperatura do substrato, por um período de três a seis meses. Depois de aplicado, o vapor d'água do substrato penetra na resina, dissolvendo os nutrientes do interior, que vão sendo liberados de forma gradual, dependendo da temperatura. Quando a temperatura é superior a 21°C, a liberação é mais rápida e, conseqüentemente, causa menor longevidade ou efeito residual do adubo (Silva et al., 2000).

Melo (1999) avaliando diferentes formas de aplicação de fertilizante de liberação lenta na produção de mudas de cafeeiro em tubetes, utilizando substrato comercial, verificou que a aplicação localizada do fertilizante permitiu a produção de mudas de cafeeiro com desenvolvimento semelhante ao daquelas produzidas com mistura ao substrato. Isso possibilitou a recomendação do fertilizante de liberação lenta em cobertura, viabilizando o semeio direto em tubetes.

Esse mesmo autor, em outro experimento, avaliou o efeito de doses crescentes de Osmocote em mudas de cafeeiro utilizando substrato comercial. Os resultados indicaram que a dose de 450 gramas de Osmocote, formulação 15-10-10 + micronutrientes, em 55 litros de substrato (8,18kg de fertilizante por m<sup>3</sup> de substrato), promoveu melhor desenvolvimento das mudas. Por outro lado,



Silva et al. (2000) recomendam a dose de 300g de osmocote 15-10-10 + micronutrientes por saco de 55 litros de substrato (5,5kg/m<sup>3</sup> de substrato). Kainuma et al. (2001) estudando a utilização de substratos alternativos, observaram que, para o Plantmax, a dose de 10 Kg de osmocote por m<sup>3</sup> é a mais adequada do ponto de vista econômico, pois foi suficiente para que as mudas apresentassem bom crescimento foliar. Carvalho et al. (2001a), avaliando a eficiência de substratos e doses de osmocote na produção de mudas de cafeeiro concluíram que no caso do Plantmax a dose entre 7,5 e 9,0kg de Osmocote por m<sup>3</sup> apresentou melhor desempenho.

## **2.4 Avaliação do estado nutricional das plantas**

Segundo Fontes (2004), o estado nutricional das plantas pode ser determinado por meio de procedimentos indiretos e diretos. Os indiretos são aqueles em que a concentração de determinado nutriente na planta é estimada por meio de uma característica cujos valores sejam correlacionados com as concentrações do nutriente na planta. Como exemplos de procedimentos indiretos, podem ser citadas as avaliações das características enzimáticas/bioquímicas e fitotécnicas/fisiológicas da planta, da intensidade da presença de ácidos fenólicos nos tecidos (Chishaki & Horiguchi, 1997), da concentração de clorofila nas folhas (específico para o nitrogênio) e da intensidade de energia irradiada das folhas (específico para o nitrogênio). Os dois últimos têm sido mais estudados. Os procedimentos diretos são aqueles em que as concentrações aparentes (análise visual) e ou reais (análises da matéria seca ou da seiva) dos nutrientes são determinadas. Na prática, os métodos mais utilizados são a diagnose visual, a análise de solo e a diagnose foliar.

### 2.4.1 Diagnose visual

O diagnóstico visual consiste em caracterizar, descrever e ou fotografar, o mais precoce e detalhadamente possível, os sintomas de deficiência/toxidez na planta e compará-los com os sintomas-padrões de deficiências/toxidez para cada nutriente descrito na literatura, para aquela espécie ou variedade, se possível (Fontes, 2004). Segundo Martinez et al. (2004), a manifestação de sintomas de deficiência ou excesso de nutrientes pelas plantas é a etapa final de uma série de eventos. Esses eventos iniciam-se, freqüentemente, nas moléculas, ocasionando distúrbios celulares em tecidos e, posteriormente, a manifestação de sintomas visíveis. Constitui-se em uma forma rápida e pouco dispendiosa de diagnóstico, porém, sua principal limitação está no fato de que, quando há manifestação visível de sintomas de carência nutricional, uma expressiva parte da produção das plantas já está comprometida. A diagnose foliar por meio dos teores de nutrientes nos tecidos permite obter informações mais precisas sobre o estado e o equilíbrio nutricional da planta.

Os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas velhas, caso o nutriente seja móvel na planta. Os nutrientes considerados móveis são N, P, K e Mg. Os sintomas ocorrem primeiro nas folhas novas, se os nutrientes são imóveis. Até recentemente, o boro, juntamente com o cálcio e o manganês, vinha sendo um dos clássicos exemplos de nutriente imóvel no floema, parcialmente em consequência do fluxo unidirecional da corrente transpiratória. Entretanto, foi mostrado que a produção e a translocação de polióis influenciam a mobilidade de boro no floema das plantas e as espécies que não produzem e, conseqüentemente, não transportam polióis não apresentam mobilidade do boro no floema (Brown & Hu, 1998). Alguns elementos (Fe, Zn, Cu, Mo, S) são considerados de mobilidade intermediária na planta, não sendo tão móveis quanto o NPK e nem tão imóveis como o Ca e o Mn. A mobilidade do zinco é

maior que a do ferro e a do cobre não está claramente entendida (Grusak et al., 1999).

#### **2.4.2 Diagnose por análise química do solo**

Segundo Carvalho et al. (2001b), a análise química do solo é um dos sistemas mais usados no Brasil para a avaliação da fertilidade do solo. Por meio desta técnica procura-se determinar o grau de suficiência ou deficiência de nutrientes no solo, bem como quantificar condições adversas que apresentam efeitos prejudiciais ao desenvolvimento das culturas (acidez, salinidade, toxidez de  $Al^{3+}$ , etc.), pelo uso de extratores químicos. Porém, segundo Martinez et al., (2004), embora o solo seja, na maior parte dos casos, o meio obrigatório para o fornecimento de nutrientes à planta, sua análise informa sobre a disponibilidade de nutrientes, não permitindo avaliar se eles serão efetivamente aproveitados pelo vegetal.

#### **2.4.3 Diagnose com base na análise foliar**

A aptidão das plantas em absorver e utilizar os nutrientes minerais reflete nos teores e em seu equilíbrio nutricional, sobre os quais informações úteis podem ser colhidas por intermédio da análise química de certos tecidos. Apesar de outros órgãos da planta poderem ser utilizados na realização da diagnose química, a folha, freqüentemente, é mais usada, pois é sede do metabolismo e reflete bem na sua composição, as mudanças na nutrição (Carvalho et al., 2001b). A utilização da análise química foliar como ferramenta baseia-se na premissa de existir uma correlação positiva entre o suprimento de nutrientes e suas concentrações na planta e que aumentos ou decréscimos nestas concentrações se relacionam com produções maiores ou menores (Evenhuis & Waar, 1980).

A análise química da planta é ferramenta de diagnóstico ao estabelecer o seu estado nutricional no momento da amostragem. No entanto, pode ser, ou precisaria ser, ferramenta de prognóstico, por meio da qual busca-se associar o estado nutricional da planta em determinado estágio de desenvolvimento (no ato da amostragem – quase sempre na fase inicial do ciclo) com a sua performance observada em avaliação futura ou colheita final (Fontes, 2004). A composição mineral dos tecidos vegetais pode, entretanto, ser influenciada por uma série de fatores pertinentes à própria planta e ao ambiente: natureza da espécie, variedade ou porta-enxerto, estágio vegetativo e idade da planta, distribuição, volume e eficiência do sistema radicular, produção pendente, variações climáticas, disponibilidade de água e nutrientes no solo, estado fitossanitário da planta, tipo e manejo do solo e interações entre nutrientes. Assim, para o diagnóstico do estado nutricional, usando-se análise de tecidos, a obtenção de padrões apropriados é de fundamental importância. Os padrões dizem respeito à época de amostragem, posição na planta, número de folhas por talhão, etc (Martinez et al., 2004).

A análise química do material vegetal seco compreende os processos de destruição da matéria orgânica da amostra, seguida de determinação e quantificação de elementos químicos no material analisado. A destruição da matéria orgânica da amostra tem como finalidade converter os elementos químicos em formas solúveis para análise (Jones Jr. et al., 1991).

## **2.5 Interpretação dos resultados**

Durante a interpretação dos resultados da análise química de tecidos vegetais é que são identificados aqueles nutrientes que podem estar limitando o crescimento, o desenvolvimento e a produção das culturas. Esta interpretação baseia-se fundamentalmente na comparação dos resultados obtidos pela análise química com valores padrões de comparação. Os métodos mais comuns para

interpretação dos resultados da análise química consistem no uso do nível crítico e as faixas de suficiência. Mas, outras metodologias existem, como o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) e a Análise de Plantas com Escores Padronizados (PASS), que utilizam procedimentos matemáticos para derivar índices utilizados para interpretar os resultados da análise química de tecidos vegetais (Carvalho et al., 2001b).

### **2.5.1 Nível crítico**

Malavolta et al. (1997) definem o termo nível crítico fisiológico-econômico como a faixa de teores do elemento na folha abaixo da qual a colheita cai e acima da qual a adubação não é mais econômica. O nível crítico tem sido definido como a concentração com a qual a planta terá 10% de redução na sua performance máxima. Entretanto, há situações em que 10% de redução são inaceitáveis, por causa do valor da cultura em relação ao custo do fertilizante. Nesse caso, o NC pode ser definido como a concentração com a qual a planta apresentará performance muito próxima da máxima (Fontes, 2004). Para Martinez et al. (2004), a maior desvantagem deste método é justamente sua inabilidade de relacionar adequadamente a variação na concentração de nutrientes com base na matéria seca e idade da planta. Para superar essas e outras limitações, propõe-se o uso de faixas de suficiência, as quais melhoram a flexibilidade da diagnose, mas reduzem a precisão. Para o cafeeiro, o método das faixas críticas tem sido o mais empregado.

Para maioria das culturas, geralmente não existe um determinado teor de nutriente associado a uma ótima produtividade, mas sim uma determinada faixa de teores, porque o aumento de produção obtida com doses crescentes de nutrientes é sempre associada a um erro. Por isso, é conveniente recomendar níveis de adubação que mantenham as concentrações de nutrientes um pouco acima do nível crítico, numa faixa de suficiência (Bataglia et al., 1992).

Diversos procedimentos podem ser utilizados para definir o NC de um nutriente na matéria seca da planta. Geralmente, procura-se relacionar as concentrações do nutriente na matéria seca de determinado órgão e a performance da planta com doses crescentes do nutriente adicionadas ao meio, buscando-se relações matemáticas entre elas, geralmente modelos de regressão não lineares. O procedimento normalmente usado é o seguinte: ajusta-se um modelo (equação) relacionado à performance da cultura (Y) com as doses dos nutrientes adicionadas ao meio (X). A derivada primeira da equação (Y') é igualada a zero, obtendo-se a dose do nutriente que propiciaria a performance máxima. Outra relação (Z) é estabelecida entre os teores do nutriente no órgão analisado e as doses do nutriente aplicadas ao meio (X), sendo obtida uma equação. Substituindo-se, nessa equação, a variável X pelo valor que propiciou a máxima performance da cultura, obtém-se o valor ( $C_{100\%}$ ) da concentração do nutriente associada à máxima performance da cultura (Fontes, 2004).

### **2.5.2 Faixa de suficiência**

É a extensão do critério do nível crítico, o qual indica apenas o ponto ótimo de concentração de determinado nutriente na planta. Faixa de suficiência ou crítica pode ser definida como a faixa de concentração do nutriente na planta acima da qual há razoável segurança de que a cultura está adequadamente suprida do nutriente e, abaixo dela, há razoável segurança de que a cultura está tão deficiente do nutriente que a produção será negativamente influenciada (Fontes, 2004). Essa faixa de concentração corresponde de 90% a 100% (Jones Jr., 1967) ou de 95% a 100% da produção máxima (Dow e Roberts, 1982; Roberts e Dow, 1982). Quanto maior o desvio da concentração adequada na amostra analisada, no tocante à deficiência, maior será a probabilidade de resposta da cultura à aplicação do fertilizante (Fontes, 2004).

## 2.6 Nutrientes

Para executar um melhor estudo dos nutrientes na matéria seca é necessário um conhecimento individualizado dos mesmos, além de suas relações. Nessa revisão serão citadas algumas faixas críticas, estabelecidas por alguns autores, referentes a lavouras em produção.

### 2.6.1 Nitrogênio

A demanda de N pelas plantas varia com a espécie e o teor com a parte da planta analisada. Porém, para um crescimento adequado, a concentração geralmente fica dentro da faixa de 20 a 50g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca da planta. Quando o suprimento de N não é adequado, o crescimento é retardado e o N é mobilizado das folhas mais velhas para as áreas de novo crescimento. As funções do N na planta são: quando na forma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, é armazenado no vacúolo e tem importante função de equilíbrio de cargas e na absorção de cátions e ânions; faz parte da estrutura de proteínas e outros compostos orgânicos constituintes da estrutura da célula e é elemento regulatório, na forma orgânica, de reações de síntese (Kerbaudy, 2004).

No fator assimilação de nitrogênio, em sua maior parte, o amônio tem que ser incorporado em compostos orgânicos nas raízes, enquanto o nitrato é prontamente móvel no xilema e pode ser estocado nos vacúolos das raízes, parte aérea e outros órgãos de armazenagem. Porém, antes de ser assimilado, o nitrato deve ser reduzido à forma amoniacal (Kerbaudy, 2004).

O N é transportado no xilema e redistribuído, principalmente, no floema, em processos relativamente rápidos. Na planta, quase todo o N se encontra em formas orgânicas representadas em maior proporção por aminoácidos e proteínas (Malavolta et al., 1997).

A clorose uniforme é o sintoma mais evidente da deficiência aguda de nitrogênio. Entretanto, podem ocorrer sintomas, como folhas menores, restrições no crescimento das plantas, baixo teor de clorofila, senescência precoce, dentre outros (Fontes, 2004).

### 2.6.2 Fósforo

A demanda de P pelas plantas para um crescimento ótimo está na faixa de concentração de 2 a 5g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca. Por ser um nutriente móvel na planta, os sintomas de deficiência surgem nas folhas velhas. Sintomas visuais de deficiência consistem em: redução na expansão, na área e no número de folhas; coloração verde mais escura, porque a expansão da folha fica mais retardada do que a formação da clorofila e do cloroplasto; drástica redução na relação parte aérea/raízes e senescência precoce das folhas; retardamento na formação dos órgãos reprodutivos e no início da floração e diminuição no número de flores e de sementes (Kerbaudy, 2004).

No pH que comumente ocorre nos solos cultivados o P é absorvido predominantemente na forma iônica de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (Malavolta et al., 1997).

O fosfato tem várias funções na célula vegetal: elemento estrutural dos ácidos nucléicos (RNA e DNA), elemento transferidor de energia nas ligações energéticas do fosfato e pirofosfato com os açúcares, com o gliceraldeído e com as coenzimas AMP, ADP, ATP, UTP e GTP, elemento regulador, em que o Pi (iônico) armazenado no vacúolo é liberado no citoplasma e atua como regulador de diversas vias sintéticas (Kerbaudy, 2004).

A respeito das relações entre os íons, o  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , na presença do  $\text{Al}^{3+}$  sofre inibição não competitiva (Malavolta et al., 1997).



