



CLAYTON GRILLO PINTO

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE
NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO PARA O
CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.) FERTIRRIGADO
NO PRIMEIRO ANO PÓS-PLANTIO**

LAVRAS – MG

2012

CLAYTON GRILLO PINTO

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO,
FÓSFORO E POTÁSSIO PARA O CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)
FERTIRRIGADO NO PRIMEIRO ANO PÓS-PLANTIO**

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

Orientador

Dr. Rubens José Guimarães

Coorientadora

Dra. Myriane Stella Scalco

LAVRAS - MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Pinto, Clayton Grillo.

Faixas críticas de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) fertirrigado no primeiro ano pós-plantio / Clayton Grillo Pinto. – Lavras : UFLA, 2012.

65 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Rubens José Guimarães.

Bibliografia.

1. Café. 2. Cafeicultura irrigada. 3. Análise foliar. 4. Nutrição mineral. 5. Fertirrigação. 6. Adubação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7389

CLAYTON GRILLO PINTO

**FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO,
FÓSFORO E POTÁSSIO PARA O CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)
FERTIRRIGADO NO PRIMEIRO ANO PÓS-PLANTIO**

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

APROVADA em 31 de julho de 2012.

Dra. Danielle Pereira Baliza

IFSUDESTEMG

Dr. Douglas Ramos Guelfi Silva

UFLA

Dr. Rubens José Guimarães
Orientador

Dra. Myriane Stella Scalco
Coorientadora

LAVRAS - MG

2012

Aos meus pais,
José Carlos Pinto e Maria Auxiliadora Grillo Pinto

Ao meu irmão e meu sobrinho,
Naelson Pinto e Renato de Oliveira Pinto

Aos meus queridos filhos,
Juliano Martins Pinto e Marina Martins Pinto

DEDICO

A minha esposa e sempre companheira,
Cleusa Norberto

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre presente em nossas vidas.

À minha família e a minha esposa, pelo amor, pelo carinho e pelo apoio incondicionais.

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Agricultura (DAG) e em especial ao Setor de Cafeicultura, pela oportunidade e condições oferecidas durante o curso.

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

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - Consórcio Pesquisa Café, pelo apoio financeiro na instalação do sistema de irrigação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão, via este projeto, da Bolsa de Produtividade ao Prof. Dr. Rubens José Guimarães.

Ao meu orientador Professor Dr. Rubens José Guimarães, pela orientação e presença constantes.

À minha coorientadora e membro da banca de defesa, Dra. Myriane Stella Scalco e ao Professor Dr. Alberto Colombo (DEG-UFLA), pelas orientações relacionadas à irrigação do experimento.

Aos demais membros das bancas, Dra. Ana Rosa Ribeiro Bastos Rigitano, Dra. Danielle Pereira Baliza, Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes, Dr. Rodrigo Luz da Cunha e Dr. Douglas Ramos Guelfi Silva.

Ao Mestre Edinaldo José Abrahão, pelo incentivo e pelas valiosas sugestões.

Ao casal Serjão e Cibele e aos amigos Gleice Assis e Léo Pieve, pelo apoio constante.

Aos colegas de graduação e Professores José Donizeti Alves e Mário Lúcio Vilela de Resende, pela valiosa atenção.

Às amigas Nélia Leite e Renata Kelly, pela presteza nos momentos de necessidade.

À secretária da Pós-graduação do DAG Marli dos Santos Túlio, sempre pronta para o auxílio indispensável.

Ao bolsista de iniciação científica Gabriel Mendes Vilela, meu braço direito na condução do experimento, através de quem agradeço a todos os colegas que auxiliaram nas atividades durante a condução do ensaio.

Ao Sr. Sérgio Brasil e a toda equipe de apoio, pelos imprescindíveis trabalhos de campo.

Minha gratidão!

Se queres colher a curto prazo, planta cereais.

Se queres colher a longo prazo, planta árvores frutíferas.

Mas, se queres colher para sempre, treina e educa o homem.

(Provérbio atribuído a Kwantzu, China, III a.C.)

RESUMO

Realizou-se este trabalho com objetivo de estabelecer faixas críticas de teores foliares e encontrar o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras de café fertirrigadas no primeiro ano após o plantio. O experimento foi conduzido em condições de campo no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, MG, no período de março de 2010 a julho de 2012. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos, quatro repetições e subdivisão das parcelas no tempo. Os níveis de adubação foram 10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160% em relação à adubação padrão de 100%, e as avaliações foram feitas em seis épocas: E1: 28/12/2010; E2: 23/02/2011; E3: 03/05/2011; E4: 30/06/2011; E5: 01/09/2011 e E6: 28/10/2011. Avaliaram-se em cada época as seguintes características de crescimento do cafeeiro: altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm), diâmetro de caule (cm), comprimento de ramos plagiotrópicos primários (cm) e número de nós nos ramos plagiotrópicos primários. Os teores foliares de nutrientes em cada época foram avaliados pela análise química das folhas, e em julho/2012 foi obtida a produtividade de café ($L\ planta^{-1}$) na primeira colheita. Houve efeito significativo dos níveis de adubação sobre a produtividade. Utilizou-se, então, a análise de regressão para determinar o ponto de máxima concentração de nutrientes, que permitisse obter a produtividade máxima, além de um modelo matemático para o cálculo dos limites inferior e superior dos níveis de adubação, que possibilitaram obter as faixas críticas e sugerir os níveis críticos de teores foliares dos nutrientes para o cafeeiro fertirrigado no primeiro ano pós-plantio. Para adubação no primeiro ano em lavouras fertirrigadas o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio é 118,33% da adubação padrão utilizada para lavouras de sequeiro. As faixas críticas encontradas e os níveis críticos sugeridos de teores foliares dos nutrientes para lavouras de café irrigadas no primeiro ano de adubação foram: a) Nitrogênio ($g\ kg^{-1}$): 28,9 a 31,5 para novembro/dezembro; 27,3 para janeiro/fevereiro; 27,5 a 30,6 para março/abril; 30,8 a 32,9 para maio/junho; 34,2 a 34,8 para julho/agosto e 31,5 para setembro/outubro; b) Fósforo ($g\ kg^{-1}$): 1,8 para novembro/dezembro; 1,6 para janeiro/fevereiro; 1,5 para março/abril; 2,6 a 3,3 para maio/junho; 1,9 para julho/agosto e 1,5 a 1,6 para setembro/outubro; c) potássio ($g\ kg^{-1}$): 25,5 para novembro/dezembro; 25,3 para janeiro/fevereiro; 23,2 para março/abril; 21,8 a 22,1 para maio/junho; 23,6 para julho/agosto e 28,2 a 28,4 para setembro/outubro.

Palavras-chave: Análise foliar. Nutrição mineral. Cafeicultura irrigada.

ABSTRACT

This study was realized with the objective to establish critical ranges of leaf content and find the best level of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium for coffee crops fertigated in the first year after planting. The experiment was conducted under field conditions in Sector of Coffee Crop from Agriculture Department, Federal University of Lavras, MG, from march 2010 to july 2012. The experimental design was randomized blocks with six treatments, four replications and subdivision of plots in time. The fertilization levels were 10%, 40%, 70%, 100%, 130% and 160% compared to the standard fertilization 100%, and assessments were made at six times: E1: 28/12/2010; E2: 23/02/2011; E3: 03/05/2011; E4: 30/06/2011; E5: 01/09/2011 and E6: 28/10/2011. It was evaluated in each time the following growth characteristics of coffee: plant height (cm), crown diameter (cm), stem diameter (cm), length of plagiotropic primary branches (cm) and number of nodes in the plagiotropic primary branches. The leaf content of nutrient in each time were evaluated by chemical analysis of the leaves, and in july/2012 was obtained productivity of coffee ($L\ plant^{-1}$) at the first harvest. There was a significant effect of fertilizer levels on productivity. Then, It was used, the regression analysis to determine the point of maximum nutrients concentration, which allow to obtain the maximum productivity, and a mathematical model for calculating lower and upper limits of fertilization level, which allowed to obtain the critical ranges and suggest critical levels of leaf content of nutrient for fertigated coffee in the first year post-planting. For fertilization in the first year of fertigated crops the best level of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium is 118.33% of standard fertilization used for dryland crops. The critical ranges found and the critical levels suggested of leaf content of nutrients to coffee crops irrigated in the first year of fertilization were: a) Nitrogen ($g\ kg^{-1}$): 28.9 to 31.5 for november/December; 27.3 for january/february; 27.5 to 30.6 for march/april; 30.8 to 32.9 for may/june; 34.2 to 34.8 for july/august and 31.5 for september/october; b) Phosphorus ($g\ kg^{-1}$): 1.8 for november/december, 1.6 for january/february; 1.5 for march/april; 2.6 to 3.3 for may/june, 1.9 for july/august and 1.5 to 1.6 for september/october; c) Potassium ($g\ kg^{-1}$): 25.5 for november/december; 25.3 for january/february; 23.2 for march/april; 21.8 to 22.1 for may/june; 23.6 for july/august and 28.2 to 28.4 for september/october.

Keywords: Leaf analysis. Mineral nutrition. Coffee crop irrigated.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Produtividade de frutos de café ($L\ planta^{-1}$) em função de níveis de adubação NPK (%).....	41
Figura 2	Teores foliares de N ($g\ kg^{-1}$) em função de níveis de adubação NPK (%).....	43
Figura 3	Teores foliares de P ($g\ kg^{-1}$) em função de níveis de adubação NPK (%).....	46
Figura 4	Teores foliares de K ($g\ kg^{-1}$) em função de níveis de adubação NPK (%).....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Faixas críticas de macronutrientes para o cafeeiro em produção no sequeiro. UFLA, Lavras, 2012	23
Tabela 2	Teores adequados de micronutrientes para o cafeeiro em produção no sequeiro. UFLA, Lavras, 2012..	24
Tabela 3	Faixas críticas de N, P e K (g kg^{-1}) para o cafeeiro em produção no sequeiro. UFLA, Lavras, 2012	24
Tabela 4	Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes para mudas de cafeeiro em saquinhos, mudas em tubetes e plantas de 1º ano de adubação pós-plantio em vasos. UFLA, Lavras, 2012	25
Tabela 5	Faixas críticas de teores foliares de micronutrientes para mudas de cafeeiro em saquinhos, mudas em tubetes e plantas de 1º ano de adubação pós-plantio em vasos. UFLA, Lavras, 2012	26
Tabela 6	Caracterização química e física do solo da área experimental. UFLA, Lavras, 2012.....	32
Tabela 7	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), evapotranspiração de referência média (mm), evapotranspiração acumulada (mm), precipitação acumulada (mm) e lâmina aplicada (mm). UFLA, Lavras, 2012	35
Tabela 8	Análise de Variância para produtividade de frutos de café (L planta ⁻¹) em função de níveis de adubação NPK. UFLA, Lavras, 2012.....	40
Tabela 9	Caracterização química do solo da área experimental. UFLA, Lavras, 2012	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Critérios de essencialidade e funções do nitrogênio, fósforo e potássio	15
2.2	Fertirrigação e nutrição mineral do cafeeiro	16
2.3	Avaliação do estado nutricional das plantas	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Caracterização da área experimental	31
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	33
3.3	Condução e manejo do experimento	33
3.4	Avaliações	36
3.5	Determinação das faixas críticas de teores foliares de N, P e K	37
3.6	Análises estatísticas	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5	CONSIDERAÇÕES GERAIS	53
6	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55
	ANEXOS	62

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, maior produtor e exportador e segundo maior consumidor de café do mundo, terá na safra 2012/2013 a maior produção de sua história, acima de 50 milhões de sacas, sendo que nos últimos anos a produtividade nacional vem crescendo a uma taxa superior ao aumento da área plantada. A explicação para esse bom desempenho está na modernização da cafeicultura brasileira, com a renovação de lavouras por meio de podas ou pela substituição de cafeeiros improdutivos por plantas jovens e com melhor potencial genético. O emprego de inovações tecnológicas relacionadas a insumos agrícolas, máquinas e implementos, e à irrigação, tem sido itens indispensáveis à obtenção de produções sustentáveis e produtividades crescentes ao longo do tempo (REETZ et al., 2012).

No caso do café, que se trata de cultivo perene, eventuais erros cometidos na fase de implantação da lavoura podem comprometê-la por todo o ciclo produtivo. Dentro dos itens considerados primordiais para o sucesso da cafeicultura, além do bom material genético, pode-se citar: mudas de bom padrão, escolha e preparo da área para o plantio, implantação de quebra-ventos e adequada condução das plantas na fase de formação, para que no futuro venham ser produtivas. De acordo com Camargo e Camargo (2001), o cafeeiro leva dois anos para completar seu ciclo fenológico de frutificação, reforçando a afirmativa de Rena e Maestri (1986), de que o cafeeiro necessita vegetar em um ano para produzir bem no outro.

As adubações equilibradas que também fazem parte do correto manejo inicial das lavouras devem ser feitas de maneira racional. Para isso, a utilização de faixas críticas de teores foliares de nutrientes constitui importante ferramenta para dar suporte às recomendações de adubação a serem prescritas por engenheiros agrônomos e técnicos, a fim de orientar os cafeicultores, tendo sido

amplamente utilizada (FONTES, 2001; MARTINEZ; NEVES; ZANBINI, 2003).

Não se dispõe, atualmente, dessa ferramenta para lavoura fertirrigada no primeiro ano de adubação, o que justifica a realização deste trabalho, e também porque a literatura traz poucas informações para cafeeiros irrigados em fase de formação.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo estabelecer faixas críticas de teores foliares e encontrar o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras de café fertirrigadas no primeiro ano após o plantio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Critérios de essencialidade e funções do nitrogênio, fósforo e potássio

Um elemento químico é considerado essencial quando, sem ele, a planta não vive. Arnon e Stout (1939) estabeleceram dois critérios de essencialidade que devem ser satisfeitos em conjunto ou não: direto e indireto. No direto o elemento deve participar de um composto orgânico ou de uma reação química para o metabolismo ou para a vida da planta, e no indireto há três situações: na ausência do elemento a planta morre antes de completar seu ciclo; o elemento não pode ser substituído por outro; o efeito do elemento não deve estar relacionado com o melhoramento de condições físicas, químicas ou biológicas desfavoráveis do meio.

Entre os elementos essenciais às plantas superiores, atendendo a esses critérios, estão o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K) (MALAVOLTA, 2006).

No cafeeiro o nitrogênio é altamente exigido, sendo que, se a adubação for adequada e não houver outros fatores limitantes, ocorre crescimento rápido da planta e formação de folhas verdes e brilhantes (MALAVOLTA, 1986). É um importante nutriente componente da clorofila, enzimas, proteínas estruturais, ácidos nucleicos e outros compostos orgânicos. Sua deficiência acarreta drástica redução no crescimento das plantas. Possui grande mobilidade no floema, apresentando os sintomas de carência a partir das folhas mais velhas (MALAVOLTA, 2006).

De acordo com o mesmo autor, o fósforo é menos exigido pelo cafeeiro se comparado ao nitrogênio, mas possui importante função no metabolismo da planta, principalmente no controle da atividade enzimática. A carência de fósforo no desenvolvimento das mudas de cafeeiro é de extrema importância

(NEVES; GOMES; NOVAIS, 1990), sendo que em substratos deficientes do elemento as mudas mostram desenvolvimento irregular na parte aérea e sistema radicular (MAY, 1984).

O potássio desempenha importante papel como regulador da síntese de carboidratos e transporte de açúcar (CARNEIRO, 1995), sendo que seu efeito é altamente específico na abertura e fechamento de estômatos, juntamente com a luz. Na carência do elemento pode haver menor entrada de gás carbônico e, portanto, menor atividade fotossintética do cafeeiro (MALAVOLTA, 1980).

Malavolta (1986), estudando cafeeiros ‘Catuaí’ com quatro anos de idade, concluiu que a repartição percentual de nitrogênio é de 73% na parte vegetativa e de 27% nos frutos. Para o fósforo, nas mesmas partes, é também de 73% e 27% respectivamente, e para o potássio, seguindo a mesma tendência, é de 65% na parte vegetativa e de 35% nos frutos.

2.2 Fertirrigação e nutrição mineral do cafeeiro

Estudos quanto à adubação e nutrição adequadas do cafeeiro sem irrigação tem sido tema de diversos trabalhos científicos no Brasil, sendo que, especificamente em Minas Gerais a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) elaborou as “Recomendações para o uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais”, 5ª Aproximação (GUIMARÃES et al., 1999). Porém, dada às especificidades da cafeicultura irrigada, há necessidade de pesquisas relacionadas à nutrição e adubação do cafeeiro nesse tipo de cultivo. Segundo Assis (2010) e Sobreira et al. (2011), lavouras de café fertirrigadas mostram melhor desenvolvimento que as cultivadas em regime de sequeiro, justificando a fertirrigação no Sul de Minas Gerais. Paiva et al. (2011), estudando lavouras irrigadas e não irrigadas concluíram que, para as condições da Fazenda Experimental da Fundação de Apoio à Tecnologia Cafeeira de

Varginha - MG (Fundação PROCAFE), uma irrigação adequada no período crítico propiciou ganhos de 27,5% na produtividade média de seis safras.

Atualmente no Brasil existe mais de 230 mil hectares de lavouras de café irrigadas, o que representa 10% da área total cultivada com a cultura. Essa área contribui com 20 a 25% da produção anual de café. Desse total, entre 4,5% e 5% concentra-se em Minas Gerais, 3,0 a 3,5% no Espírito Santo, 1,0 a 1,5% na Bahia e de 0,5 a 1,0%, em Goiás (SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 2008).

Na região Sul de Minas Gerais, devido à ocorrência de veranicos em fases fenológicas críticas da cultura quanto à demanda hídrica, a área de café irrigado tem crescido de forma expressiva nos últimos anos. A irrigação vem apresentando bons resultados, estando o gotejamento, na maioria das vezes, aliado à prática da fertirrigação (FERNANDES; DRUMOND, 2002).