### 2.6.3 Potássio

A demanda de  $K^+$  para um crescimento ótimo está dentro da faixa de concentração de 20 a 50g.kg<sup>-1</sup> de matéria seca. Plantas deficientes em  $K^+$  têm seu crescimento retardado e a redistribuição de  $K^+$  é estimulada das folhas velhas e colmos para as folhas novas. Sintomas visuais de deficiência grave caracterizam-se por clorose e necrose das folhas e colmos mais velhos (Kerbaudy, 2004).

O K é absorvido pelas raízes na forma iônica  $K^+$ , sendo o processo essencialmente ativo. Sabe-se que o K funciona em processos osmóticos, na síntese de proteínas e na manutenção de sua estabilidade, na abertura e fechamento dos estômatos, na permeabilidade da membrana e no controle do pH. O K vacuolar parece ter um papel principalmente osmótico, o qual pode ser visto na operação das células-guardas dos estômatos. O efeito do K na atividade das enzimas (meia centena delas aproximadamente) está relacionado com a mudança na conformação das moléculas, a qual aumenta a exposição dos sítios ativos para ligação com o substrato. É possível que uma das razões para as altas exigências potássicas seja a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma, principalmente para garantir o ótimo da atividade enzimática (Malavolta et al., 1997).

Com relação aos efeitos interiônicos,  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$  na presença de  $K^+$  eles sofrem inibição competitiva. O mesmo acontece com o  $K^+$  na presença de  $Al^{3+}$ . Um aspecto interessante é a relação do  $K^+$  com o  $Ca^{2+}$ : o  $K^+$ , em condições de altas concentrações do  $Ca^{2+}$ , sofre inibição competitiva, porém, em condições de baixas concentrações de  $Ca^{2+}$ , ocorre uma relação de sinergismo desse íons - efeito viets (Malavolta et al., 1997).

#### 2.6.4 Cálcio

A demanda de  $\text{Ca}^{2+}$  pelas plantas para um crescimento ótimo está dentro da faixa de concentração de 10 a  $50\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de matéria seca, dependendo da espécie e da parte da planta. Sintomas típicos de deficiência de cálcio são os vazamentos na membrana e a desintegração das paredes celulares, resultando no colapso do tecido afetado. Além da função estrutural, atua como elemento regulatório equilibrando a relação cátions/ânions; exerce função na divisão e extensão celular e nos processos secretórios, principalmente crescimento da raiz e tubo polínico; função de segundo mensageiro no citoplasma onde, quando há sinais externos de estresse ambiental, infecção por patógeno ou injúria mecânica, os canais iônicos de  $\text{Ca}^{2+}$  são ativados, aumentando a concentração de cálcio no citoplasma. O cálcio estimula diversas enzimas e proteínas, entre elas as calmodulinas e as quinases dependentes de  $\text{Ca}^{2+}$ , acionando os processos de defesa da planta (Kerbauy, 2004). Quando há deficiência, as membranas começam a vazar, a compartimentação celular é rompida e a ligação do Ca com a pectina da parede celular é afetada (Malavolta et al., 1997).

Observa-se que plantas deficientes em cálcio são mais baixas, compactas e com pequeno número de folhas. As folhas novas desenvolvem-se pouco, sendo encarquilhadas para dentro, cloróticas na base e entre as nervuras. Com o prosseguimento da deficiência, tornam-se necróticas e caem, devido à necrose do pedúnculo. Há também queda total das flores e, conseqüentemente, não ocorre formação de frutos (Fontes, 2004).

Na produção de mudas, as quantidades de cálcio variam com a textura do substrato, sendo um componente envolvido no metabolismo de nitrogênio necessário para o crescimento dos tecidos meristemáticos e apropriado desenvolvimento das mudas (Carneiro, 1995). Para o caso do estudo em mudas de café, destacam-se perdas por lixiviação, devidos às regas constantes (Coelho, 1973).

Quanto aos efeitos interiônicos, existe a relação entre o cálcio e o potássio citada anteriormente e, além disso, o  $\text{Ca}^{2+}$  exerce um efeito antagônico sobre o  $\text{Cu}^{2+}$  e de inibição competitiva sobre o  $\text{Zn}^{2+}$  (Malavolta et al., 1997).

### 2.6.5 Magnésio

A demanda de  $\text{Mg}^{2+}$  pelas plantas para um ótimo crescimento está na faixa de concentração de 15 a  $35\text{g.kg}^{-1}$  de matéria seca. Por ser um nutriente móvel na planta, os sintomas de deficiência surgem nas folhas velhas e se caracterizam por clorose e necrose. O magnésio é absorvido pelas plantas na forma de íon bivalente. Quanto à sua mobilidade, o  $\text{Mg}^{2+}$  é bastante móvel no xilema e no floema, e o transporte e a redistribuição se dão na forma iônica (Kerbaui, 2004).

Sem dúvida, o papel mais conhecido do magnésio na vida da planta refere-se à sua presença na clorofila, em que ocupa o centro de uma estrutura planar formada por anel tetrapirrólico. Cerca de 10% do Mg total da folha estão na clorofila, de cujo peso representa 2,7%. O Mg é ativador de muitas enzimas. Quase todas as enzimas fosforilativas (incorporação ou transferência de Pi) dependem da presença do magnésio, que forma uma ponte entre o ATP ou o ADP e a molécula da enzima. A transferência de energia desses dois compostos é fundamental nos processos da fotossíntese (fases luminosa e escura), respiração (glicólise e ciclo dos ácidos tricarboxílicos), reações de síntese de compostos orgânicos (carboidratos, lipídeos, proteínas), absorção iônica e trabalho mecânico, como o aprofundamento e a expansão da raiz. A absorção do  $\text{H}_2\text{PO}_4$  é máxima na presença do  $\text{Mg}^{2+}$ . Altas concentrações de Ca, e principalmente de K no meio, podem inibir competitivamente a absorção causando às vezes a deficiência. O fenômeno é mais comum em culturas como a bananeira, o cafeeiro e o citros, muito exigentes em potássio, o que leva ao emprego de fórmulas ricas em  $\text{K}_2\text{O}$ . Na planta, a relação K/Mg varia entre 7 e

10; se o teor absoluto de Mg for relativamente baixo, os sintomas de carência magnésiana poderão aparecer se o quociente for da ordem de 15-20. Quando, no solo, o Mg representar menos de 10 % do total das bases trocáveis, as condições são mais favoráveis ao aparecimento da deficiência induzida pelo excesso de K (Malavolta et al., 1997).

Plantas deficientes em magnésio apresentam coloração verde mais clara do que a normal nas partes internervurais das folhas mais velhas, com as margens verdes e, em seguida, poderão surgir áreas amareladas e necrosadas, de coloração marrom. A persistência das margens verdes, nesse estágio, é uma característica típica dessa deficiência. As folhas tornam-se geralmente mais grossas, quebradiças e enroladas para cima (Fontes, 2004).

Além dos efeitos interiônicos citados anteriormente, existe um efeito de inibição competitiva do  $Mg^{2+}$  sobre o  $Zn^{2+}$  (Malavolta et al., 1997).

## 2.6.6 Enxofre

A demanda de enxofre pelas plantas varia entre as espécies de 1 a  $5g.kg^{-1}$  de matéria seca. O S é absorvido pelas raízes na forma de sulfato, podendo ser absorvido pelas folhas na forma de  $SO_2$  da atmosfera, sendo a primeira a fonte mais importante desta substância (Kerbaudy, 2004).

O  $SO_4^{2-}$  é transportado em muito maior proporção na direção acrópeta, da base da planta para cima; a capacidade da planta para mover o S na direção basípeta é pequena e, por isso, nos casos de carência, os sintomas aparecem em primeiro lugar nos órgãos mais novos, como a folha jovem (Malavolta et al., 1997).

As funções do S estão relacionadas com: o grupo funcional -SH (grupo sulfidrílico) em enzimas como a uréase, as sulfotransferases e a coenzima-A, diretamente envolvido em relações metabólicas; a glutatona, como poderoso redutor, desempenhando papel fundamental na desintoxicação por radicais livres

de superóxidos e de peróxido de hidrogênio; a glutationa, como precursor de fitoquelatinas, que funcionam na desintoxicação de metais pesados; outras substâncias, como poderosos redutores, contendo radicais -SH em seus grupos prostéticos: ferredoxina, biotina (vitamina H) e tiamina pirofosfato (vitamina B1); componente estrutural – ésteres de sulfolipídeos, os quais são constituintes de todas as biomembranas, abundantes nas membranas tilacóides dos cloroplastos e importantes na regulação do transporte iônico nas membranas das raízes, estando relacionados com a tolerância à salinidade (Kerbaudy, 2004). As proteínas são os compostos nos quais a maior parte do S (e do N) se incorpora (Malavolta et al., 1997). Segundo Carneiro (1995), substratos com carência de matéria orgânica freqüentemente apresentam deficiência de enxofre.

Os sintomas visuais de deficiência de S consistem em redução no crescimento da parte aérea, levando a um decréscimo na relação parte aérea/raízes de quase duas vezes, redução no tamanho das folhas e clorose acentuada, devido ao menor teor de clorofila. Para a maioria das espécies, essa clorose ocorre mais comumente nas folhas novas. Porém, pode também ocorrer nas folhas velhas, uma vez que o S é mais uniformemente distribuído nas folhas velhas e novas, e essa distribuição pode também ser afetada pelo suprimento de nitrogênio; a deficiência de S pode aparecer nas folhas novas, quando há um bom suprimento de nitrogênio, ou nas folhas velhas quando o suprimento de N é baixo. Isso indica que a remobilização e a redistribuição de enxofre das folhas velhas para as novas dependem da taxa de senescência induzida pela deficiência de N, o que também ocorre para alguns micronutrientes como o cobre e o zinco (Kerbaudy, 2004).

Com relação aos efeitos interiônicos, ocorre um efeito de inibição competitiva do  $\text{SO}_4^{2-}$  sobre o  $\text{MoO}_4^{2-}$  e do  $\text{Cl}^-$  sobre o  $\text{SO}_4^{2-}$  (Malavolta et al., 1997).



### 2.6.7 Boro

O B é absorvido pelas plantas na forma de ácido bórico não dissociado,  $H_3BO_3$ . É muito pouco móvel na planta. O transporte das raízes à parte aérea se dá de modo passivo sob forma inorgânica ou como complexos borato-açúcares, na corrente transpiratória. Admite-se, de modo geral, que é transportado somente no xilema, sendo praticamente imóvel no floema (Malavolta et al., 1997).

As funções do boro estão relacionadas com a formação e estabilização da parede celular, da interface da parede celular com a membrana plasmática e com a lignificação e diferenciação do xilema. O boro tem também uma função especial no crescimento do tubo polínico, o qual ocorre por deposição de novo material de parede celular no ponto de crescimento e não pela extensão da parede celular já existente. A exigência de boro para o processo reprodutivo (florescimento, frutificação ou produção de grãos) é bem maior do que para o crescimento vegetativo somente (Kerbaui, 2004).

O boro tem baixa mobilidade na planta, acarretando o aparecimento dos primeiros sintomas de sua deficiência nos pontos de crescimento e nas flores. A emergência e o crescimento da planta são retardados, os folíolos enrolam-se, à semelhança do enrolamento causado por vírus, os entrenós são mais curtos, os pecíolos mais fracos e as folhas ficam mais grossas. A aplicação excessiva de potássio pode também agravar a deficiência de boro (Fontes, 2004).

Com relação aos efeitos interiônicos, além dos já citados anteriormente, ocorre um efeito de inibição não competitiva do  $H_2BO_3^-$  sobre o  $Zn^{2+}$ ; também, o  $H_2BO_3$ , na presença da forma amoniacal ou na forma nítrica, sofre inibição não competitiva (Malavolta et al., 1997).

### 2.6.8 Zinco

A demanda de Zn pelas plantas está na faixa de 15 a 30mg.kg<sup>-1</sup> de matéria seca de folhas e pode ser mais alta quando ocorre alta concentração de P no tecido (Kerbaux, 2004).

De modo geral, aceita-se que a absorção radicular do Zn<sup>2+</sup> se dê ativamente, embora, nas raízes, cerca de 90% do elemento ocorram em sítios de troca ou são adsorvidos nas paredes das células do parênquima cortical (Malavolta et al., 1997).

Suas funções principais estão relacionadas com o acoplamento de enzimas aos seus substratos e formação de quelatos com diferentes compostos orgânicos, incluindo polipeptídios. Em plantas superiores, existem poucas enzimas que contêm Zn na sua estrutura molecular: desidrogenase de álcoois, dismutase de superóxidos, anidrase carbônica e polimerase de RNA. Entretanto, muitas enzimas são ativadas pelo Zn, seja pela sua função no acoplamento da enzima ao seu substrato, seja pelo efeito na conformação das moléculas (Kerbaux, 2004).

É clássica, na literatura, a “deficiência de zinco induzida pelo fósforo”: altos níveis de fósforo no meio, solo ou solução nutritiva causam diminuição na absorção do Zn, provocando sintomas de carência na parte aérea, pois o nível do micronutriente no tecido cai abaixo do necessário (Malavolta et al., 1997).

O zinco é pouco móvel nas plantas e, em caso de deficiência, há pouco movimento desse mineral das folhas velhas para as novas. As folhas do ápice assumem posição quase vertical e as margens dos folíolos voltam-se para cima, à semelhança dos sintomas do ataque de vírus do enrolamento. Geralmente, as folhas são menores, os internódios do ápice mais curtos e a planta cresce pouco. Grande concentração de matéria orgânica pode diminuir também a disponibilidade do elemento, por sua complexação com os radicais orgânicos (Fontes, 2004).

## 2.6.9 Ferro

A planta absorve o Fe na forma reduzida ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e a eficiência nesse processo de aquisição varia entre espécies e genótipos. Existem dois grupos principais de proteínas que contêm ferro na planta: as hemoproteínas e as proteínas com grupos Fe-S. As hemoproteínas incluem os citocromos que são caracterizados por um complexo hemo-Fe-porfirina como grupo prostético. Outras hemoproteínas são a citocromo-oxidase, a catalase, a peroxidase e a leg-hemoglobina (que ocorre nos nódulos das leguminosas). Portanto, o Fe está envolvido na biossíntese dos citocromos, das referidas coenzimas e da clorofila, que é derivada de uma protoporfirina. A cadeia de transporte de elétrons na fotossíntese que ocorre nas membranas tilacóides dos cloroplastos consiste em vários hemogrupos contendo Fe e de aglomerados de Fe-S (Kerbaudy, 2004).

A deficiência de ferro é, normalmente, vista em substratos com elevados valores de pH, em que a absorção é inibida e também em solos com encharcamento e excesso de matéria orgânica (Malavolta, 1986). O primeiro sintoma de deficiência de ferro é o aparecimento de clorose internevural das folhas jovens, em rápida expansão, as quais podem tornar-se uniformemente cloróticas, ou mesmo brancas, em ausência total desse nutriente (Fontes, 2004). Ainda que o ferro se desloque das folhas às raízes ou da semente à plântula, a redistribuição é muito pequena: as folhas mais velhas ficam verdes enquanto as novas amarelecem. Isto exige, nos órgãos novos, um suprimento contínuo pelo xilema ou aplicações foliares em caso de deficiência (Malavolta et al., 1997).

A concentração crítica de deficiência de Fe na matéria seca fica na faixa de 30 a 50mg.kg<sup>-1</sup>, dependendo da espécie (Kerbaudy, 2004).

A absorção do ferro é influenciada por outros cátions como K, Ca e Mg. O Cu, o Zn e o Mn podem induzir deficiência presumivelmente por inibição competitiva (Malavolta et al., 1997).