A fertirrigação consiste na aplicação dos nutrientes juntamente com a água de irrigação, e quando comparada ao sistema convencional de adubação possibilita ao cafeeiro aumento de produtividade, melhoria na qualidade dos frutos, diminuição da compactação do solo pelo menor tráfego de máquinas, redução nos gastos com mão de obra e principalmente maior eficiência na utilização dos nutrientes devido à possibilidade de parcelamento e de uniformização da distribuição dos mesmos (GOMES; LIMA; CUSTÓDIO, 2007; SILVA; FARIA; REIS, 2003; VIVANCOS, 1993).

Trabalhos de pesquisa têm mostrado que, apesar dos benefícios da fertirrigação, cuidados devem ser tomados visando evitar perdas de nutrientes no solo. Estudando a concentração de nitrato (NO_3^-) na solução do solo em áreas cultivadas com cafeeiros 'Catiguá MG-3' fertirrigados sob diferentes doses e parcelamentos de nitrogênio, Oliveira et al. (2010) concluíram que a concentração do íon é altamente variável no espaço e no tempo, e que nos tratamentos com 12 fertirrigações por ano obteve-se maior estabilidade temporal

dos valores de concentração de NO_3^- na solução do solo durante o período estudado. Andrade Neto et al. (2008) afirmaram que a grande variação dos teores de NO_3^- na solução do solo pode, em parte, ser explicada pela grande mobilidade do mesmo no solo e pela ocorrência ou não de perdas por lixiviação e/ou percolação. Quanto ao potássio, Neves, Ernani e Simonete (2009), em estudo sobre a influência de doses na lixiviação do solo, observaram aumento nas concentrações de K^+ na solução lixiviada com a elevação da dose de K_2O aplicada, mesma conclusão a que chegaram Ernani et al. (2007). Avaliando a concentração e a lixiviação de potássio na solução do solo, Oliveira et al. (2009) verificaram que as perdas de K^+ por lixiviação observadas nos tratamentos que receberam 12 aplicações, equivalem a menos da metade das perdas observadas nos tratamentos com quatro aplicações.

A adição de qualquer fertilizante ao solo, mesmo que em quantidades adequadas, pode afetar temporariamente a disponibilidade e a lixiviação de outros nutrientes, pois, ao ingressarem no sistema, eles alteram a composição da solução e promovem modificações nos equilíbrios químicos entre as fases sólida e líquida (ERNANI et al., 2007).

A recomendação de adubação para cafeeiros irrigados ainda é conflitante entre os autores, e o problema é ainda maior quando se considera a fertirrigação.

Sobreira et al. (2011) concluíram que a adubação de N e K para cafeeiro fertirrigado em formação (1º e 2º anos pós-plantio) deve ser 30% inferior à recomendada por Guimarães et al. (1999) para o cultivo em sequeiro. Fagundes (2006) estudando o efeito de doses de 50 a 150% das recomendadas por Guimarães et al. (1999) para N e K via líquida, na adubação de cobertura pós-plantio do cafeeiro, não detectou efeito das doses sobre o crescimento das plantas, concluindo que via líquida no pós-plantio do cafeeiro pode-se reduzir em até 50% a dose recomendada para lavouras cultivadas em sequeiro. Teodoro

et al. (2005) chegaram a resultados semelhantes, trabalhando na fase produtiva da cultivar Topázio em sistema fertirrigado. Avaliaram o efeito de doses de 50% a 150% das doses de N e K recomendadas por Guimarães et al. (1999) e não detectaram diferenças no crescimento e na produção da cultura, possibilitando uma economia de 50% em relação à dose recomendada para sequeiro. Porém, Santinato e Fernandes (2002) recomendam um acréscimo de 30% na dose para lavouras irrigadas de café em produção, sendo que esse aumento, de acordo com Coelho (1994) pode estar relacionado à lixiviação após aplicações de N e K na fertirrigação, em função da mobilidade dos nutrientes nos diferentes tipos de solos e das exigências das culturas em relação aos mesmos.

Resultados positivos de maior número de parcelamentos no cultivo irrigado do cafeeiro são encontrados na literatura. No entanto, trabalhos com parcelamentos acima de 12 vezes não obtiveram melhores resultados, como o realizado por Silva (2002), que estudando épocas de irrigação e parcelamentos da adubação em 12, 24 e 36 aplicações pela fertirrigação verificou que o aumento no número de aplicações não resultou em diferenças significativas entre os tratamentos. Também, o excesso de parcelamentos pode não ser recomendado pelas explicações de Coelho (1994), quando afirma que o parcelamento de nutrientes deve ser definido considerando seu potencial de perda por lixiviação e que essa perda pode variar muito devido ao grande número de fatores envolvidos. Sobreira et al. (2011) concluíram que o parcelamento ideal é de 12 vezes durante o ano, para cafeeiros irrigados em formação. Trabalhando com 4 e 12 parcelamentos esses autores encontraram melhores resultados na segunda opção.

Pesquisadores ainda discutem a viabilidade da fertirrigação em regiões aparentemente sem limitações hídricas para o cultivo do café, como é o caso do Sul de Minas Gerais (SILVA; FARIA; REIS, 2003). No entanto, de acordo com Silva, Teodoro e Melo (2008) consideráveis perdas de produtividade e qualidade

dos grãos são observadas com a ocorrência de veranicos em fases fenológicas críticas da cultura. Além do fornecimento de água em fases fenológicas críticas, a fertirrigação permite aumentar a produtividade das lavouras e melhorar a qualidade dos frutos de café, reduzindo os custos com mão de obra durante as adubações (GOMES; LIMA; CUSTÓDIO, 2007).

Para o cafeeiro cultivado em sequeiro as doses mais adequadas de N e K para adubação da lavoura em fase de formação (primeiro e segundo anos após o plantio) foram estabelecidas e são recomendadas por Guimarães et al. (1999), podendo ser divididas em três ou quatro parcelamentos. Quanto ao fósforo, os mesmos autores recomendam aplicá-lo todo no sulco de plantio. Considerando plantas não irrigadas Clemente (2005) e Clemente et al. (2008) relatam que as doses de adubo recomendadas para a adubação do cafeeiro no primeiro ano situam-se entre 71% e 112% da adubação padrão recomendada por Guimarães et al. (1999) para todos os nutrientes, de forma independente da aplicação ser sólida ou líquida.

Quando se trata de lavouras de café em produção existem duas ferramentas que auxiliam nas recomendações técnicas para as adubações: nível crítico e faixa crítica (ou faixa de suficiência) de teores foliares de nutrientes. O nível crítico é definido como aquela concentração em uma parte específica da planta, em determinado estágio de crescimento, na qual ocorre redução de 5% ou de 10 % na produtividade máxima (SUMNER, 1979; ULRICH; HILLS, 1973). Também pode ser conceituado como aquela concentração associada ao ponto em que ocorre um desvio na curva de resposta da produção em função do nutriente, ou aquela concentração abaixo da qual a taxa de crescimento, de produção ou a qualidade do produto são significativamente reduzidas (BATAGLIA; DENCHEN; SANTOS, 1992). Tem sido definido, também, 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 nível crítico pode ser definido como a concentração com a qual a planta apresentará performance muito próxima da máxima (FONTES, 2001).

Diversos procedimentos podem ser utilizados para definir o nível crítico 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: a) ajusta-se um modelo (equação) relacionando a 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 performance máxima; b) 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; c) 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, 2001).

O teor do nutriente na folha pode sofrer alterações acentuadas pela influência de uma série de fatores, além de sua disponibilidade no solo, ou seja, clima, genótipo, disponibilidade de outros nutrientes, manejo, amostragem, características físicas e químicas do solo. A maior desvantagem do método de determinação do teor do nutriente na folha é sua ineficiência 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, e, para o cafeeiro, o método das faixas críticas tem sido o mais empregado (MARTINEZ; NEVES; ZANBINI, 2003).

Para a 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 associado 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; DENCHEN; SANTOS, 1992).

Faixa crítica ou faixa de suficiência é a extensão do critério no nível crítico, o qual indica apenas o ponto ótimo de concentração de determinado nutriente na planta. Pode ser definida como a faixa de concentração do nutriente 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, 2001). Essa faixa de concentração corresponde de 90% a 100% (JONES JÚNIOR; WOLF; MILLS, 1991) ou de 95% a 100% da produção máxima (DOW; ROBERTS, 1982; ROBERTS; 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, 2001).

Para o estabelecimento de faixas críticas ou adequadas de teores foliares de macronutrientes, Reuter e Robinson (1988), recomendam que essas sejam determinadas nas plantas que apresentarem 90% do crescimento máximo. O crescimento máximo, por sua vez, pode ser estabelecido a partir de medições e contagens realizadas nas plantas em estudo. Entre elas podem ser citados para o cafeeiro: altura de planta, diâmetro de copa, diâmetro de caule, comprimento de ramos plagiotrópicos primários e número de nós nos ramos plagiotrópicos primários. Também, a partir de algumas dessas informações, pode-se calcular o índice de área foliar (IAF), dado em $m^2 m^{-2}$. Trata-se da relação funcional que há

entre a área foliar da cultura e a área de terreno ocupada por ela. Watson (1952), explica que o rendimento agrícola é expresso pela quantidade de matéria colhida por unidade de área, sendo válido expressar a área foliar sobre a mesma base do rendimento.

Através de método não destrutivo, Favarin et al. (2002) propuseram um modelo de cálculo para o IAF e constataram que as variáveis de arquitetura da copa do cafeeiro ajustam-se razoavelmente quando correlacionadas (modelo linear) com o índice de área foliar.

Além dessas variáveis, a produtividade da cultura deve ser utilizada sempre que possível nas pesquisas, uma vez que são parâmetros altamente significativos quando se trata de produção agrícola, certamente com a força de conferir aplicações práticas aos trabalhos científicos.

Nas Tabelas 1 e 2 são representadas faixas críticas de macronutrientes e teores adequados de micronutrientes em folhas de cafeeiro em produção conduzidos em regime de sequeiro, encontradas na literatura.

Tabela 1 Faixas críticas de macronutrientes para o cafeeiro em produção no sequeiro. UFLA, Lavras, 2012

Autores	Macronutrientes (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Reuter e Robinson (1988)	25-30	1,5-2,0	21-26	7,5-15,0	2,5-4,0	0,2-1,0
Mills e Jones Júnior (1996)	23-30	1,2-2,0	20-25	10-25	2,5-4,0	1,0-2,0
Malavolta (1993)	27-32	1,5-2,0	19-24	10-14	3,1-3,6	1,5-2,0
Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)	29-32	1,6-1,9	22-25	13-15	4,0-4,5	1,5-2,0
van Raij et al. (1997)	26-32	1,2-2,0	18-25	10-15	3,0-5,0	1,5-2,0

Fonte: Clemente et al. (2008)

Tabela 2 Teores adequados de micronutrientes para o cafeeiro em produção no sequeiro. UFLA, Lavras, 2012

Autores	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
	Zn	B	Mn	Fe	Cu
Willson (1985)	15-30	40-90	50-100	70-200	7-20
Reuter e Robinson (1988)	15-30	40-100	50-100	70-200	16-20
Malavolta (1993)	8-16	59-80	120-210	90-180	8-16
Mills e Jones Júnior (1996)	12-30	40-75	50-200	70-125	10-25
Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)	15-20	50-60	80-100	100-130	11-14

Fonte: adaptado de Corrêa et al. (2001)

Na tabela 3 são demonstradas as faixas críticas de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio propostas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), para lavouras de café em produção no regime de sequeiro e por períodos sucessivos de dois meses durante o ano.

Tabela 3 Faixas críticas de N, P e K (g kg⁻¹) para o cafeeiro em produção no sequeiro. UFLA, Lavras, 2012

Elemento	Período					
	Jan./Fev.	Mar./Abr.	Mai./Jun.	Jul./Ago.	Set./Out.	Nov./Dez.
N	28 - 31	26 - 31	28 - 31	26 - 29	28 - 32	28 - 32
P	1,7 - 1,9	1,5 - 1,9	1,4 - 1,9	1,2 - 1,6	1,4 - 1,6	1,6 - 1,9
K	22 - 25	19 - 24	20 - 24	22 - 25	22 - 25	24 - 31

Fonte: adaptado de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)

Martinez et al. (2003) encontraram faixas críticas das concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras cafeeiras não irrigadas de alta e baixa produção em quatro regiões do Estado de Minas Gerais. A amplitude das faixas críticas do nitrogênio nesses trabalhos foi de 25,2 a 32,8 g kg⁻¹ para alta produção e de 23,5 a 31,3 g kg⁻¹ para baixa produção. Para o fósforo a variação

foi de 1,1 a 1,9 g kg⁻¹ nas lavouras de alta produção e de 0,9 a 3,2 g kg⁻¹ nas lavouras de baixa produção. No caso do potássio houve variação de 18 a 33,1 g kg⁻¹ e de 20,4 a 30,8 g kg⁻¹, respectivamente.

Para cafeeiros de alta produtividade (acima de 50 sacas beneficiadas ha⁻¹) os teores foliares encontrados foram 32,7 g kg⁻¹ de N, 1,7 g kg⁻¹ de P e 23,5 g kg⁻¹ de K (BATAGLIA, 2004).

Algumas recomendações foram propostas para faixas críticas dos teores foliares para mudas em viveiro: Gonçalves (2005) e Gontijo (2004); e para lavouras de primeiro ano após o ano de implantação em vasos, Clemente (2005) e Clemente et al. (2008). (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes para mudas de cafeeiro em saquinhos, mudas em tubetes e plantas de 1º ano de adubação pós-plantio em vasos. UFLA, Lavras, 2012

Autores	Macronutrientes (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
1	25,7- 27,8	3,3-3,8	25,8-27,0	7,0-7,7	1,1-1,2	2,2-2,6
2	22,6- 26,2	2,2-2,5	25,9-29,2	6,9-7,6	1,1-1,2	1,5-2,4
3	19,2- 23,2	11,4- 12,1	173,9- 190,2	127,0- 141,1	82,6- 89,7	14,9- 17,7

1: Gontijo (2004), mudas em saquinhos; 2: Gonçalves (2005), mudas em tubetes; 3: Clemente et al. (2008), 1º ano de adubação após o ano de formação em vasos.

Tabela 5 Faixas críticas de teores foliares de micronutrientes para mudas de cafeeiro em saquinhos, mudas em tubetes e plantas de 1º ano de adubação pós-plantio em vasos. UFLA, Lavras, 2012

Autores	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
	Zn	B	Mn	Fe	Cu
1	3,68-4,08	39,74-39,94	33,05-37,21	209,0-213,9	6,94-9,29
2	12,08-15,54	37,53-48,93	225,1-253,6	94,12- 115,33	1,31-1,75
3	11,51-11,92	12,42-18,54	127,2-178,7	424,9-457,3	12,4-18,54

1: Gontijo (2004), mudas em saquinhos; 2: Gonçalves (2005), mudas em tubetes; 3: Clemente (2005), 1º ano de adubação após o ano de formação em vasos.

2.3 Avaliação do estado nutricional das plantas

Na falta, ou quando há excesso de um nutriente ou de um elemento químico, as plantas podem manifestar sintomas característicos. Tais sintomas, que aparecem nas folhas, caules e raízes, podem ser de grande importância para se determinar o estado nutricional do vegetal. Muitas vezes o sintoma de carência ou de toxidez não é visível. Mesmo assim, pode haver falta ou excesso de um nutriente, o que é chamado de “fome” ou “toxidez” oculta, detectada somente através de análise química do material vegetal ou diagnose foliar (MALAVOLTA, 2006).

Por meio de procedimentos diretos ou indiretos é possível determinar o estado nutricional das plantas. Os procedimentos diretos são aqueles em que as concentrações aparentes (análise visual) ou reais (análise da matéria seca ou da seiva) dos nutrientes são determinadas. De forma geral os métodos mais utilizados são a diagnose visual, a análise de solo e a diagnose foliar. 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 (FONTES, 2001).

A observação visual dos sintomas é uma forma rápida e pouco dispendiosa de diagnóstico, mas é limitada pelo fato de que boa parte da produção das plantas já pode estar comprometida quando os sintomas são visíveis. Outra limitação está relacionada às condições de campo, em que mais de um sintoma de carência ou excesso podem estar associados refletindo uma situação complexa de infertilidade do solo ou do uso de correções ou adubações inadequadas. Como a água é o veículo para a absorção e transporte dos nutrientes é comum que, em períodos secos, alguns sintomas se acentuem (MARTINEZ et al., 2004). Deve-se considerar ainda que o método é qualitativo, o que permite identificar o nutriente limitante, mas não estabelece doses para sua correção, e que a diagnose visual não permite, com a devida clareza, o diagnóstico de deficiências múltiplas, devido o mascaramento dos sintomas típicos (FAQUIN, 2001). É importante lembrar ainda que o diagnóstico de uma deficiência ou de um excesso pode ser dificultado devido à semelhança que pode haver com o sintoma causado por pragas, doenças ou por causas abióticas, como condições de clima (MALAVOLTA, 2006).

Outro método para avaliar o estado nutricional das plantas é a análise química do solo. Por meio dessa técnica procura-se determinar o grau de suficiência ou deficiência de nutrientes no solo, bem como quantificar condições adversas que apresentem efeitos prejudiciais ao desenvolvimento das culturas (acidez, salinidade, toxidez de Al^{+++} , etc.), pelo uso de extratores químicos. A técnica oferece vantagens, como baixo custo operacional, rápida execução e disponibilidade de laboratórios, além de permitir o planejamento da recomendação de fertilizantes antes da implantação da cultura (CARVALHO et al., 2001).

Além da diagnose pela análise visual e pela análise química do solo, a análise química das folhas é frequentemente utilizada. A aptidão das plantas em absorver e utilizar os nutrientes 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 ser utilizados na realização da diagnose química, a folha é o mais usado, pois, é nela que ocorre o metabolismo, e seu estado nutricional é bem representado em sua composição (CARVALHO et al., 2001).