## 2.6.10 Manganês

As plantas absorvem o manganês na forma de cátion bivalente ( $Mn^{2+}$ ). Dentro da célula,  $Mn^{2+}$  forma ligações fracas com ligantes orgânicos e pode ser rapidamente oxidado para  $Mn^{3+}$ ,  $Mn^{4+}$  e  $Mn^{6+}$ . Por causa dessa relativa facilidade de mudança no estado de oxidação, o Mn apresenta importante função nos processos de oxirredução na planta, como o transporte de elétrons na fotossíntese e desintoxicação dos radicais livres de  $O_2$  ( $O_2^-$ ). A função mais importante e estudada do Mn é o seu envolvimento na fotossíntese, na evolução do  $O_2$  nos cloroplastos (reação de Hill). A enzima que atua na partição da molécula de água possui quatro átomos de Mn e transfere elétrons para o fotossistema II (Kerbaux, 2004). Tem propriedades químicas semelhantes às de metais alcalino-ferrosos, como o  $Ca^{2+}$  e o  $Mg^{2+}$ , e de metais pesados, Fe e Zn, por exemplo e, por isso, esses cátions podem inibir sua absorção e transporte. O  $Mg^{2+}$ , em particular, o faz. Por sua vez, o manganês inibe a absorção dos mencionados, principalmente a do Fe (Malavolta et al., 1997).

As folhas mais jovens de plantas com deficiência de manganês geralmente apresentam primeiro os sintomas da deficiência, que são caracterizados pela clorose internevural com nítida coloração verde das nervuras e numerosas pontuações pequenas e redondas de coloração marrom ou preta. A deficiência de manganês pode acontecer em solos de baixada, ricos em matéria orgânica e pobres em manganês, bem como em solos alcalinos ou após calagem pesada (Fontes, 2004).

A concentração crítica de deficiência de Mn está na faixa de 10 a  $15mg.kg^{-1}$  de matéria seca de folhas maduras para a maioria das espécies de plantas (Kerbaux, 2004).

### 2.6.11 Cobre

O cobre é absorvido pelas raízes na forma de  $\text{Cu}^{2+}$ , sendo de mobilidade variável no floema, dependendo da espécie. É um elemento de transição similar ao ferro, com habilidade para formação de quelatos estáveis e facilidade para o transporte de elétrons, sendo, portanto, bastante relevante nos processos fisiológicos de oxirredução. Tem função estrutural em enzimas que podem reagir diretamente com o oxigênio molecular e catalisar preferencialmente processos terminais de oxidação. Várias proteínas contendo cobre são importantes nos processos da fotossíntese, da respiração, da desintoxicação dos radicais livres de superóxidos e da lignificação (Kerbaux, 2004). Tende a acumular-se nas raízes. Sua mobilidade é restrita mas, pelo menos em parte, pode sair das folhas velhas para as mais novas. Tanto na seiva bruta (xilema) como na elaborada (floema), o Cu está na forma orgânica, aniônica, provavelmente quelatizado por aminoácidos. A mobilidade depende do teor no tecido: em plantas bem nutridas vai com facilidade até os grãos, enquanto, nas deficientes, o movimento é mais difícil. No processo de absorção ativa há competição entre Cu e Zn pelos mesmos sítios do carregador (Malavolta et al., 1997).

O cobre desempenha importante papel no desenvolvimento de mudas, como ativador enzimático. Em substratos muito arenosos, com pouca matéria orgânica, o cobre torna-se menos disponível à medida em que se eleva o pH (South & Davey, 1983).

O limite crítico de deficiência de Cu está na faixa de concentração de 1 a  $35\text{mg.kg}^{-1}$ , dependendo da espécie, da parte da planta, da idade da planta e de fatores ambientais, como o suprimento de N e o estresse pela seca (Kerbaux, 2004).

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Área experimental**

O presente trabalho foi conduzido no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no viveiro de mudas do Centro de Ensino, Pesquisa e Extensão do Agronegócio Café (CEPECAFÉ) no período de maio de 2003 a janeiro de 2004. O município de Lavras está localizado no sul do estado de Minas Gerais, a uma altitude média de 910 metros, latitude 21°14'06" S e longitude de 45°W. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é classificado como Cwa, temperado úmido. A temperatura média do mês mais quente é de 22,1°C, a do mês mais frio é de 15,8°C e a média anual é de 19,4°C. A precipitação anual média é de 1.529,7 mm e a umidade relativa média anual é de 76,2% (Brasil, 1992).

### **3.2 Delineamento experimental**

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial simples 6 x 3 com quatro repetições ou blocos, no qual trabalhou-se com seis níveis de adubação do substrato, efetuando-se as avaliações em três estádios de desenvolvimento (épocas de amostragem). O experimento foi montado com 936 mudas, sendo 13 por parcela, das quais 5 foram consideradas úteis para avaliação.

### 3.3 Recipiente

Os recipientes utilizados foram tubetes de polietileno com capacidade de 120mL em formato cônico, contendo cinco estrias internas, 3,7cm de diâmetro interno da abertura superior, 0,8cm de diâmetro interno da abertura inferior e 14cm de altura

### 3.4 Substrato

Foi utilizado o substrato padrão para a produção de mudas de café em tubetes (Plantmax hortaliças – HT) composto por casca de pinus processada e enriquecida, vermiculita e turfa processada e enriquecida.

### 3.5 Adubação

Para a fertilização dos substratos foi utilizado o fertilizante de liberação lenta Osmocote na formulação 15-10-10 em NPK mais 3,5% de Ca, 1,5% de Mg, 3,0% de S, 0,02% de B, 0,05% de Cu, 0,5% de Fé, 0,1% de Mn, 0,004% de Mo e 0,05% de Zn. Foi utilizada, como padrão (100%), a dose de 8,2kg/m<sup>3</sup> de substrato (Melo, 1999) e mais cinco níveis a partir deste:

Nível 1 – 50% da dose padrão (4,10kg de osmocote por m<sup>3</sup> de substrato = 225g de Osmocote por 55 L\* de substrato);

Nível 2 – 75% da dose padrão (6,15kg de osmocote por m<sup>3</sup> de substrato = 338g de Osmocote por 55 L\* de substrato);

Nível 3 – 100% da dose padrão (8,20kg de osmocote por m<sup>3</sup> de substrato = 451g de Osmocote por 55 L\* de substrato);

Nível 4 – 125% da dose padrão (10,25kg de osmocote por m<sup>3</sup> de substrato = 563g de Osmocote por 55 L\* de substrato);

Nível 5 – 150% da dose padrão (12,30kg de osmocote por m<sup>3</sup> de substrato = 676g de Osmocote por 55 L\* de substrato);

Nível 6 – 200% da dose padrão (16,40kg de osmocote por m<sup>3</sup> de substrato = 902g de Osmocote por 55 L\* de substrato).

\* volume referente a um saco de Plantmax HT.

### **3.6 Cultivar**

A cultivar utilizada para esse experimento foi a ‘Acaiá Cerrado MG – 1474’. As sementes foram colhidas, no estádio de cereja de forma seletiva, no campo de produção de sementes do Setor de Cafeicultura da UFLA. Os frutos foram despolidos em despolidor manual, degomados e secos à sombra. Após a secagem, as sementes foram tratadas com Pencycuron, na dosagem de 3 gramas por quilograma de semente e colocadas em leito de areia para germinarem. Foi colocada, sobre o leito de areia, uma tela plástica sombrite para diminuir variações na umidade e este foi regado duas vezes ao dia. Após o início da emergência das plântulas, o sombrite foi retirado e, ao atingirem o estádio de palito de fósforo, as mesmas foram transplantadas para os tubetes.

### **3.7 Viveiro**

Os tubetes foram colocados em uma bancada suspensa a um metro de altura do solo, confeccionada em arame ondulado com aberturas quadradas de 1 ½ , arame de 3,5mm de diâmetro e com 1,2 m de largura.

A cobertura foi feita utilizando-se sombrite de cor preta com passagem de 50% da luz, colocada a dois metros de altura em relação ao solo. As irrigações foram feitas duas vezes ao dia, utilizando-se um sistema de irrigação por microaspersão.

O controle de doenças foi feito de maneira preventiva, em que as plântulas (estádio de palito de fósforo), no ato do transplântio, tiveram suas raízes emergidas em uma solução de Benomyl. O controle de pragas (ácaro vermelho e bicho mineiro) foi feito após o aparecimento dos respectivos sinais, utilizando-se os inseticidas Ethion, Thiametoxan e Abamectin.

### **3.8 Características avaliadas**

O experimento foi avaliado por parcela, no qual a partir de um monitoramento, de acordo com a cronologia das épocas (3°, 4° e 5° pares de folhas), as mudas eram avaliadas quando pelo menos 80% das mesmas atingissem o estágio pré definido, ou seja, na avaliação da época 1 (3° par), as mudas estavam com três pares de folhas verdadeiras, emitindo o quarto par (Guimarães & Mendes, 1998).

Foram retiradas cinco mudas por parcela e, posteriormente, executara-se as medidas de altura de plantas, diâmetro de caule e área foliar. As partes de interesse, folhas, caule e raiz foram separadas e, logo após, lavadas em água corrente. As folhas, após a medida da área foliar, foram lavadas com auxílio de algodão embebido em água deionizada para a determinação dos teores dos nutrientes. Todas as partes foram acondicionadas em sacos de papel etiquetados conforme sua respectiva parcela e mantidas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C até peso constante.

- Altura das mudas – medida do colo até o meristema apical do ramo ortotrópico, com régua milimetrada, obtendo-se a média por muda em centímetros.
- Diâmetro do caule – medido na região do colo, com paquímetro, obtendo-se o valor médio em milímetros por muda.

- Área foliar – valor médio, em cm<sup>2</sup> por planta, estimado a partir da metodologia proposta por Huerta (1962) e Barros et al. (1973), confirmada por Gomide et al. (1977), que consiste em medir o maior comprimento e a maior largura de uma das folhas de cada par, desde que essa não possua comprimento inferior a 2,5cm. O valor obtido em cada folha de cada muda foi multiplicado pela constante 0,667, somados e multiplicados por dois para obter a área foliar de cada muda.
- Massa seca de caule, folhas, parte aérea e do sistema radicular – após secagem dessas partes em estufa, obteve-se o valor médio, em gramas por muda.

### **3.9 Teores médios de macro e micronutrientes na folha**

Após a determinação da massa seca, as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley para a determinação dos teores em dag/kg de N, P, K, Ca, Mg e S e em mg/kg de B, Cu, Fe, Mn, e Zn.

As determinações analíticas foram feitas conforme Malavolta et al. (1997): o nitrogênio, pelo método semimicro-Kjeldahl; fósforo e boro pelo método colorimétrico; enxofre por turbidimetria; potássio por fotometria de chama e emissão e cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco, pelo método de espectrofotometria de absorção atômica.

### **3.10 Determinação dos níveis ideais de adubação e as faixas críticas dos teores foliares de macro e micronutrientes**

Para a determinação das faixas críticas foi preciso encontrar modelos matemáticos que adequassem os níveis de adubação à performance das plantas. Para isso, onde houve efeito significativo para o fator níveis de adubação e para a interação dos fatores época e níveis de adubação, foram feitas análises de regressão para cada característica avaliada dentro de cada época de amostragem.

Além disso, o mesmo foi feito para os teores foliares de macro e micronutrientes interpolados com os níveis de adubação.

A partir daí, efetuou-se a derivação das equações de regressão, estabelecidas para cada característica dentro de cada época de amostragem, encontrando-se o ponto de máxima performance. Em seguida, foram encontrados os valores de 90% da máxima performance. Utilizando-se a fórmula resolutive de Bhaskara, foram identificadas as faixas dos níveis de adubação do substrato que proporcionaram acima de 90% da performance máxima das mudas. Graficamente, e a partir das equações de regressão, é possível encontrar níveis de adubação fora do intervalo estudado (50% a 200% da dose padrão), porém, apesar da validade matemática dos cálculos, as faixas críticas só podem ser fixadas dentro do intervalo de níveis estudados. Por isso, onde os níveis de adubação superiores calculados pela fórmula resolutive de Bhaskara foram maiores que 200%, optou-se por utilizar esse limite como padrão superior. Esses níveis de adubação foram substituídos nas equações de regressão dos teores foliares dos nutrientes em cada época de amostragem, para que, finalmente, as faixas críticas de nutrientes fossem estabelecidas.

### **3.11 Análise estatística**

Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo programa computacional SISVAR, desenvolvido por Ferreira (2000), realizando-se a análise de variância dos dados a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F. Quando diferenças significativas foram detectadas em fator quantitativo, efetuou-se um estudo de regressão, conforme metodologia recomendada por Banzatto & Kronka (1995).



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação das características de crescimento das mudas

Na Tabela 1 é apresentado o resumo da análise de variância para as características estudadas neste trabalho: altura (cm), diâmetro de caule (mm), massa seca de caule (MSC) (g), massa seca de folhas (MSF) (g), massa seca de parte aérea (MSPA) (g), massa seca de raiz (MSR) (g), massa seca total (MST) (g), MSPA/MSR, MSR/MSPA e área foliar (cm<sup>2</sup>).

Observaram-se efeitos significativos, a 1% de probabilidade, pelo teste F, para os fatores dose, época e a interação dose x época, quando analisadas as características altura, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz, relação massa seca de raiz/massa seca de parte aérea e área foliar. Já para as características massa seca de caule, massa seca de folhas e relação massa seca de parte aérea/massa seca de raiz, houve efeito significativo, a 1% de probabilidade, para os fatores dose e época e, a 5% de probabilidade, pelo teste F, para a interação dos fatores dose x época. Para a característica diâmetro de caule foi detectado efeito significativo a 1% de probabilidade para o fator época e, para a característica massa seca total, foi detectado efeito significativo para os fatores dose e época, a 1% de probabilidade.

Onde a interação entre os fatores dose x época foi significativa, evidenciou-se que existe dependência entre os fatores, isto é, os efeitos das doses de fertilizantes dependem da época de amostragem. Para uma mesma dose, pode haver pelo menos uma diferença de desenvolvimento das mudas nas épocas estudadas. Para a execução deste trabalho, no caso da determinação das faixas críticas de macro e micronutrientes, consideraram-se as características que apresentaram efeito significativo no fator dose e ou na interação dos fatores dose x época. Com isso, foi possível efetuar os desdobramentos e traçar os gráficos.

TABELA 1 - Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais para altura, diâmetro, massa seca de caule, massa seca de folhas, massa seca de parte aérea, massa seca de sistema radicular, massa seca total, MSPA/MSR, MSR/MSPA e área foliar na produção de mudas de cateieiro em tubetes em diferentes níveis de adubação do substrato e épocas de amostragem. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de G.L.		Quadrados médios									
Variação		Altura (cm)	Diâmetro (mm)	MSC (g)	MSF (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	MPA/ MSR	MSR/ MSPA	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
Dose (D)	5	4,2196**	0,0163	0,0494**	1,7007**	2,2965**	0,3104**	0,9279**	5,0860**	0,0501**	4601,9336**
Época (E)	2	495,2968**	5,5800**	12,8504**	43,7649**	103,8410**	11,7067**	185,1929**	0,7127**	0,0098**	71848,0482**
D x E	10	1,9670**	0,0283	0,0298*	0,1592*	0,3072**	0,1027**	0,1889	0,1380*	0,0024**	323,6263**
Blocos	3	2,8196**	0,0422	0,0610**	0,2910**	0,5950**	0,0237**	0,8484*	0,0825	0,0002	316,0030*
Erro	51	0,3843	0,0211	0,0128	0,0611	0,1026	0,0221	0,1684	0,0677	0,0006	121,8077
C.V (%)		3,97	4,95	9,25	7,63	7,18	11,07	7,07	7,5	8,31	7,27
Média geral		15,63	2,94	1,22	3,24	4,46	1,34	5,80	3,47	0,30	151,76

\*\* significativo, a 1%, pelo teste F  
\* significativo, a 5%, pelo teste F

Na Tabela 2 é apresentado o resumo das análises de variância dos desdobramentos das doses de adubação dentro de cada época de amostragem para as características estudadas que apresentaram efeito significativo para o fator dose e ou para a interação dos fatores dose x época.

De acordo com o resumo apresentado, na época 1 (3 pares de folhas) houve efeito significativo dos níveis de adubação a 5% pelo teste F, para a característica massa seca de folhas e a 1% para as características relação massa seca de parte aérea/massa seca de raiz, relação massa seca de raiz/massa seca de parte aérea e área foliar e, na época 2 (4 pares de folhas), houve efeito significativo a 1%, pelo teste F, para as características altura, massa seca de folhas, massa seca de parte aérea, relação MSPA/MSR, relação MSR/MSPA e área foliar, e a 5%, pelo teste F, para a característica massa seca de raiz e massa seca total. Já na época 3 (5 pares de folhas) houve efeito significativo para todas as características estudadas, com exceção da característica massa seca de raiz, que não apresentou efeito significativo.

A seguir, todas as significâncias serão estudadas e discutidas individualmente.

TABELA 2 - Resumo das análises de variância do desdobramento de níveis de adubação do substrato dentro de cada época de amostragem, na produção de mudas de cafeeiro em tubete. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	G.L.	Quadrados médios									
		Épocas	Altura (cm)	MSC (g)	MSF (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	PA/R	R/PA	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
Dose	5	1	0,3932	0,0014	0,1776*	0,1713	0,1927	0,1056	1,4760**	0,0102**	532,5005**
Dose	5	2	2,7880**	0,0242	0,4962**	0,6619**	0,0730*	0,4228*	1,4924**	0,0133**	1837,8888**
Dose	5	3	4,9724**	0,0833**	1,3453**	2,0778**	0,4235	0,7773**	2,3934**	0,0314**	2878,7970**
Resíduo	51		0,3843	0,0128	0,0611	0,1026	0,0220	0,1684	0,0677	0,0006	121,8077

\* significativo, a 5% ,pelo teste F

\*\* significativo, a 1% ,pelo teste F

### 4.1.1 Altura

Observa-se, pelo gráfico da Figura 1, que os efeitos dos níveis de adubação para a característica altura foram significativos a partir do estágio de 4 pares de folhas (época 2) com ajuste quadrático.

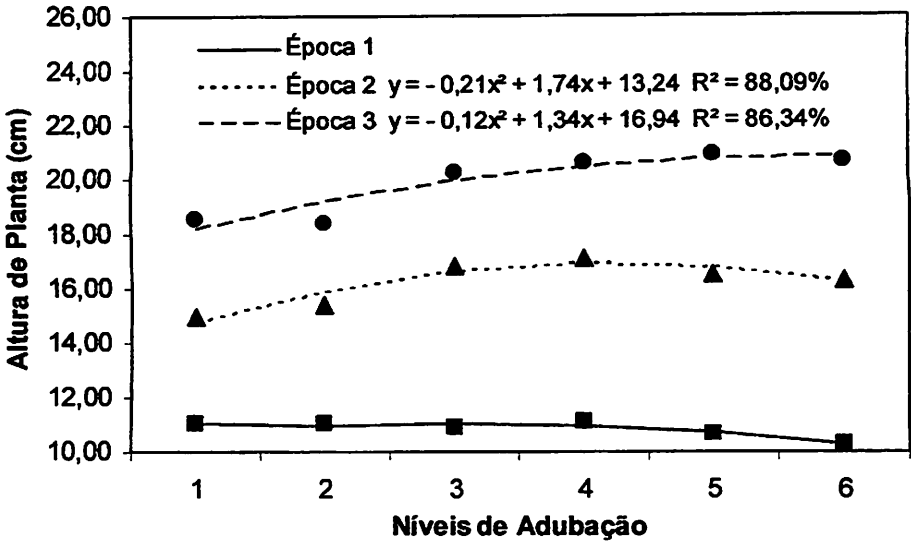


FIGURA 1 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação de altura de mudas de café, produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Nesse estágio de 4 pares de folhas observou-se que o nível de adubação de 129,55% (4,14) da dose padrão proporcionou a maior altura das mudas (16,84cm). Já para o estágio de 5 pares de folhas observou-se que o nível de adubação de 186,00% (5,84) da dose padrão proporcionou a maior altura (20,68cm).

Observa-se que, no estágio de 3 pares de folhas (época 1), não houve efeito significativo dos níveis de adubação. Esse fato pode estar relacionado com o nível de liberação dos nutrientes do Osmocote nessa época, o qual não foi suficiente, talvez, pela falta de uma condição climática (temperatura, umidade, etc.) ideal para a desintegração da resina que recobre o grânulo do fertilizante. Um outro aspecto é que o estágio utilizado para o transplante foi o de palito de fósforo e, nessa situação, a plântula ainda utiliza as reservas da própria semente, principalmente no início do desenvolvimento. Com isso proporcionou respostas desuniformes entre os tratamentos, já que as reservas contidas em cada semente são diferentes. Isso ocorreu para a maioria das características avaliadas.

#### **4.1.2 Massa seca de caule (MSC)**

De acordo com o gráfico da Figura 2, observou-se que não houve efeito significativo dos níveis de adubação em relação aos estágios de 3 e 4 pares de folhas, obtendo-se significância apenas para o estágio de 5 pares de folhas, apresentando ajuste quadrático.

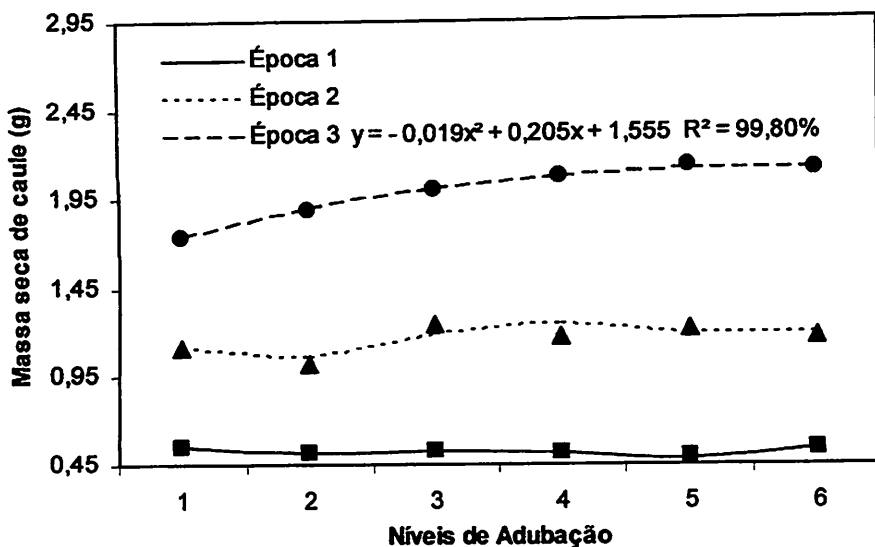


FIGURA 2 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação de massa seca de caule de mudas de cafeeiro produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O nível de adubação de 171,50% (5,72) da dose padrão proporcionou a maior média de MSC no estágio de 5 pares de folhas (2,11 g).

#### 4.1.3 Massa seca de folhas (MSF)

Observa-se, pelo gráfico da Figura 3, que a produção de massa seca de folhas apresentou ajuste quadrático para as doses de adubação em função dos estádios de 4 e 5 pares de folhas. Já para o estágio de 3 pares de folhas, o efeito foi significativo, porém, com ajuste linear positivo.

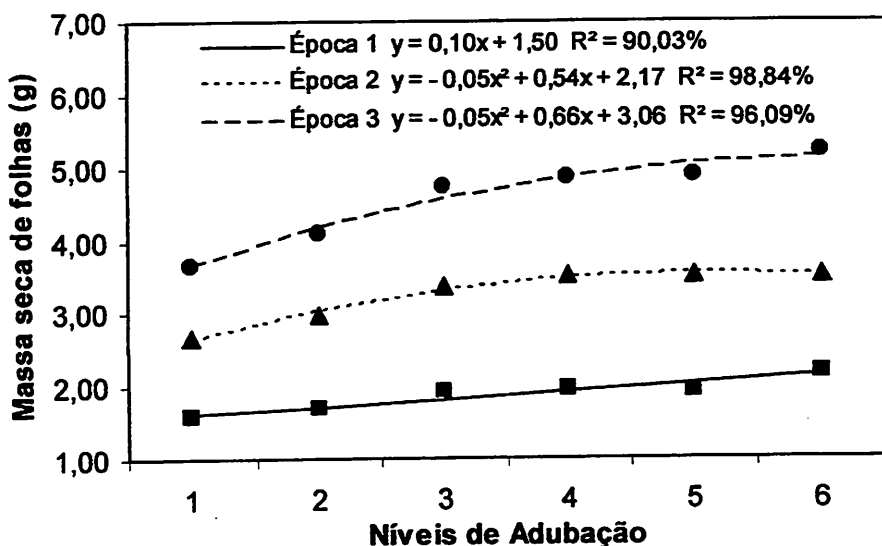


FIGURA 3 - Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da massa seca de folhas de mudas de café produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

No estágio de 4 pares de folhas (época 2), o nível de 171,82% (5,73) da dose padrão proporcionou a maior média de massa seca de folhas (3,63g) e, no estágio de 5 pares de folhas (época 3), o nível de 200% (6,00) da dose padrão proporcionou a maior média (5,24g).

#### 4.1.4 Massa seca de parte aérea (MSPA)

Pelo gráfico da Figura 4, nota-se que a MSPA obteve ajuste quadrático para as doses de adubação em função dos estádios de 4 e 5 pares de folhas não havendo efeitos significativos dos níveis de adubação em relação ao estágio de 3 pares de folhas.



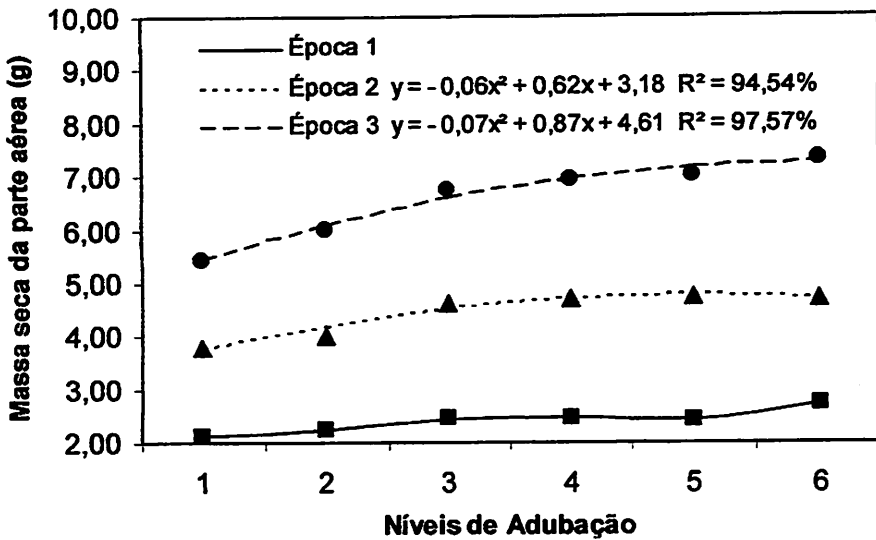


FIGURA 4 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da massa seca de parte aérea de mudas de café produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O nível de adubação de 164,5% (5,48) da dose padrão proporcionou a maior média de MSPA no estádio de 4 pares de folhas (4,78g). Já, para o estádio de 5 pares de folhas, o nível de 200% (6,00) da dose padrão proporcionou a maior média de MSPA (7,31g).

#### 4.1.5 Massa seca de raiz (MSR)

Observa-se, pelo gráfico da Figura 5 que houve efeito significativo dos níveis de adubação a partir do estádio de 4 pares de folhas, porém, devido aos ajustes das curvas, não foi possível definir os pontos de máximos e, conseqüentemente, os valores das doses de adubação para a determinação das faixas críticas.

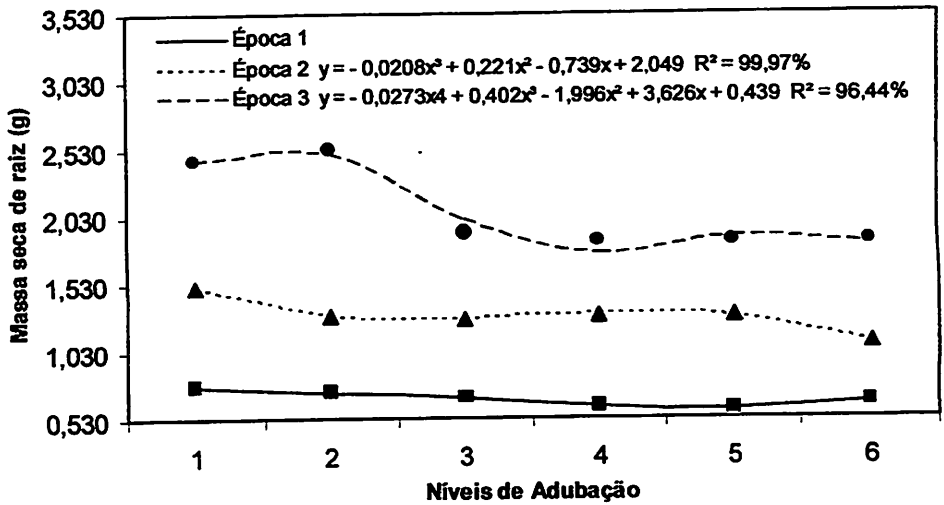


FIGURA 5 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da massa seca de raiz de mudas de café produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Existe uma dificuldade na utilização dessa característica, pois as raízes de mudas produzidas em tubetes sofrem oxidação proveniente do contato com o meio externo; tendo, assim, o seu desenvolvimento limitado, fazendo com que não sejam observados efeitos significativos de doses crescentes de adubação do substrato.

#### 4.1.6 Massa seca total (MST)

Observa-se, pelo gráfico da Figura 6, que houve efeito significativo dos níveis de adubação a partir do estágio de quatro pares de folhas, porém, devido aos ajustes lineares das equações, não foi possível definir os pontos de máximos e, conseqüentemente, os valores das doses de adubação para a determinação das faixas críticas.