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 nessas concentrações relacionam-se com produções maiores ou menores (EVENHUIS; WAAR, 1980). Portanto, é uma importante ferramenta para identificar e corrigir deficiências e desequilíbrios nutricionais na planta (BALDOCK; SCHULTE, 1996; MELDAL-JOHNSEN; SUMMER, 1980), monitorando e avaliando a eficiência do programa de adubação de determinada cultura (MELDAL-JOHNSEN; SUMMER, 1980) e a fertilidade do solo (DARA; FIXEN; GELDERMAN, 1992).

Essa metodologia utiliza a composição mineral da folha para avaliar o estado nutricional das plantas e a fertilidade do solo, em que a planta funciona como extrator químico (BATAGLIA; DENCHEN; SANTOS, 1992).

Sabe-se que a redistribuição (mobilidade) varia entre os nutrientes na planta. Assim, os teores adequados (níveis críticos ou faixas críticas) também podem variar com a idade da folha e da planta, em função dessa redistribuição. Com o aumento da idade da folha, há uma tendência de os teores dos nutrientes móveis diminuírem devido à migração para outros órgãos. Ao contrário, para os imóveis e pouco móveis a tendência é de aumento nos teores devido ao acúmulo. Esse aspecto leva a algumas implicações que devem ser consideradas na amostragem: a) teor foliar adequado em uma época pode não ser o mesmo em outra; b) necessidade de padronização da amostragem considerando-se a idade da folha e da planta. Assim, devido à interferência de diversos fatores sobre a

composição da folha, a amostragem deve ser obtida de talhões homogêneos, em épocas adequadas, retirando-se folhas de posições e idade definidas da planta e em número suficiente. Só assim o estado nutricional da população será bem representado e o resultado poderá ser comparado com os padrões nutricionais existentes (MALAVOLTA, 1980).

Interpretar o resultado da análise foliar significa comparar o valor da concentração de cada nutriente na amostra analisada com a concentração considerada padrão ou ótima. A interpretação fundamenta-se em três premissas: a) relação entre a concentração do nutriente em determinada parte da planta (folha, mais comumente) e a performance da cultura (produção de matéria seca, bons frutos, amido, licopeno, etc.) naquele momento (diagnóstico) ou no futuro (prognóstico); b) determinada concentração ou faixa ideal de concentração do nutriente na matéria seca de parte da planta (folha, mais comumente), associada com a máxima performance da cultura; e c) possibilidade de comparar a concentração de determinado nutriente na amostra enviada ao laboratório com a concentração desse nutriente em plantas normais ou com padrões estabelecidos (FONTES, 2001).

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, e os métodos mais comuns para interpretação dos resultados desse tipo de análise consistem no uso do nível crítico e das faixas de suficiência ou faixas críticas (CARVALHO et al., 2001).

A interpretação utilizando as faixas críticas é relativamente menos afetada por pequenos efeitos locais de ambiente e da própria planta que o nível crítico, uma vez que os limites das faixas são maiores. Embora as faixas críticas tenham sido criadas para dar mais flexibilidade à diagnose, elas diminuem a

precisão do diagnóstico porque os limites são amplos (BATAGLIA; DENCHEN; SANTOS, 1992).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Lavras, Minas Gerais, em área pertencente ao Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (DAG/UFLA) em altitude de 910 metros, latitude sul de 21°14'06" e longitude de 45°00'00" W Gr.

O clima é classificado como Cwa, temperado chuvoso com inverno seco e verão chuvoso, e subtropical, com inverno seco e temperatura do mês mais quente maior que 22,8 °C em fevereiro. A precipitação anual média é de 1.460 mm, com a maior e a menor precipitação mensal normal de 321 mm em janeiro e 7 mm em julho. A temperatura média anual é de 20,4 °C, variando de 17,1 °C em julho a 22,8 °C em fevereiro. A evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR) variam de 899 a 956 mm e de 869 a 873 mm, respectivamente (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

3.1 Caracterização da área experimental

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-escuro distroférico de textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006). As amostras para análise química e física foram coletadas nas camadas de 0 a 20 cm e de 21 a 40 cm de profundidade, e os resultados podem ser vistos na Tabela 6.

Tabela 6 Caracterização química e física do solo da área experimental. UFLA, Lavras, 2012

Característica	0-20 cm	21-40 cm
pH	5,50	5,20
P-rem (mg L ⁻¹)	23,48	14,87
P (mg dm ⁻³)	76,08	10,43
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,28	0,15
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,77	2,12
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,88	0,35
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,20	0,40
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,70	6,44
T (cmol _c dm ⁻³)	9,62	9,06
Mg (T%)	9,12	3,89
Ca (T%)	39,11	23,36
K (T%)	2,87	1,64
V (%)	51,20	28,90
m (%)	2,23	7,76
M.O. (dag kg ⁻¹)	3,84	3,28
Areia (%)	27,00	23,00
Silte (%)	20,00	9,00
Argila (%)	53,00	68,00

Legenda: pH (acidez ativa); P-rem (fósforo remanescente); P (fósforo disponível); K⁺ (potássio trocável); Ca²⁺ (cálcio trocável); Mg²⁺ (magnésio trocável); Al³⁺ (alumínio trocável); H+Al (acidez potencial); T (capacidade de troca de cátions a pH 7); Mg, K e Ca (T%) (participação de magnésio, potássio e cálcio trocáveis em T); V (saturação por bases); m (saturação por alumínio); M.O.: matéria orgânica.
pH em água; P e K: extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al: extrator KCl 1mol L⁻¹; H + Al: extrator SMP; matéria orgânica: oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N.

A correção da acidez do solo e aplicação dos fertilizantes nos sulcos de plantio foram feitas seguindo as recomendações de Guimarães et al. (1999).

Os cafeeiros destinados ao experimento foram plantados em março de 2010 com mudas convencionais da cultivar Topázio MG-1190, no espaçamento de 2 metros entre linhas e 60 centímetros entre plantas nas linhas (2,0 x 0,6 m).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental em blocos ao acaso contou com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte e quatro parcelas. Cada parcela constou de oito plantas (9,6 m²), sendo seis plantas na parcela útil (7,2 m²), perfazendo o total de 144 plantas avaliadas em 172,8 m². Foram consideradas bordaduras, duas plantas (uma em cada extremidade) de cada parcela e uma fileira de plantas adjacente a cada fileira de parcelas úteis. Assim o experimento ocupou uma área total de 691,2 m² ocupada com 576 plantas, sendo que as bordaduras receberam os mesmos tratamentos das parcelas avaliadas.

Os tratamentos constaram de seis níveis de adubação para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), correspondentes a 10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160% da adubação padrão (100%) recomendada por Guimarães et al. (1999) para adubação de primeiro ano pós-plantio em função de análise do solo para lavoura de sequeiro. Os níveis considerados como padrão foram: 20 g de P₂O₅ por muda no sulco de plantio; 20 g de K₂O e 40 g de N por planta em aplicações parcelas a partir de outubro/2010.

3.3 Condução e manejo do experimento

Os fertilizantes contendo nitrogênio e potássio foram aplicados via fertirrigação em doze parcelamentos iguais, conforme sugerido por Sobreira (2010), enquanto que a adubação fosfatada foi distribuída nos sulcos de plantio considerando as mesmas porcentagens em relação à recomendação padrão de Guimarães et al. (1999).

Nitrogênio, fósforo e potássio foram fornecidos na forma de ureia (45% de N), superfosfato simples (18% de P₂O₅) e nitrato de potássio (12% de N + 43% de K₂O). Cálcio, magnésio e enxofre foram fornecidos pelo calcário e pelo

superfósforo simples. Os micronutrientes foram aplicados em três pulverizações foliares, nos dias 20/01/11, 18/05/11 e 22/09/2011. Os fertilizantes utilizados nas pulverizações, de acordo com Guimarães et al. (1999), foram: sulfato de zinco (21% de Zn), ácido bórico (17,5% de B) e sulfato manganoso (26% de Mn).

No sistema de irrigação localizada foram utilizados gotejadores autocompensantes com vazão nominal de 4 L hora⁻¹. As irrigações, quando necessárias, foram realizadas as terças e sextas-feiras, e o volume de água aplicado foi calculado por meio de dados climáticos obtidos na estação meteorológica instalada nas proximidades da área experimental. O método utilizado para os cálculos foi o de Penman-Monteith, adotado como padrão pela *Food and Agricultural Organization (FAO)* para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) (VESCOVE; TURCO, 2005).

Aproximadamente de 15 em 15 dias a pressão do sistema foi aferida através de manômetro, nos cavaletes de saída da água para cada tratamento, tendo-se mantido constante ao longo de todo o período de condução do experimento.