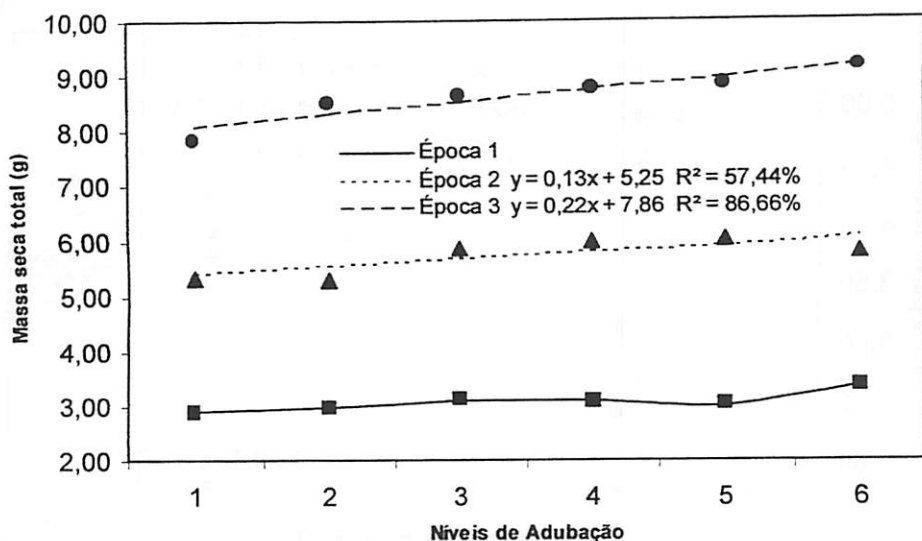


FIGURA 6 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da massa seca total de mudas de café produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

#### 4.1.7 Relação MSPA/MSR

De acordo com o gráfico da Figura 7, observa-se que houve efeito significativo dos níveis de adubação em função dos estádios de 3, 4 e 5 pares de folhas. Obteve-se ajuste quadrático para os estádios de 3 e 5 pares de folhas e cúbico para o estádio de 4 pares de folhas.

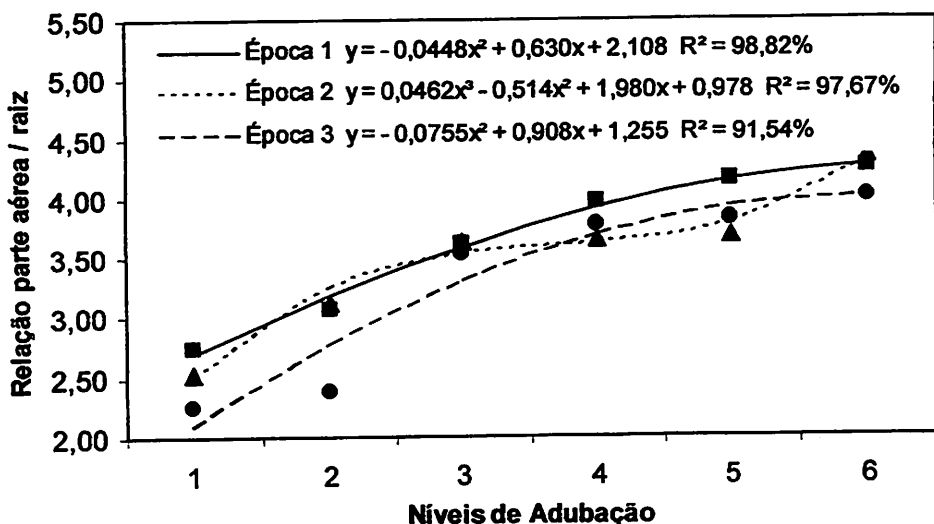


FIGURA 7 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da relação MSPA/MSR de mudas de cafeeiro produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O nível de 200% (6,00) da dose padrão proporcionou as maiores médias de MSPA/MSR (4,32 e 3,98) nos estádios de 3 e 5 pares de folhas, respectivamente. Maiores valores dessa relação não são sinônimos de boa qualidade ou bom status das mudas, já que, no campo, mudas com excesso de parte aérea em detrimento do sistema radicular não têm bom desenvolvimento. Esse maior valor obtido deve estar relacionado à limitação do crescimento do sistema radicular devido ao processo de oxidação citado anteriormente.

Para o objetivo deste estudo não é interessante o ajuste obtido no estádio de 4 pares de folhas, justamente pela indefinição do ponto de máximo, o que dificultaria a obtenção dos níveis críticos dos nutrientes.

#### 4.1.8 Relação MSR/MSPA

Nota-se pelo gráfico da Figura 8, que houve efeitos significativos dos níveis de adubação em função dos três estádios de desenvolvimento. No estágio de 3 pares de folhas, o ajuste foi quadrático, e, pelo fato da concavidade da curva ter sido para cima, tem-se o valor mínimo com relação a essa característica (0,237) que corresponde a 200% da dose padrão.

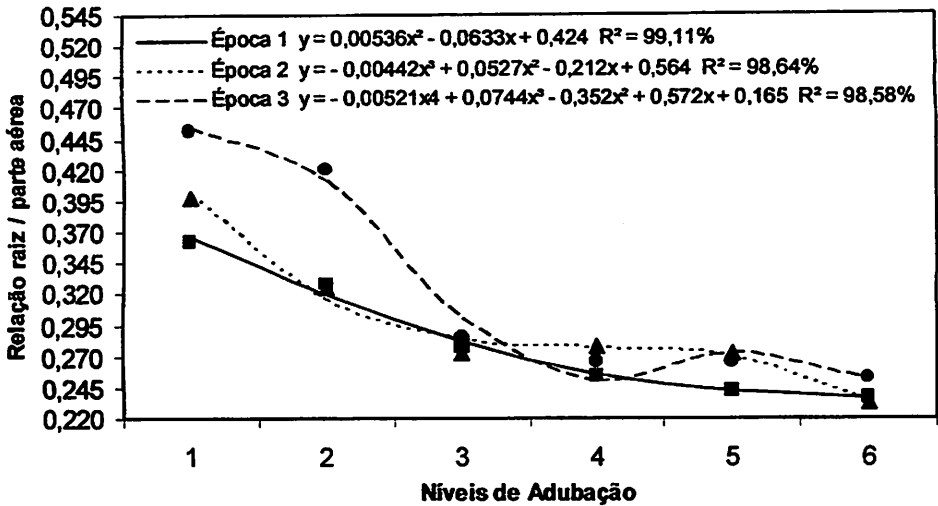


FIGURA 8 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da relação MSR/MSPA de mudas de café produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Um outro aspecto nesse estágio de 3 pares de folhas é que o valor de delta (fórmula resolvente de Bhaskara) encontrado é muito próximo de zero e negativo, fazendo com que não sejam encontrados os limites superior e inferior das doses de adubação para a determinação dos níveis críticos.

No caso dos estádios de 4 e 5 pares de folhas, mesmo sendo significativos, os ajustes obtidos, cúbico e polinomial, não são interessantes para esse estudo.

#### **4.1.9 Área foliar**

Para a característica área foliar, observa-se, pelo gráfico da Figura 9, que houve efeito significativo no desenvolvimento das mudas nas diferentes doses de adubação do substrato, a partir do estágio de 3 pares de folhas (época 1) com ajuste linear positivo, logo após, no estágio de 4 pares de folhas (época 2) com ajuste quadrático e, no estágio de 5 pares de folhas (época 3) com ajuste linear positivo.

Quando as mudas apresentavam 4 pares de folhas (época 2), observou-se que o nível de 200% (6,00) da dose padrão proporcionou a maior média de área foliar ( $176,18\text{cm}^2$ ).

A partir da análise das características de desenvolvimento das mudas, considerando-se a época 2 (4 pares de folhas) como a época padrão para o plantio no campo e encontrando-se a média dos níveis de adubação referentes aos pontos de máximo crescimento das características, onde a época 2 foi significativa, a dose ideal de Osmocote foi de 159,26% da dose padrão ou 13,06kg de Osmocote por  $\text{m}^3$  de substrato.

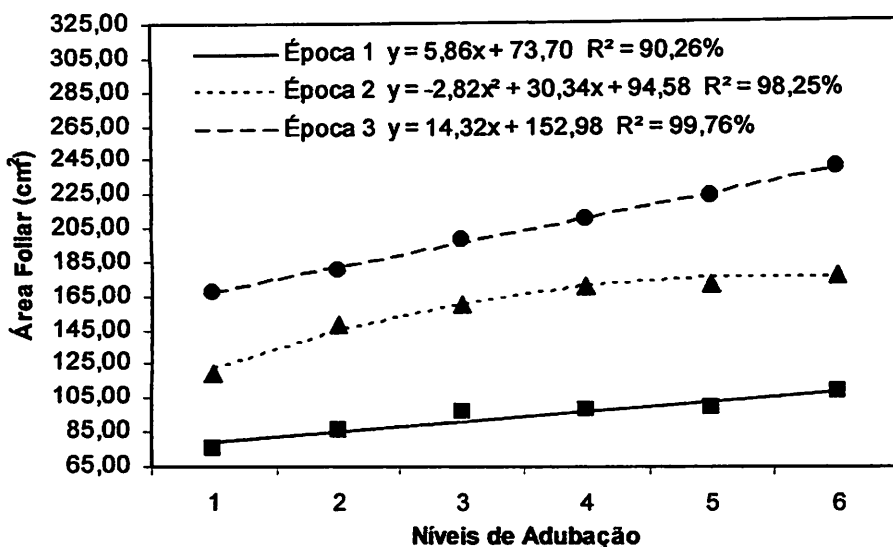


FIGURA 9 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação da área foliar de mudas de cafeeiro produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Quanto às épocas de amostragem, de acordo com o que foi observado, o estágio de 3 pares de folhas verdadeiras não pode ser utilizado. As épocas passíveis de serem amostradas são as de 4 e 5 pares de folhas. Com isso, pelo fato de ser mais interessante a antecipação da coleta, o estágio de 4 pares de folhas verdadeiras é o ideal.

Após a obtenção das equações de regressão de cada característica avaliada, foram encontrados os pontos de máximo crescimento a partir da derivação das equações. De posse dos valores máximos, calcularam-se os 90% e, então, igualando-se as equações das características aos mesmos, encontraram-se os níveis de adubação correspondentes a 90% do máximo. Os dados da Tabela 3 ilustram todos esses valores.

**TABELA 3 - Pontos de máximo, valores correspondentes a 90% do máximo e níveis de adubação ideais, na produção de mudas de cafeeiro em tubete avaliadas em três épocas de amostragem. UFLA, Lavras, MG, 2005.**

Características	Épocas de amostragem	Ponto de máximo	Nível de adubação*	90% do máximo	Nível de adubação correspondente a 90% do máximo	
					Inferior	Superior
Altura (cm)	1	-	-	-	-	-
	2	16,84	4,14 (129,55%)	15,16	1,31 (54,58%)	6,98 (232,67%)
	3	20,68	5,84 (186,00%)	18,61	1,43 (59,58%)	9,73 (324,33%)
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	1	-	-	-	-	-
	2	176,18	5,70 (171,18%)	158,56	2,88 (96,0%)	7,88 (262,67%)
	3	-	-	-	-	-
Massa seca de folhas (g)	1	-	-	-	-	-
	2	3,628	5,73 (171,82%)	3,26	2,71 (90,33%)	8,09 (269,67%)
	3	5,24	6,00 (200,00%)	4,72	3,63 (113,44%)	9,84 (328,0%)
Massa seca de parte aérea (g)	1	-	-	-	-	-
	2	4,78	5,48 (164,50%)	4,30	2,34 (81,90%)	7,99 (266,33%)
	3	7,31	6,00 (200,00%)	6,58	2,98 (99,33%)	9,45 (315,00%)
Massa seca de caule (g)	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-
	3	2,11	5,72 (171,50%)	1,90	2,08 (78,00%)	8,71 (290,33%)
Relação MSPA/MSR	1	4,32	6,00 (200,00%)	3,89	3,92 (122,50%)	10,14 (338,00%)
	2	-	-	-	-	-
	3	3,98	6,00 (200,00%)	3,58	3,70 (115,62%)	8,32 (277,33%)

\* nível de adubação referente ao ponto de máximo.



## 4.2 Avaliação dos teores foliares de macro e micronutrientes

Com o resultado das análises foliares foram feitas as análises estatísticas, relacionando-se os teores dos nutrientes aos níveis de adubação do substrato, nas diferentes épocas de amostragem.

Verificou-se que houve efeito significativo da interação entre os fatores níveis de adubação e épocas de amostragem para quase todos os nutrientes, ou seja, existe dependência entre os fatores, mostrando que os efeitos dos níveis de adubação dependem da época de amostragem. Portanto, a resposta dos níveis de adubação é diferenciada para cada época de amostragem. Somente para o nitrogênio não houve efeito da interação, tendo efeito significativo, no entanto, para o fator níveis de adubação, mostrando que existe pelo menos uma diferença nos valores dos teores de nutrientes quando alteram-se os níveis de adubação.

Houve efeito significativo do fator época em quase todos os nutrientes avaliados, ou seja, existe pelo menos uma diferença dos teores foliares dos nutrientes quando se altera o estágio de desenvolvimento. Somente para o zinco não houve efeito significativo desse fator (Tabela 4).

TABELA 4 - Resumo das análises de variância, coeficientes de variação e médias gerais dos teores de macro e micronutrientes em mudas de caféiro produzidas em tubete nos diferentes níveis de adubação do substrato nas três épocas de amostragem. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de		Quadrados médios										
Variação	G.L.	Níveis de adubação										
		Nitrogênio (dag/kg)	Fósforo (dag/kg)	Potássio (dag/kg)	Calcio (dag/kg)	Magnésio (dag/kg)	Enxofre (dag/kg)	Boro (mg/kg)	Zinco (mg/kg)	Ferro (mg/kg)	Mangansês (mg/kg)	Cobre (mg/kg)
Dose (D)	5	1,3868**	0,008860**	0,007941	0,005442	0,000106**	0,005667**	90,0002**	22,1125**	509,3520*	19539,0664**	2,7164*
Época (E)	2	3,9972**	0,007925**	1,9386**	0,4010**	0,01325**	0,000710**	1334,3553**	12,1783	7508,6668**	12270,3467**	3,9117*
D x E	10	0,1536	0,001681**	0,07102**	0,009554**	0,000122**	0,001057**	74,7093**	11,2849**	1215,1804**	2263,3162**	2,5975**
Blocos	3	0,3706*	0,0005760*	0,02249	0,005505	0,000064	0,000232	9,9546	0,9090	137,2831	134,1092	0,4173
Erro	51	0,1174	0,001660	0,02645	0,00269	0,000029	0,000142	22,2025	4,1108	177,3138	798,6320	0,9246
C.V (%)		14,22	5,11	6,41	7,63	5,05	6,44	10,67	15,23	10,84	11,80	48,33
Média Geral		2,41	0,25	2,54	0,68	0,10	0,18	44,17	13,31	122,90	239,42	1,99

\*\* significativo, a 1%, pelo teste F  
\* significativo, a 5%, pelo teste F

TABELA 5 - Resumo das análises de variância do desdobramento de níveis de adubação do substrato dentro de cada época de amostragem para os teores de macro e micronutrientes, na produção de mudas de cafeeiro em tubete. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados médios											
		Épocas	Nitrogênio (dag/kg)	Fósforo (dag/Kg)	Potássio (dag/Kg)	Cálcio (dag/Kg)	Magnésio (dag/Kg)	Enxofre (dag/Kg)	Boro (mg/Kg)	Zinco (mg/Kg)	Ferro (mg/Kg)	Manganês (mg/Kg)	Cobre (mg/Kg)
Dose	2	1	0,9016**	0,000719**	0,015	0,005705	0,000110**	0,002339**	27,2297	10,4882*	2309,1212**	7667,4604**	1,5398
Dose	2	2	0,2854*	0,002494**	0,07758*	0,009432**	0,000169**	0,004752**	114,1596**	17,2345**	106,8014	13708,9349**	5,2143**
Dose	2	3	0,4709**	0,001036**	0,05739	0,009414**	0,000077*	0,000691**	98,0295**	16,9597**	523,7902*	2689,3036**	1,1574
Erro	51		0,1174	0,000166	0,02646	0,002691	0,000029	0,000142	22,2025	4,1109	177,3138	798,6320	0,9246

\*\* significativo, a 1%, pelo teste F

• Significativo, a 5% ,pelo teste F

### **4.3 Determinação das faixas críticas de macro e micronutrientes na matéria seca das folhas, correspondente a 90% do crescimento máximo em cada característica de desenvolvimento analisada**

Após a obtenção dos valores correspondentes a 90% do crescimento máximo e os respectivos níveis de adubação do substrato, procurou-se a correspondência dos mesmos nas equações de regressão dos teores dos nutrientes, efetuando-se as devidas substituições e, finalmente, determinando-se as faixas críticas. Observa-se, pelos dados da Tabela 3, que em todas as características utilizadas para a obtenção das faixas críticas, as doses referentes aos níveis superiores, encontrados matematicamente, ultrapassaram o limite de estudo, por isso fixou-se a dose de 200% (6,00) como o nível superior. O nível inferior escolhido foi o da característica massa seca de parte aérea: 99,33% (2,98). Com isso, para a determinação das faixas críticas substituíram-se os mesmos níveis de adubação em todas as equações de regressão dos nutrientes.

A seguir, serão apresentados os gráficos, equações de regressão, coeficientes de determinação e as faixas críticas de macro e micronutrientes.

#### **4.3.1 Nitrogênio**

Encontrou-se efeito significativo dos níveis de adubação em relação aos teores de nitrogênio na matéria seca de folhas em todos os estádios de desenvolvimento (Figura 10).

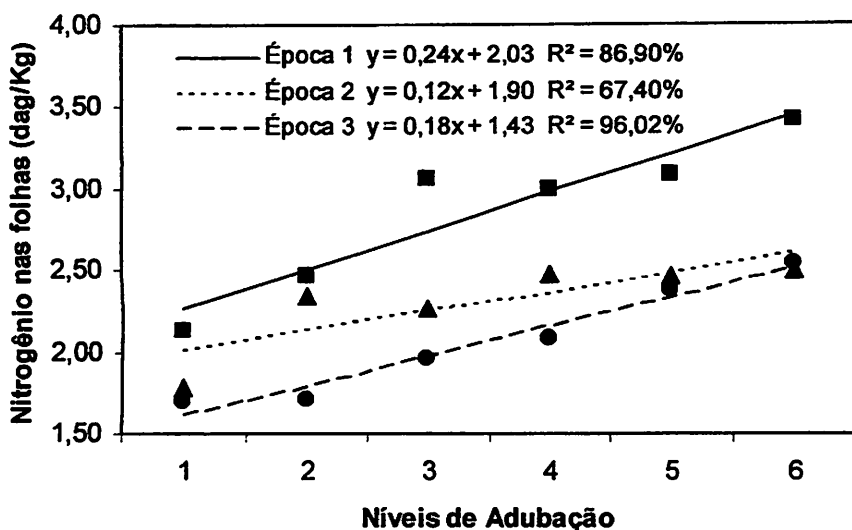


FIGURA 10 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de nitrogênio (dag/Kg) em folhas de mudas de cafeeiro produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Após a correspondência dos níveis de adubação fixados anteriormente obteve-se a faixa crítica entre 2,26 e 2,62dag/kg. Pozza et al., (2001) trabalhando com a dose de 10 Kg de Osmocote (15-10-10) por m<sup>3</sup> de substrato comercial para mudas de café em tubete obteve teor médio de 3,52dag/kg. Campos (2002), trabalhando com a dose padrão de Osmocote em substrato comercial para mudas de café em tubete, obtiveram teor médio de 2,88dag/kg. Guimarães (1994) e Gontijo (2004), estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas obtiveram os seguintes teores médios, respectivamente: 3,99 e 2,63dag/kg. Com teor médio semelhante ao dos trabalhos citados e ao trabalho em estudo, Vallone (2003), testando composição de substratos e doses de polímero hidroretentor em mudas de café produzidas em tubetes, obteve, no tratamento com substrato

comercial (Plantmax HT) sem polímero, com a dose padrão de Osmocote (8,2kg/m<sup>3</sup> de substrato), teor médio de 2,63dag/kg.

### 4.3.2 Fósforo

Observou-se, para o fósforo, que houve efeito significativo dos níveis de adubação em todos os estádios de desenvolvimento, porém, o ajuste obtido na equação da época 2 não permite a determinação da faixa crítica (Figura 11).

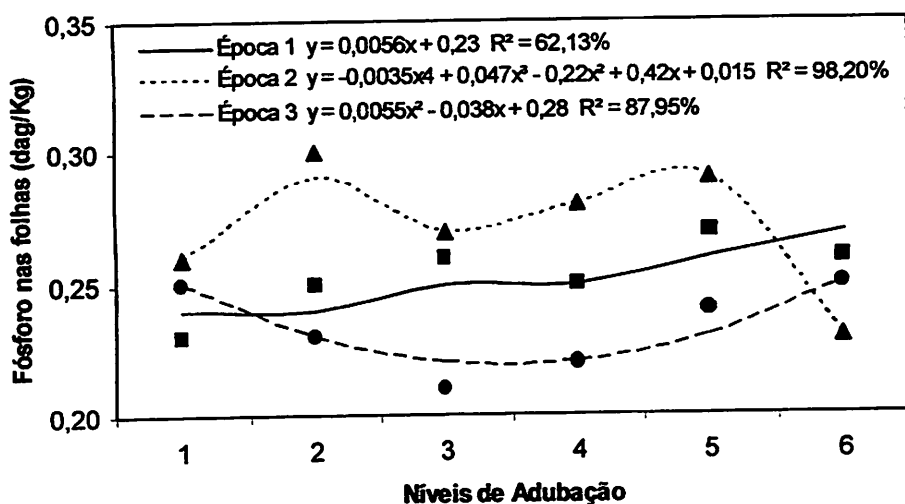


FIGURA 11 - Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de fósforo (dag/kg) em folhas de mudas de cafeeiro produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação, do substrato avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Após a correspondência dos níveis de adubação na época 3 obteve-se a faixa crítica entre 0,22 e 0,25dag/kg. Valone (2003), em trabalho citado anteriormente obteve teor médio de 0,40dag/kg. Pozza et al. (2001), semelhantemente ao trabalho em estudo, obtiveram teor médio de 0,24dag/kg.

Campos (2002), trabalhando com a dose padrão de Osmocote em substrato comercial para mudas de café em tubete, obteve teor médio de 0,29dag/kg. Guimarães (1994) e Gontijo (2004), estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas, obtiveram os seguintes teores médios, respectivamente: 0,26 e 0,36dag/kg

### 4.3.3 Potássio

Para o potássio, observou-se que houve efeito significativo dos níveis de adubação sobre os teores foliares somente quando as mudas se encontravam na época 2 (4 pares de folhas) (Figura 12).

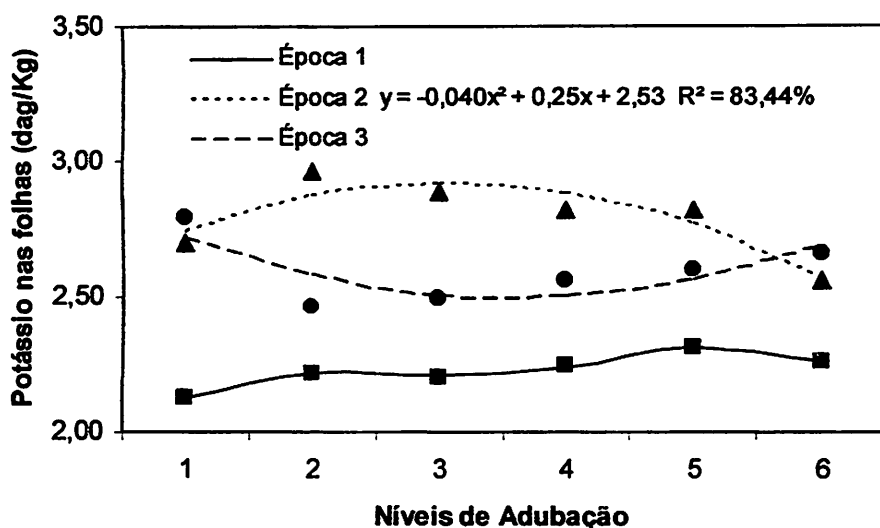


FIGURA 12 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de potássio (dag/Kg) em folhas de mudas de cafeeiro produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Após a correspondência dos níveis na época 2, entre os teores 2,59 e 2,92dag/kg está a faixa crítica para o potássio. Já Campos (2002) e Valone (2003) trabalhando com a dose padrão de Osmocote em substrato comercial para mudas de café em tubete, obtiveram, respectivamente, teores médios de 1,66 e 1,76dag/kg. Gontijo (2004) e Guimarães (1994) estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas, obtiveram os seguintes teores médios, respectivamente: 2,65 e 2,83dag/kg.

#### **4.3.4 Cálcio**

Para o cálcio, observou-se que houve efeito significativo dos níveis de adubação sobre os teores foliares quando as mudas se encontravam nas épocas 2 e 3 (4 e 5 pares de folhas, respectivamente), porém, o ajuste obtido na equação da época 3 não permite a determinação da faixa crítica (Figura 13).

Após a substituição dos níveis de adubação, inferior e superior, nas equações de regressão, entre os teores 0,69 e 0,76dag/kg está a faixa crítica para o cálcio. Campos (2002) e Pozza et al. (2001), citadas anteriormente, obtiveram, respectivamente teores médios de 0,95 e 0,85dag/kg. Gontijo (2004) e Guimarães (1994) estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas obtiveram os seguintes teores médios, respectivamente: 0,87 e 0,69dag/kg.



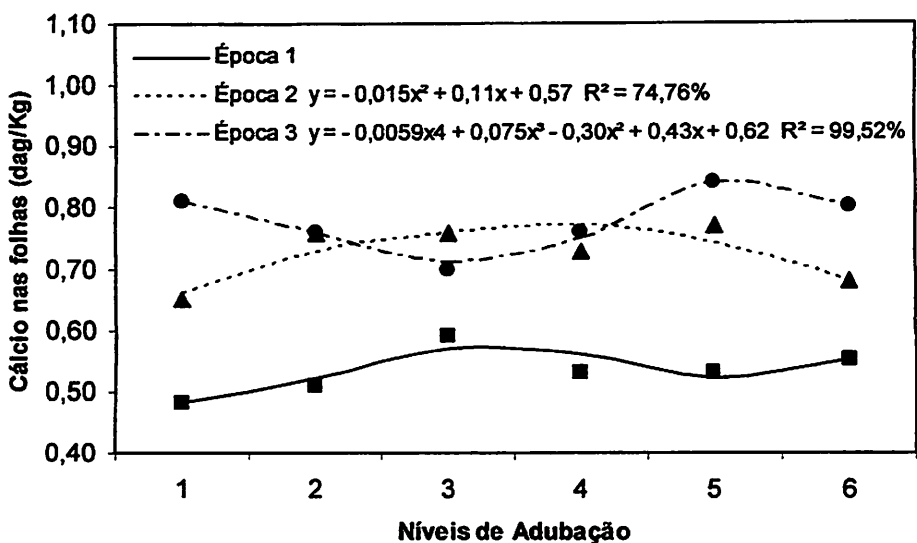


FIGURA 13 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de cálcio (dag/kg) em folhas de mudas de café produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Para o cálcio observou-se que o maior nível de adubação foi responsável pelo menor teor na folha; isso pode estar relacionado com o efeito de inibição competitiva que o potássio, em grandes concentrações, exerce sobre o cálcio, já que, nessa situação, o nível 6 de adubação (200% da dose padrão) proporcionou um maior desbalanço entre os dois nutrientes, haja vista, a proporção dos dois elementos na formulação do Osmocote (10% de K e 3,5% de Ca).

#### 4.3.5 Magnésio

Observou-se, para o magnésio, que houve efeito significativo dos níveis de adubação em todos os estádios de desenvolvimento, porém, os ajustes obtidos

nas equações das épocas 1 e 3 não permitem a determinação da faixa crítica (Figura 14).

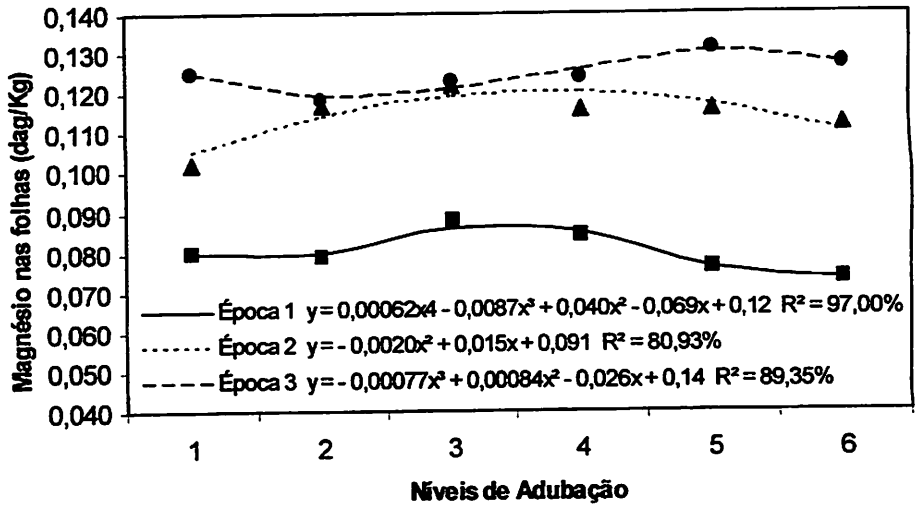


FIGURA 14 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de magnésio (dag/kg) em folhas de mudas de cafeeiro produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação, do substrato avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Entre os teores 0,11 e 0,12dag/kg está a faixa crítica para o magnésio. Resultados diferentes foram encontrados Campos (2002) e Pozza et al. (2001): respectivamente, teores médios de 0,46 e 0,21 dag/Kg, porém, Pozza et al. (2001) trabalharam com a dose de 10kg de Osmocote por m<sup>3</sup> de substrato e Campos (2002) trabalhou com a dose padrão. Gontijo (2004) e Guimarães (1994) estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas, obtiveram os seguintes teores médios, respectivamente, 0,13 e 0,10dag/kg. Apesar da estreita faixa dos teores de magnésio, observou-se o maior nível de

adubação, indicando o menor teor foliar. Semelhante ao cálcio, o magnésio sofre inibição competitiva em condições de altas concentrações de potássio.

#### 4.3.6 Enxofre

Observou-se, para o enxofre, que houve efeito significativo dos níveis de adubação em todos os estádios de desenvolvimento (Figura 15).