As principais informações climáticas e as lâminas de irrigação aplicadas durante o período em que foram realizadas as 12 fertirrigações encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 Temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), evapotranspiração de referência média (mm), evapotranspiração acumulada (mm), precipitação acumulada (mm) e lâmina aplicada (mm). UFPA, Lavras, 2012

MÊS/ANO	T (°C) (Média)	UR (%) (Média)	Eto (mm) (Média)	Eto (mm) (Acumulada)	Precipitação (mm) (Acumulada)	Lâmina aplicada (mm) (Acumulada)
Nov./2010	22,10	81,09	2,28	84,00	351,70	22,54
Dez./2010	23,93	83,26	2,72	84,46	318,00	33,41
Jan./2011	23,49	83,42	2,50	77,43	357,00	35,02
Fev./2011	24,31	75,71	2,52	70,62	121,60	52,87
Mar./2011	22,50	86,61	1,86	57,67	317,60	24,13
Abr./2011	22,10	78,20	2,20	66,00	56,40	53,36
Mai./2011	18,81	81,16	1,46	45,16	13,20	43,87
Jun./2011	16,86	80,70	1,24	37,15	37,40	33,32
Jul./2011	17,83	73,77	1,38	42,62	1,80	39,77
Ago./2011	20,16	64,23	1,92	59,41	9,60	65,11
Set./2011	20,25	58,93	2,22	64,43	0,80	67,74
MÉDIA	21,12	77,01	2,03	62,63	144,10	42,83
TOTAL	-	-	-	688,95	1585,10	471,14

A área experimental contou com tratamento fitossanitário visando controlar pragas (bicho mineiro e ácaro vermelho) e doenças (ferrugem e cercosporiose), utilizando produtos registrados para o cultivo do cafeeiro e seguindo as orientações contidas nas respectivas bulas. Para o manejo de plantas invasoras utilizaram-se métodos alternativos, como capinas e roçadas manuais, aplicação de herbicidas pré-emergentes e pós-emergentes registrados para a cultura e indicados para as plantas-alvo predominantes no local. A eliminação de ramos ladrões foi feita manualmente por meio de desbrotas, de acordo com a necessidade.

3.4 Avaliações

As avaliações de crescimento e a amostragem de folhas para análises químicas foram feitas em seis épocas: E1 (28/12/2010); E2 (23/02/2011); E3 (03/05/2011); E4 (30/06/2011); E5 (01/09/2011) e E6 (28/10/2011). A correspondência dessas épocas com os períodos do ano para efeito de faixas críticas foi: E1 = nov./dez.; E2 = jan./fev.; E3 = mar./abr.; E4 = mai./jun.; E5 = jul./ago. e E6 = set./out.

Foram avaliadas, em cada época, as seguintes características de crescimento:

a) Altura de plantas (cm): medida do colo até o ápice do ramo ortotrópico (caule).

b) Comprimento de ramos plagiotrópicos primários (cm): média de dois ramos, um de cada lado no sentido perpendicular à linha das plantas, medidos desde a inserção no caule até seus ápices, sempre nos ramos marcados.

c) Diâmetro de copa (cm): medido entre o ápice do maior ramo plagiotrópico primário de um lado até o ápice do maior ramo plagiotrópico primário do outro lado da planta, no sentido perpendicular à linha das plantas.

d) Diâmetro de caule (cm): medido com paquímetro digital a dois centímetros acima do nível do solo.

e) Número de nós nos ramos plagiotrópicos primários: determinado por contagem direta.

f) Estimativa do índice de área foliar (IAF): realizado na sexta e última avaliação por meio de metodologia proposta por Favarin et al. (2002). A equação “ $IAF = 0,0134 + 0,7276 Di^2 Ap$ ” foi adaptada da original: “ $IAF = 0,0134 + 0,7276 Di^2 Hd$ ”. “Di” corresponde ao diâmetro da seção inferior do dossel (m), correspondente ao diâmetro de copa (m) das plantas avaliadas. A altura do dossel “Hd” foi substituída pela altura de planta “Ap”, por não ter sido

descontada a distância entre o nível do solo e a inserção do primeiro ramo plagiotrópico primário.

Nas mesmas datas das avaliações de crescimento e sempre com pelo menos 30 dias depois da última fertirrigação e/ou adubação foliar, foram coletadas folhas e realizadas análises químicas para determinar os teores foliares dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn). De acordo com recomendações adaptadas de van Raij et al. (1997), foram coletadas 32 folhas de cada parcela útil, do terceiro ou do quarto par de folhas adultas, contados a partir do ápice dos ramos, na altura média do cafeeiro e dos dois lados da planta, no sentido perpendicular à fileira de plantas. As amostras foram acondicionadas em envelopes de papel e encaminhadas ao laboratório. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Material Vegetal da Fundação de Apoio à Tecnologia Cafeteira (Fundação PROCAFE), localizado no município de Varginha - MG.

Avaliou-se também, na primeira colheita, a produtividade de frutos de café ($L\ planta^{-1}$) obtida em julho de 2012, colhendo-se o total de frutos em cada parcela útil e dividindo-o pelo número de plantas úteis da parcela.

3.5 Determinação das faixas críticas de teores foliares de N, P e K

Com efeito significativo dos níveis de nutrientes sobre a produtividade de café, obteve-se a equação de regressão para produtividade ($L\ planta^{-1}$) em função de diferentes níveis aplicados de N, P e K. Derivando-se essa equação encontrou-se o nível máximo de N, P e K que possibilitou obter a máxima produção. Em seguida calculou-se 90% desse nível, que possibilita obter 90% da máxima produtividade ou do máximo crescimento (REUTER; ROBINSON, 1988). O valor encontrado foi substituído na mesma equação de regressão, permitindo utilizar a fórmula resolutiva de Bháskara, por meio da qual foram

identificados o limite inferior e o limite superior dos níveis de adubação que possibilitam obter pelo menos 90% da máxima produtividade.

As faixas críticas dos teores foliares foram obtidas pela associação da equação de regressão da característica avaliada (produtividade) com as equações de regressão dos teores foliares dos nutrientes N, P, e K, em cada época de avaliação, utilizando os limites encontrados pela fórmula resolutive de Bháskara.

3.6 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa computacional SISVAR, versão 5.3, desenvolvido por Ferreira (2000).

Para análise estatística adotou-se a subdivisão no tempo para as características de crescimento e para as análises foliares, uma vez que se propôs determinar as faixas críticas de teores foliares de N, P e K por períodos sucessivos de dois meses durante o ano.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) para altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm), diâmetro de caule (cm), comprimento de ramos plagiotrópicos primários (cm) e número de nós nos ramos plagiotrópicos primários em função das doses de N, P e K aplicadas via fertirrigação.

Na fase de formação da lavoura, as plantas de cafeeiro não têm o dreno forte dos frutos, sendo que o produto da fotossíntese é carregado para as partes novas para o crescimento. Conforme relatado por Rena e Maestri (1986), as partes novas das plantas têm grande força de dreno, sendo, portanto, uma possível explicação para a ausência de diferenças significativas quando se avalia somente o crescimento. Possivelmente, mesmo no menor nível de adubação, as plantas enquanto jovens conseguiram suprir suas necessidades de crescimento com os nutrientes contidos no solo antes da instalação do experimento, somados às fertirrigações realizadas ao longo do trabalho.

Outra alternativa para se tentar identificar diferenças no crescimento das plantas é a estimativa do índice de área foliar (IAF), que reflete a capacidade fotossintética da planta. Buscou-se então, durante a sexta e última avaliação, estimar o IAF.

A exemplo das outras características de crescimento, o IAF também não sofreu efeito significativo ($P < 0,05$) devido aos diferentes níveis de N, P e K aplicados via fertirrigação.

Esse resultado pode ser explicado pela constatação de Favarin et al. (2002), de que as variáveis associadas à arquitetura da copa do cafeeiro apresentam elevado coeficiente de correlação e são altamente significativas para a estimativa do índice de área foliar.

A hipótese de que pudesse haver variações no desenvolvimento das plantas (florescimento e frutificação) no ano seguinte, levou à avaliação da produtividade de frutos de café em L planta⁻¹.

Comprovado o efeito dos diferentes níveis de adubação sobre essa variável, ficou claro que a produtividade do cafeeiro é determinada em função do desenvolvimento da planta no ano anterior, envolvendo as diversas fases do florescimento e frutificação (RENA; MAESTRI, 1986).

As parcelas foram colhidas em julho de 2012, e na Tabela 8 é demonstrada a análise de variância para produtividade de frutos de café (L planta⁻¹) em função de níveis de adubação NPK (nitrogênio, fósforo e potássio).

Tabela 8 Análise de Variância para produtividade de frutos de café (L planta⁻¹) em função de níveis de adubação NPK. UFLA, Lavras, 2012

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Doses (D)	5	37,7489	7,5498	7,901	0,0008
Blocos	3	0,5035	0,1678	0,176	0,9113
Resíduo	15	14,3334	0,9555		
Total	23	52,5859			

CV = 37%

Foram colhidos em média 0,68 L planta⁻¹ no nível de adubação NPK 10%; 1,27 L planta⁻¹ no nível de adubação NPK 40%; 2,98 L planta⁻¹ no nível de adubação NPK 70%; 4,08 L planta⁻¹ no nível de adubação NPK 100%; 3,81 L planta⁻¹ no nível de adubação NPK 130% e 3,03 L planta⁻¹ no nível de adubação NPK 160%.

Em se tratando de um fator quantitativo, aplicou-se a análise de regressão aos dados obtidos e ajustou-se ao modelo de regressão de segundo grau (Figura 1).

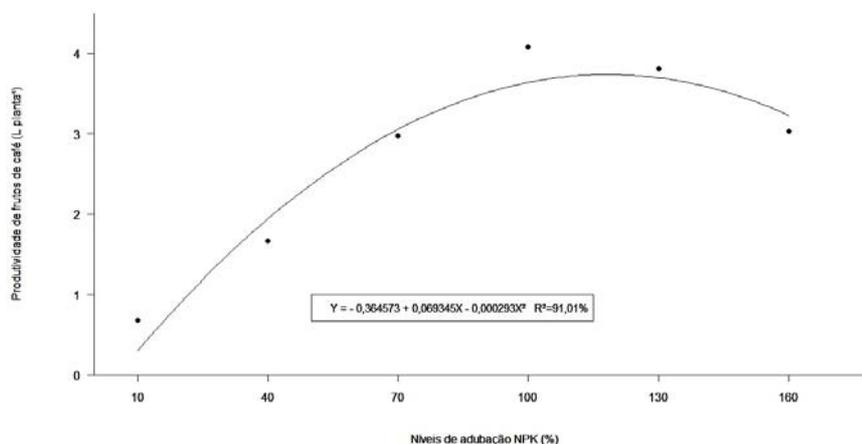


Figura 1 Produtividade de frutos de café (L planta⁻¹) em função de níveis de adubação NPK (%)

As faixas críticas de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio foram, então, determinadas partindo-se da equação de regressão para produtividade de frutos de café (L planta⁻¹) em função da aplicação de diferentes níveis de adubação NPK.

O nível de N, P e K para obtenção da máxima produtividade, corresponde a 118,33% da adubação padrão utilizada para lavoura de sequeiro em produção e foi obtido a partir da derivação da equação de regressão elucidada na Figura 1. Substituindo esse valor na mesma equação obteve-se a máxima produtividade: 3,74 L planta⁻¹. Calculou-se 90% desses valores encontrando-se 106,5% e 3,37 L planta⁻¹, respectivamente. É importante observar que o melhor nível de NPK encontrado para determinação das faixas críticas (106,5%) está muito próximo da recomendação padrão preconizada por Guimarães et al. (1999), que neste trabalho correspondeu ao nível de 100%.

Substituindo Y por 3,37 na mesma equação de regressão foi possível calcular o valor do discriminante de equação delta ($\Delta = b^2 - 4ac$) = 0,0004 para a fórmula resolutive de Bháskara:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

onde:

“a” = - 0,000293;

“b” = 0,069345;

“c” = - 3,7345 (calculado pela equação).

Por meio da fórmula chegou-se ao limite inferior e ao limite superior do nível de adubação que possibilita obter, pelo menos, 90% da produtividade máxima: 84,2% e 152,5% de NPK, respectivamente. Esses limites foram substituídos nas equações de regressão de cada nutriente e em cada uma das seis épocas de análise foliar, e assim foram determinadas as faixas críticas de teores foliares expressas em g kg^{-1} .

Os resultados dos desdobramentos de níveis de N, P e K dentro de cada época de avaliação possibilitaram calcular as faixas críticas do nitrogênio para as épocas 1 (nov./dez.), 3 (mar./abr.), 4 (mai./jun.) e 5 (jul./ago.); para o fósforo nas épocas 4 (mai./jun.), 5 (jul./ago.) e 6 (set./out.) e para o potássio nas épocas 4 (mai./jun.) e 6 (set./out.). Nas demais épocas não se observaram efeitos significativos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, dos níveis de adubação sobre os teores foliares dos nutrientes, exceto na época 2 para o nitrogênio, o que será discutido adiante.

Aplicada a análise de regressão aos dados de teores foliares de N, P e K, para os níveis de adubação em cada uma dessas épocas, encontraram-se os resultados ilustrados nas figuras que se seguem.

Na figura 2 podem ser observados os resultados encontrados para o nitrogênio.

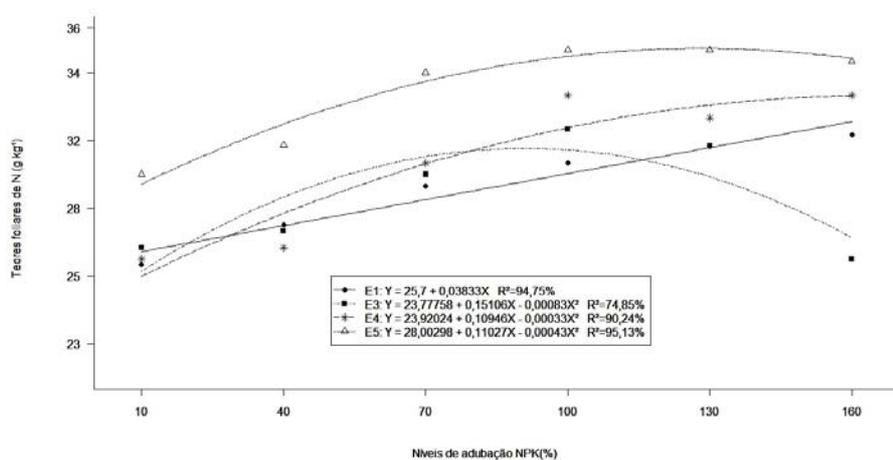


Figura 2 Teores foliares de N (g kg^{-1}) em função de níveis de adubação NPK (%)

Observa-se, pela Figura 2, que houve tendência linear crescente dos teores foliares de nitrogênio em função do aumento nos níveis de NPK na época 1 (nov./dez.), partindo de 26,0 até 31,8 g kg^{-1} . Isso implica em um aumento de 0,383 g kg^{-1} no teor foliar de nitrogênio a cada 10 pontos percentuais que se elevam nos níveis de adubação.

A equação gerada por essa tendência possibilitou determinar a faixa crítica do nitrogênio para o período novembro/dezembro: 28,9 a 31,5 g kg^{-1} .

Para esse período, e para lavoura de sequeiro em produção, Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) sugerem 28,0 a 32,0 g kg⁻¹.

Para as épocas 2, 3, 4 e 5 houve tendência quadrática dos teores foliares de nitrogênio em função do aumento nos níveis de adubação NPK. Na época 2 a equação de regressão foi significativa, mas a respectiva faixa crítica não foi determinada devido ao baixo ajuste dos dados ($R^2 = 32,94\%$).

Para a época 3 (mar./abr.) os menores valores foram 25,2 g kg⁻¹ para o nível de adubação de 10% e 26,7 g kg⁻¹ para o nível de 160%. O ponto de máximo teor foliar foi 30,6 g kg⁻¹, com diferença de 5,4 g kg⁻¹ entre o maior e o menor valor.

Encontrou-se, para março/abril, a faixa crítica de 27,5 a 30,6 g kg⁻¹ de nitrogênio, sendo que para o mesmo período, e para lavoura de sequeiro em produção, Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) sugerem de 26,0 a 31,0 g kg⁻¹.

Para a época 4 (mai./jun.) houve tendência quadrática crescente dos teores foliares de nitrogênio em função do aumento nos níveis aplicados de NPK, com menor valor de 25,0 g kg⁻¹ e ponto de máximo teor foliar de 33,0 g kg⁻¹. A diferença entre o maior e o menor valor dos teores foliares de nitrogênio foi de 8,0 g kg⁻¹.

A faixa crítica determinada para maio/junho é de 30,8 a 32,9 g kg⁻¹. Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) sugerem 28,0 a 31,0 g kg⁻¹ para o mesmo período.

Na época 5 (jul./ago.) houve tendência quadrática dos teores foliares de nitrogênio em função do aumento nos níveis de NPK, com 29,0 g kg⁻¹ para o menor nível de adubação (10%) e 34,5 g kg⁻¹ para o maior (160%), sendo o ponto de máximo teor foliar igual a 35,0 g kg⁻¹, e a diferença entre o maior e o menor valor dos teores foliares de 6 g kg⁻¹.

Encontrou-se a faixa crítica de 34,2 a 34,8 g kg⁻¹ de nitrogênio para julho/agosto, sendo que Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) sugerem para esse período 26,0 a 29,0 g kg⁻¹ para lavoura de sequeiro em produção.

Martinez et al. (2003) encontraram, para o ano todo, valores entre 23,5 e 32,8 g kg⁻¹ de nitrogênio, também para lavouras de sequeiro em produção.

Os maiores valores encontrados neste trabalho para o nitrogênio no período julho/agosto, em relação aos apresentados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) para o mesmo período, estão, possivelmente, relacionados à maior demanda do nutriente pelas plantas irrigadas, uma vez que as folhas foram amostradas para análise química no começo do mês de setembro, quando se deu o início da fase vegetativa dos cafeeiros. A discussão dos níveis de nitrogênio nas folhas é importante por ser uma avaliação costumeiramente utilizada pelos cafeicultores, com representação significativa na planta, como mostrado por Malavolta (1986), que encontrou 73% de nitrogênio nas partes vegetativas e 27% nos frutos de cafeeiros 'Catuaí' com quatro anos de idade.

Na figura 3 são representados os resultados encontrados para o fósforo.