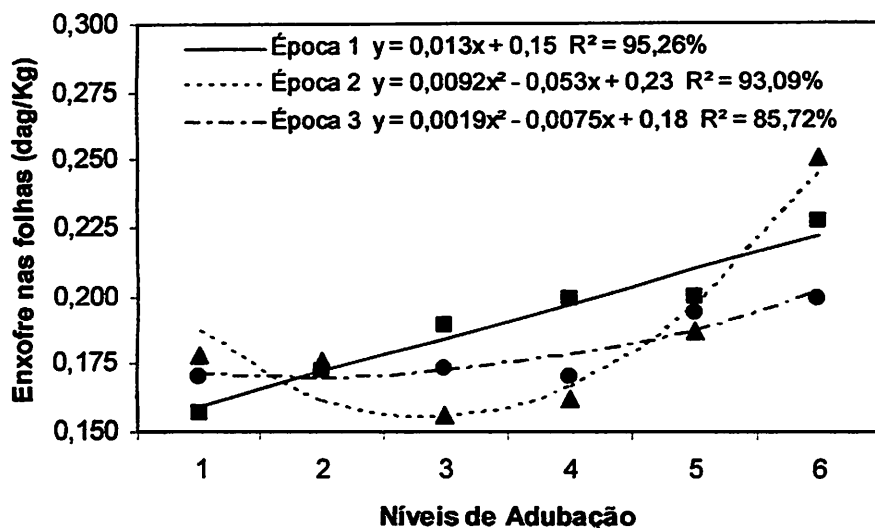


FIGURA 15 - Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de enxofre (dag/kg) em folhas de mudas de café produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação, do substrato avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Após a correspondência dos níveis na equação da época 2, entre os teores 0,15 e 0,24dag/kg está a faixa crítica para o enxofre. Em resultado semelhante, Campos (2002) e Valone (2003) obtiveram teores médios de, respectivamente, 0,21 e 0,23dag/kg trabalhando com a dose padrão. Já Pozza et al., (2001) trabalhando com a dose de 10kg de osmocote (15-10-10) por m<sup>3</sup> de

substrato comercial, obtiveram teor médio de 0,12dag/kg. Gontijo (2004) e Guimarães (1994) estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas, obtiveram os teores médios, respectivamente de 0,13 e 0,26dag/kg.

### 4.3.7 Boro

Para o boro, observou-se que houve efeito significativo dos níveis de adubação sobre os teores quando as mudas se encontravam nas épocas 2 e 3 (4 e 5 pares de folhas, respectivamente) ( Figura 16).

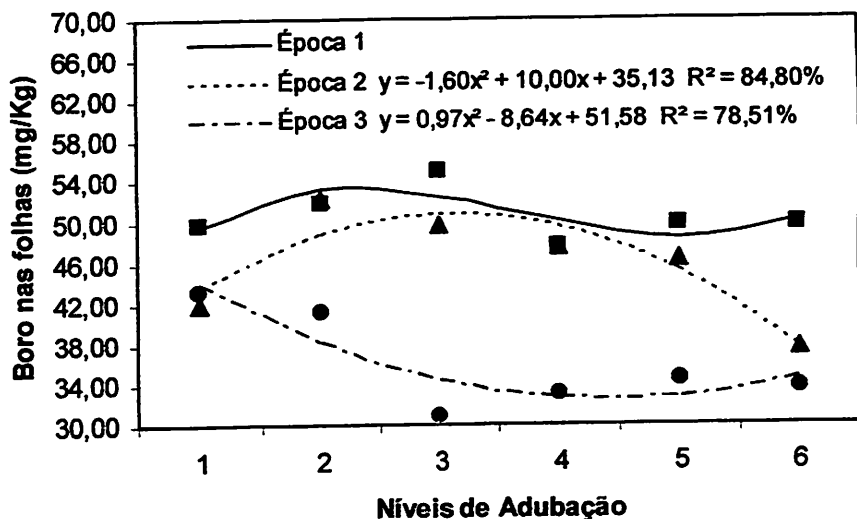


FIGURA 16 - Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de boro (mg/kg) em folhas de mudas de café produzido em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Após a substituição dos níveis de adubação na equação da época 2, entre os teores 37,53 e 48,93mg/kg está a faixa crítica para o boro. Resultado semelhante foi encontrado por Pozza et al. (2001) trabalhando com a dose de

10kg de osmocote (15-10-10) por m<sup>3</sup> de substrato comercial para mudas de café em tubete obtendo teor médio de 47,80mg/kg. Campos (2002), trabalhando com a dose padrão de osmocote em substrato comercial para mudas de café em tubete, obteve teor médio de 30,54mg/kg. Gontijo (2004) e Guimarães (1994) estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas, obtiveram teores médios, respectivamente de 45,10 e 41,27mg/kg.

#### 4.3.8 Zinco

Observou-se para o zinco, que houve efeito significativo dos níveis de adubação em todos os estádios de desenvolvimento ( Figura 17).

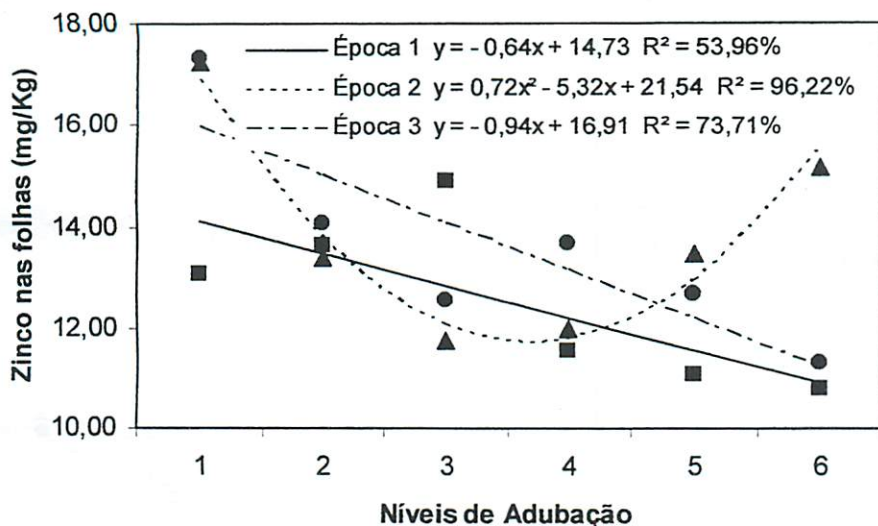


FIGURA 17 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de zinco (mg/kg) em folhas de mudas de cafeeiro produzidas em tubete em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Efetuando-se a correspondência dos níveis de adubação na época 2, a faixa crítica para o zinco está entre os teores 12,09 e 15,54mg/kg. Valone (2003) obteve, na dose padrão, teor médio de 20,2. Pozza et al. (2001) trabalhando com a dose de 10kg de osmocote (15-10-10) por m<sup>3</sup> de substrato comercial para mudas de café em tubete obtiveram teor médio de 32,60mg/kg, porém, com o coeficiente de variação muito alto. Guimarães (1994) estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas, obteve teor médio de 16,94mg/kg.

#### 4.3.9 Ferro

Para o ferro, observou-se que houve efeito significativo dos níveis de adubação sobre os teores quando as mudas se encontravam nas épocas 1 e 3 (3 e 5 pares de folhas, respectivamente), ( Figura 18).

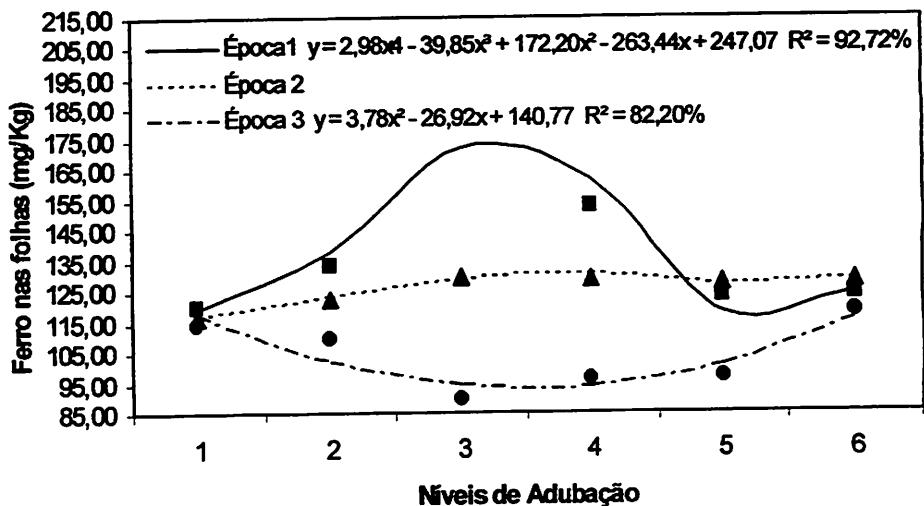


FIGURA 18 - Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de ferro (mg/kg) em folhas de mudas de cafeeiro produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Efetuada-se a correspondência na época 3, observaram-se que a faixa crítica para o ferro está entre os teores 94,12 e 115,33mg/kg. Pozza et al. (2001) trabalhando com a dose de 10kg de osmocote (15-10-10) por m<sup>3</sup> de substrato comercial para mudas de café em tubete obtiveram teor médio de 55,80mg/kg. Gontijo (2004) e Guimarães (1994) estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas, obtiveram os teores médios, respectivamente de 388,11 e 192,20mg/kg. Esses maiores teores foliares de ferro nas mudas produzidas em sacolas estão relacionados com o maior teor de ferro no substrato utilizado. Não foi uma atividade realizada neste trabalho, mas a pulverização de mudas de café produzidas em tubetes com sulfato ferroso é uma prática muito comum entre os viveiristas, haja vista a característica de baixo teor de ferro da composição do substrato Plantmax.

#### **4.3.10 Manganês**

Observou-se, para o manganês, que houve efeito significativo dos níveis de adubação em todos os estádios de desenvolvimento ( Figura 19).

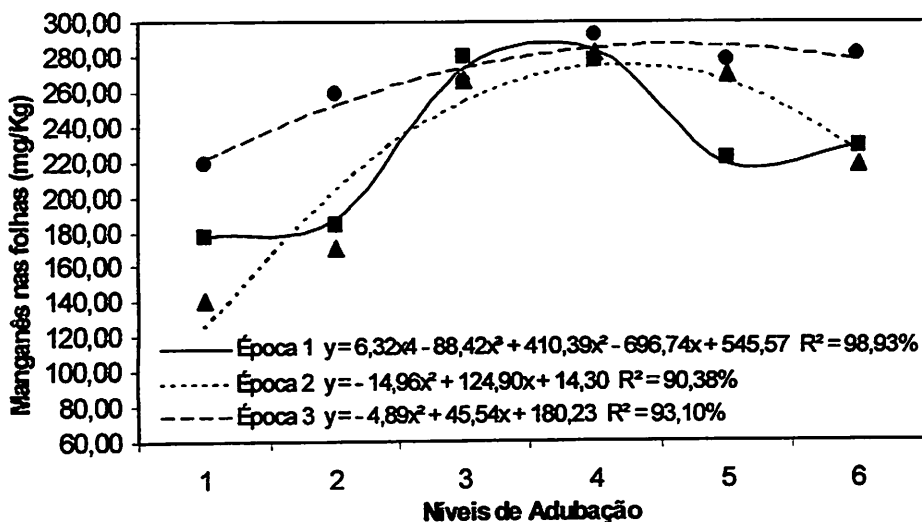


FIGURA 19 - Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de manganês (mg/kg) em folhas de mudas de café produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Após a correspondência dos níveis na época 2, a faixa crítica para o manganês está entre os teores de 225,15 e 253,65 mg/kg. Pozza et al. (2001) trabalhando com a dose de 10kg de Osmocote (15-10-10) por m<sup>3</sup> de substrato comercial para mudas de café em tubete, obtiveram teor médio de 125,80mg/kg. Campos (2002) e Valone (2003) trabalhando com a dose padrão de Osmocote em substrato comercial para mudas de café em tubete, obtiveram teores médios, respectivamente, de 265,6 e 264,9mg/kg. Gontijo (2004) e Guimarães (1994) estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas, obtiveram teores médios, respectivamente, de 29,68 e 37,99mg/kg. Esse maior teor foliar de manganês nas mudas produzidas em tubetes deve estar relacionado com a própria característica de liberação lenta do Osmocote tornando o elemento mais disponível à planta no decorrer do seu desenvolvimento. Além disso, como a base



do substrato das mudas em sacola é o próprio solo, o mesmo pode ser pobre em manganês ou ter sido coletado em áreas de baixada pobres em manganês, como citado por Fontes (2004). Para o manganês, observou-se, também, que a maior dose de Osmocote proporcionou o menor teor foliar. Esse fato deve estar relacionado com o magnésio inibindo a absorção e o transporte do elemento, já que a quantidade de magnésio no Osmocote é quinze vezes maior que a de manganês.

#### 4.3.11 Cobre

Para o cobre, observou-se que houve efeito significativo dos níveis de adubação sobre os teores somente quando as mudas se encontravam na época 2 (4 pares de folhas), ( Figura 20).

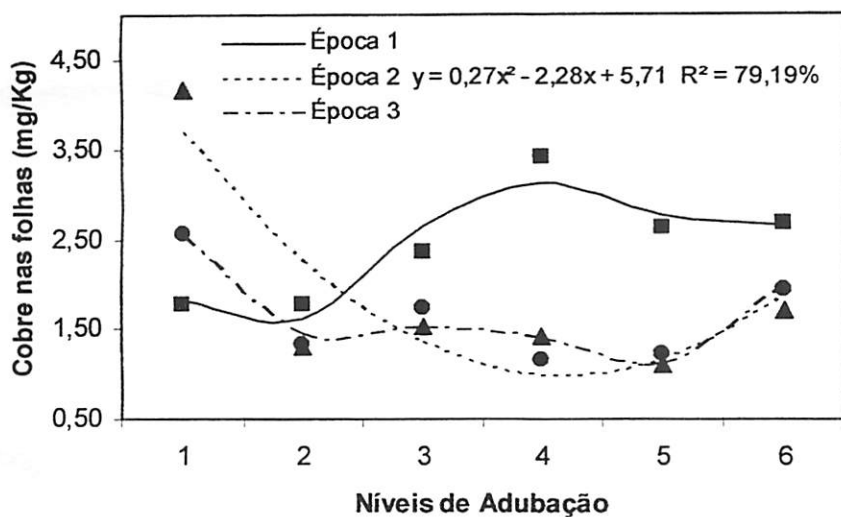
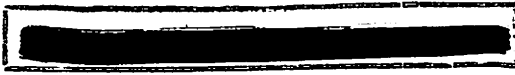


FIGURA 19 - Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação do teor de cobre (mg/kg) em folhas de mudas de café produzidas em tubete, em diferentes níveis de adubação do substrato, avaliadas em três épocas. UFLA, Lavras, MG, 2005.



Após a correspondência dos valores, a faixa crítica para o cobre está entre os teores 1,31 e 1,35mg/kg. Pozza et al. (2001) trabalhando com a dose de 10 Kg de Osmocote (15-10-10) por m<sup>3</sup> de substrato comercial para mudas de café em tubete obtiveram teor médio de 3,70mg/kg. Valone (2003), obteve teor médio de 3,0mg/kg. Gontijo (2004) e Guimarães (1994) estudando fertilização de mudas de café produzidas em sacolas, obtiveram teores médios, respectivamente: 7,58 e 9,17mg/kg. No trabalho em estudo, esse elemento foi o que obteve maior coeficiente de variação, conferindo uma menor precisão.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, I. B. de; VALERI, S. V.; BANZATO, D. A.; CORRADINI, L.; ALVARENGA, S. F. Seleção de componentes de substrato para produção de mudas de eucalipto em tubetes. *IPEF*, Piracicaba, n. 41/42, p. 36-43, 1989.

ANDRADE NETO, A. Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. 1998. 65 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. *Experimentação agrícola*. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA FILHO, L. J. Determinação da área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). *Revista Ceres*, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, mar. 1973.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. Diagnose e análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBCS, 1992. p. 369-404.

BRASIL. Ministério da Agricultura. *Normais climatológicas (1960-1990)*. Brasília: MA/SNI/DNMET, 1992. 84 p.

BROWN, P. H.; HU, H. Phloem boron mobility in diverse plant species. *Botanica Acta*, Stuttgart, v. 111, n. 4, p. 331-335, Aug. 1998.

CAMPINHOS JUNIOR, E.; IKEMORI, Y. R. Introdução de nova técnica na produção de mudas de essências florestais. *Silvicultura*, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 226-228, jan./fev. 1983.

CAMPINHOS JUNIOR, E.; IKEMORI, Y. R.; MARTINS, F. C. G. Determinação do meio de crescimento mais adequado à formação de mudas de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. em recipientes plásticos rígidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR, 1984. p. 350-365.

## 5 CONCLUSÕES

Na utilização do substrato comercial Plantmax para produção de mudas de café em tubetes, o melhor desempenho é alcançado com a dose de 13,06 kg de Osmocote (15-10-10 + micronutrientes) por m<sup>3</sup> de substrato.

A melhor época de coleta de folhas para análise do teor de nutrientes em mudas de cafeeiro produzidas em tubetes é o estágio de 4 pares de folhas verdadeiras.

As faixas críticas de teores obtidas para macro e micronutrientes são as seguintes: nitrogênio 2,26 a 2,62dag/kg, fósforo 0,22 a 0,25dag/kg, potássio 2,59 a 2,92dag/kg, cálcio 0,69 a 0,76dag/kg, magnésio 0,11 a 0,12dag/kg; enxofre 0,15 a 0,24dag/kg, boro 37,53 a 48,93mg/kg, zinco 12,08 a 15,54mg/kg, ferro 94,12 a 115,33mg/kg, manganês 225,14 a 253,6mg/kg, cobre 1,31 a 1,75dag/kg.

CAMPOS, K. P. **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em diferentes substratos, fertilizações e tamanhos de tubetes.** 2002. 90 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, G. M. B.; MELO, B. de; REIS, E. H. S. **Produção de mudas de café em diferentes substratos e doses crescentes de fertilizantes de liberação lenta (osmocote) em tubetes.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27., 2001, Uberaba-MG. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MA/PROCAFÉ, 2001. p. 107-109.

CARVALHO, J. G. de; LOPES, A. S.; BRASIL, E.; JÚNIOR, R. A. R. **Diagnose da fertilidade do solo e do estado nutricional de plantas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 95 p.

CHISHAKI, N.; HORIGOCHI, T. **Responses of secondary metabolism in plants to nutrient deficiency.** *Soil Science Plant Nutrition, Tokyo*, v. 43, p. 987-991, Dec. 1997. Supplement.

COELHO, F. S. **Nitrogênio no solo e na planta.** In: INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA. **Fertilidade do Solo.** 2. ed. Campinas, 1973. p. 16-64.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safras.** Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 25 de ago. 2005.

COSTA, A. C. M. de; CORSI, T.; FAVORETO, A. J.; MOTTA FILHO, C.; BALUTI, F. F. **Nova Tecnologia de produção de mudas de café em tubetões.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18., 1993, Araxá-MG. **Anais...** Brasília: MAA/PROCAFÉ, 1993. p. 93.

CUNHA, R. L. da; SOUZA, C. A. S.; ANDRADE NETO, A. de; MELO, B.; CORRÊA, J. F. **Avaliação de substratos e tamanhos de recipientes na formação de mudas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em tubetes.** *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 26, n. 1, p. 7-12, jan./fev. 2002.

DOW, A. I.; ROBERTS, S. **Proposal critical nutrients ranges for crop diagnosis.** *Agronomy Journal*, Madison, v. 74, n. 2, p. 401-403, Mar./Apr. 1982.

EVENHUIS, B.; WAAR, P. W. Principles and practices in plant analysis. In: FAO. *Soils*. Rome, 1980. p. 152-163. (FAO. Bulletin, 38/1).

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 29-37. (Documentos IAC, 70).

FERREIRA, D. F. Análises estáticas por meio do Sisvar para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 122 p.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; PEREIRA, A. R. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes e em bandejas de isopor. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 58-86, jan./jul. 1985.

GOMIDE, M. B.; LEMOS, O. V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M. M. de; CARVALHO, J. G. de; DUARTE, G. de S. Comparação entre métodos de determinação de ares foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 1, n. 2, p. 118-123, jul./dez. 1977.

GONTIJO, R. A. N. **Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GRUSAK, M. A.; PEARSON, J. N.; MARENTES, E. The physiology of micronutrient homeostasis in field crops. *Fields Crops Research*, Amsterdam, v. 60, n. 1/2, p. 41-56, Jan. 1999.

GUIMARÃES, P. T. G.; ANDRADE NETO, A. de; BELLINI JUNIOR, O.; ADÃO, W. A.; SILVA, E. M. da. Produção de mudas de cafeeiros em tubetes. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 98-108, 1998.

GUIMARÃES, R. J. **Análise do crescimento e da quantificação de nutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) durante seus estádios de desenvolvimento em substrato padrão**. 1994. 113 p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GUIMARÃES, R. J. **Formação de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.): efeitos de reguladores de crescimento e remoção do pergaminho na germinação de sementes e do uso de N e K em cobertura, no desenvolvimento de mudas.** 1995. 133 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. **Produção de mudas de cafeeiro.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 60 p.

HUERTA, S. A. Comparación de métodos de laboratorio y campo, para medir el área foliar del café. *Cenicafé*, Caldas, v. 13, n. 1, p. 33-42, ene./mar. 1962.

JONES Jr., J. B. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (Ed.). *Soil testing and plant analysis*. Part 2. Madison: SSSA, 1967. p. 49-58.

JONES Jr., B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide.** Georgia-USA: Micro-Macro Publishing, 1991. 213 p.

KAINUMA, R. H.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, É. P.; MONTANARI, E.; FRANCO, E. Qualidade de mudas de *Coffea arabica* desenvolvidas em diferentes substratos e doses de adubo de liberação lenta. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. *Anais...* Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2001. 1CD-ROM.

KAMPF, A. N. O uso de substrato em ambiente protegido no agronegócio brasileiro. In: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 1-6. (Documentos IAC, 70).

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal.** São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

LOPES, P. S. N. **Propagação sexuada do maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *favicarpa* Deg). Em tubetes: efeito da adubação nitrogenada e substratos.** 1996. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.



MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO, 1986, Poços de Caldas. *Anais...* Piracicaba. 1986. p. 165-176.

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

MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, R. B. de; ALVAREZ, V. H.; MENEZES, J. F. S.; NEVES, Y. P.; OLIVEIRA, J. A. de; ALVARENGA, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G. **Nutrição mineral, fertilidade do solo e produtividade do cafeeiro nas regiões de Patrocínio, Mnhuaçu, Viçosa, São Sebastião do Paraíso e Guaxupé**. Viçosa, 2004. 60 p. (Boletim Técnico, 72).

MELO, B. **Estudos sobre produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica L.*) em tubetes**. 1999. 65 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, 1995. 128 p.

POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ROMANIELLO, M. M.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; SILVA, E. B. **Produção, nutrição e sanidade de mudas de cafeeiro em tubetes com diferentes substratos e adubações** In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. *Anais...* Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2001. 1CD-ROM.

ROBERTS, S.; DOW, A. I. Critical nutrient ranges for petiole P levels of sprinkler-irrigated. Russet Burbank potatoes *Agronomy Journal*, Madison, v. 74, n. 2, p. 583-585, Mar./Apr. 1982.

SILVA, E. M. da; CARVALHO, G. R.; ROMANIELLO, M. M. **Mudas de cafeeiro: tecnologias de produção**. Belo Horizonte, 2000. 56 p. (Boletim Técnico, 60).

SILVA JÚNIOR, A. A.; MACEDO, S. G.; STUKER, H. **Utilização de esterco de peru na produção de mudas de tomateiro**. Florianópolis: EPAGRI, 1995. 28 p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 73).

SOUTH, D. B.; DAVEY, C. B. **The southern forest Nursery soil testing program**. Auburn, AL: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 1983. p. 1-38. (Circular, n. 265).

**STURION, J. A. Métodos de produção e técnicas de manejo que influenciam o padrão da qualidade de mudas de essências florestais. Curitiba: EMBRAPA – URPFCS, 1981. 18 p. (EMBRAPA – URPFCS. Documento, 3).**

**VALLONE, H. S. Produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes com polímero hidroretentor, diferentes substratos e adubações. 2003. 74 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.**

## **ANEXOS**

## ANEXO A

	<b>Página</b>
<b>TABELA 1A</b> Valores médios de altura, área foliar, massa seca de folhas (MSF), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de caule (MSC) e relação MSPA/MSR de mudas de cafeeiro com 3 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	77
<b>TABELA 2A</b> Valores médios de altura, área foliar, massa seca de folhas (MSF), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de caule (MSC) e relação MSPA/MSR de mudas de cafeeiro com 4 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	78
<b>TABELA 3A</b> Valores médios de altura, área foliar, massa seca de folhas (MSF), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de caule (MSC) e relação MSPA/MSR de mudas de cafeeiro com 5 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	79
<b>TABELA 4A</b> Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca de folhas de mudas de cafeeiro com 3 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	80

<b>TABELA 5A</b>	<b>Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca de folhas de mudas de cafeeiro com 4 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.....</b>	<b>81</b>
<b>TABELA 6A</b>	<b>Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca de folhas de mudas de cafeeiro com 5 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.....</b>	<b>82</b>

**TABELA 1A - Valores médios de altura, área foliar, massa seca de folhas (MSF), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de caule (MSC) e relação MSPA/MSR de mudas de cafeeiro com 3 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.**

Níveis de adubação	Altura (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	MSF (g)	MSPA (g)	MSC (g)	MSPA/MSR
1	11,05	75,59	1,61	2,13	0,55	2,75
2	11,03	86,52	1,70	2,22	0,52	3,07
3	10,92	97,08	1,92	2,45	0,53	3,62
4	11,08	98,03	1,94	2,46	0,52	3,96
5	10,67	99,33	1,93	2,43	0,50	4,14
6	10,28	108,75	2,18	2,72	0,54	4,25

TABELA 2A - Valores médios de altura, área foliar, massa seca de folhas (MSF), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de caule (MSC) e relação MSPA/MSR de mudas de cafeeiro com 4 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFPA, Lavras, MG, 2005.

Níveis de Adubação	Altura (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	MSF (g)	MSPA (g)	MSC (g)	MSPA/MSR
1	14,94	119,68	2,68	3,80	1,12	2,53
2	15,44	148,32	2,98	4,00	1,02	3,12
3	16,84	159,66	3,36	4,60	1,24	3,64
4	17,10	170,63	3,51	4,68	1,17	3,65
5	16,49	172,42	3,52	4,74	1,22	3,69
6	16,28	177,09	3,52	4,69	1,17	4,34

**TABELA 3A - Valores médios de altura, área foliar, massa seca de folhas (MSF), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de caule (MSC) e relação MSPA/MSR de mudas de cafeeiro com 5 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.**

Níveis de adubação	Altura (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	MSF (g)	MSPA (g)	MSC (g)	MSPA/MSR
1	18,52	166,89	3,66	5,41	1,74	2,24
2	18,40	180,59	4,09	5,98	1,88	2,38
3	20,20	198,44	4,74	6,74	2,00	3,54
4	20,60	210,22	4,85	6,92	2,07	3,76
5	20,86	223,45	4,89	7,00	2,12	3,82
6	20,65	239,08	5,22	7,31	2,10	3,99



**TABELA 4A - Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca de folhas de mudas de cafeeiro com 3 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.**

<b>Níveis de adubação</b>	<b>N (dag/kg)</b>	<b>P (dag/kg)</b>	<b>K (dag/kg)</b>	<b>Ca (dag/kg)</b>	<b>Mg (dag/kg)</b>	<b>S (dag/kg)</b>	<b>B (mg/kg)</b>	<b>Zn (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>	<b>Mn (mg/kg)</b>	<b>Cu (mg/kg)</b>
1	2,13	0,23	2,13	0,48	0,08	0,16	49,77	13,05	119,88	177,76	1,78
2	2,46	0,25	2,22	0,51	0,08	0,17	51,94	13,64	133,38	184,22	1,78
3	3,06	0,26	2,20	0,59	0,09	0,19	55,12	14,89	181,44	279,74	2,35
4	3,00	0,25	2,25	0,53	0,08	0,20	47,51	11,54	152,80	277,24	3,42
5	3,08	0,27	2,31	0,53	0,08	0,20	49,68	11,09	122,87	221,55	2,62
6	3,42	0,26	2,26	0,55	0,07	0,23	49,76	10,80	123,58	228,87	2,68

**TABELA 5A - Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca de folhas de mudas de cafeeiro com 4 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.**

<b>Níveis de adubação</b>	<b>N (dag/kg)</b>	<b>P (dag/kg)</b>	<b>K (dag/kg)</b>	<b>Ca (dag/kg)</b>	<b>Mg (dag/kg)</b>	<b>S (dag/kg)</b>	<b>B (mg/kg)</b>	<b>Zn (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>	<b>Mn (mg/kg)</b>	<b>Cu (mg/kg)</b>
1	1,79	0,26	2,70	0,65	0,10	0,18	41,93	17,25	116,58	140,12	4,17
2	2,34	0,30	2,96	0,76	0,12	0,18	52,27	13,40	122,62	170,56	1,31
3	2,27	0,27	2,89	0,76	0,12	0,16	49,75	11,74	129,76	266,52	1,52
4	2,48	0,28	2,82	0,73	0,12	0,16	47,43	11,98	129,25	281,72	1,42
5	2,46	0,29	2,82	0,77	0,12	0,19	46,24	13,48	127,68	269,61	1,11
6	2,50	0,23	2,56	0,68	0,12	0,25	37,59	15,16	128,51	218,97	1,72

**TABELA 6A - Teores médios de macro e micronutrientes na matéria seca de folhas de mudas de cafeeiro com 5 pares de folhas verdadeiras, produzidas em tubetes, nos diferentes níveis de adubação do substrato. UFLA, Lavras, MG, 2005.**

<b>Níveis de adubação</b>	<b>N (dag/kg)</b>	<b>P (dag/kg)</b>	<b>K (dag/kg)</b>	<b>Ca (dag/kg)</b>	<b>Mg (dag/kg)</b>	<b>S (dag/kg)</b>	<b>B (mg/kg)</b>	<b>Zn (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>	<b>Mn (mg/kg)</b>	<b>Cu (mg/kg)</b>
1	1,70	0,25	2,79	0,81	0,12	0,17	43,20	17,32	114,31	218,08	2,55
2	1,71	0,23	2,46	0,76	0,12	0,17	41,09	14,06	109,51	258,58	1,32
3	1,96	0,21	2,49	0,70	0,12	0,17	30,77	12,56	89,48	265,93	1,74
4	2,08	0,22	2,56	0,76	0,12	0,17	32,91	13,66	96,11	291,74	1,16
5	2,38	0,24	2,60	0,84	0,13	0,19	34,41	12,66	96,58	277,78	1,22
6	2,54	0,25	2,66	0,80	0,13	0,20	33,67	11,33	117,78	280,54	1,94