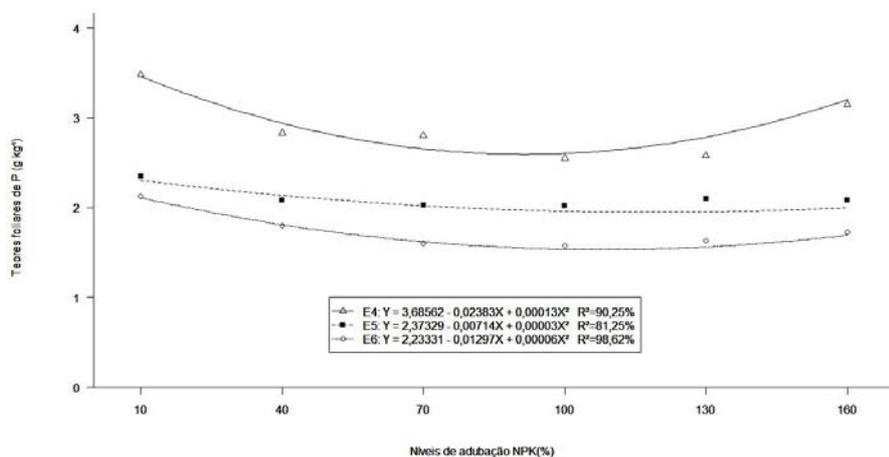


Figura 3 Teores foliares de P (g kg^{-1}) em função de níveis de adubação NPK (%)

Observa-se, pela Figura 3, que no caso do fósforo houve tendência quadrática dos teores foliares em função do aumento nos níveis aplicados de NPK nas épocas 4, 5 e 6.

Na época 4 (mai./jun.) os maiores valores foram $3,4 \text{ g kg}^{-1}$ para o nível de adubação de 10% e $3,1 \text{ g kg}^{-1}$ para o nível de 160%, com ponto de mínimo teor foliar igual a $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ e diferença entre o maior e o menor valor dos teores foliares de $0,9 \text{ g kg}^{-1}$.

Para maio/junho a faixa crítica determinada para o fósforo é de 2,6 a $3,3 \text{ g kg}^{-1}$.

Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) sugerem 1,4 a $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ no mesmo período, para lavouras de sequeiro em produção.

Pode-se explicar os valores superiores encontrados neste trabalho em relação àqueles encontrados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), para a mesma época e para lavouras de sequeiro em produção, pela possibilidade de maior absorção de fósforo em função da irrigação. A importância da

determinação dos teores de fósforo nas folhas pode ser comprovada com os trabalhos de Malavolta (1996), que encontrou 73% do nutriente nas partes vegetativas e 27% nos frutos, como no caso do nitrogênio.

Na época 5 (jul./ago.) os maiores valores foram $2,3 \text{ g kg}^{-1}$ para o nível de adubação de 10% e $2,1 \text{ g kg}^{-1}$ para o nível de 160%. O ponto de mínimo teor foliar foi de $1,9 \text{ g kg}^{-1}$, e a diferença entre o maior e o menor valor dos teores foliares de fósforo foi de $0,4 \text{ g kg}^{-1}$.

Ao invés da faixa crítica encontrou-se o nível crítico de fósforo para o período julho/agosto. Substituindo-se os limites inferior e superior do nível de adubação encontrados pela fórmula resolutive de Bháskara na respectiva equação de regressão, foram encontrados valores iguais a $1,9 \text{ g kg}^{-1}$.

Para esse período, e para lavoura de sequeiro em produção, Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) sugerem 1,2 a $1,6 \text{ g kg}^{-1}$.

Na época 6 (set./out.) os maiores valores foram $2,1 \text{ g kg}^{-1}$ para o menor nível de adubação (10%) e $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ para o maior (160%), sendo o ponto de mínimo teor foliar igual a $1,5 \text{ g kg}^{-1}$, com diferença entre o maior e o menor valor dos teores foliares de $0,6 \text{ g kg}^{-1}$.

A faixa crítica do fósforo encontrada para setembro/outubro é de 1,5 a $1,6 \text{ g kg}^{-1}$.

Para esse período, e para lavoura de sequeiro em produção, Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) sugerem 1,4 a $1,6 \text{ g kg}^{-1}$.

Para o ano todo, e também para lavouras de sequeiro em produção, Martinez et al. (2003) encontraram valores entre 0,9 e $3,2 \text{ g kg}^{-1}$ de fósforo.

Na figura 4 estão os resultados obtidos para o potássio.

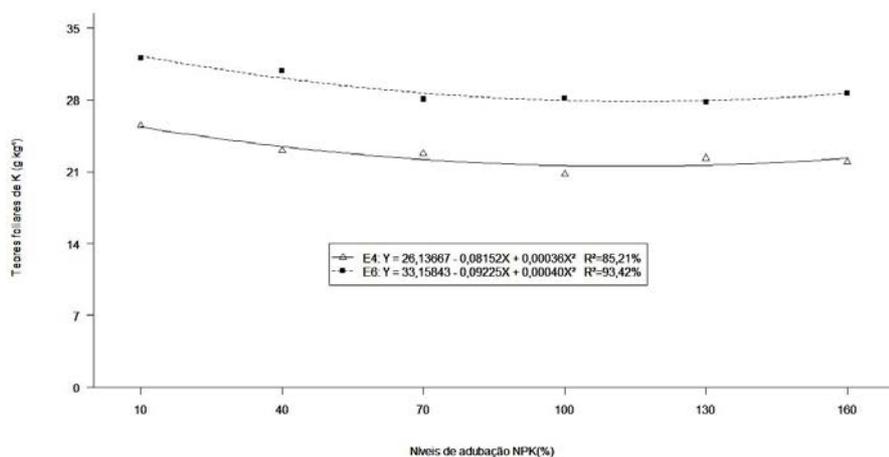


Figura 4 Teores foliares de K (g kg^{-1}) em função de níveis de adubação NPK (%)

Pela Figura 4 observa-se que houve tendência quadrática para os teores foliares de potássio em função dos níveis de adubação NPK nas épocas 4 e 6.

Para a época 4 (mai./jun.) os maiores valores foram $25,3 \text{ g kg}^{-1}$ para o menor nível de adubação (10%) e $22,2 \text{ g kg}^{-1}$ para o maior nível (160%), sendo que o ponto de mínimo teor foliar foi de $21,5 \text{ g kg}^{-1}$ e a diferença entre o maior e o menor valor dos teores foliares igual a $3,8 \text{ g kg}^{-1}$.

A faixa crítica de potássio determinada para maio/junho é de $21,8$ a $22,1 \text{ g kg}^{-1}$, sendo que para esse período, e para lavoura de sequeiro em produção, Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) sugerem $20,0$ a $24,0 \text{ g kg}^{-1}$.

Os maiores valores na época 6 (set./out.) foram $32,2 \text{ g kg}^{-1}$ para o menor nível de adubação (10%) e $28,5 \text{ g kg}^{-1}$ para o maior nível (160%). O ponto de mínimo teor foliar foi de $27,8 \text{ g kg}^{-1}$ e a diferença entre o maior e o menor valor dos teores foliares foi de $4,4 \text{ g kg}^{-1}$.

Encontrou-se, para o potássio, a faixa crítica de 28,2 a 28,4 g kg⁻¹ para setembro/outubro.

Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) sugerem, para lavoura de sequeiro em produção, 22,0 a 25,0 g kg⁻¹ para o mesmo período.

Martinez et al. (2003) encontraram para o ano todo, e para lavouras de sequeiro em produção, valores entre 18 e 33,1 g kg⁻¹ de potássio.

Os maiores valores encontrados para o potássio neste experimento, em relação aos obtidos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) no período setembro/outubro, estão, possivelmente, relacionados a maior demanda e maior absorção do nutriente pelos cafeeiros irrigados. O potássio, a exemplo do nitrogênio e do fósforo, está mais concentrado nas partes vegetativas (65%) em relação aos frutos (35%) (MALAVOLTA, 1986).

Não foi significativo o efeito dos diferentes níveis de adubação na época 6 para o nitrogênio, nas épocas 1, 2 e 3 para o fósforo e nas épocas 1, 2, 3 e 5 para o potássio, quando foram feitos os desdobramentos de doses dentro de cada época de análise foliar, exceto para o caso já comentado do nitrogênio na época 2. Assim, não foi possível obter as equações de regressão para a determinação das faixas críticas nessas épocas utilizando a fórmula resolutive de Bháskara. Optou-se então por calcular as médias dos teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio encontrados nos resultados de análise foliar nas referidas épocas e somente para o tratamento padrão (nível de adubação NPK = 100%), que possibilitou obter a maior produtividade de frutos de café (L planta⁻¹) em relação aos demais. De acordo com Guimarães, Mendes e Baliza (2010) a faixa crítica de referência para interpretação dos resultados de análise foliar varia com fatores genéticos, condições climáticas, exposição do terreno, tipo de solo, disponibilidade de água e nutrientes, interação entre nutrientes do solo e da planta, idade da cultura, produção pendente, volume e eficiência do sistema radicular, declividade do terreno, cultivo prévio, ataque de pragas e doenças, uso

de defensivos ou fertilizantes foliares e outras práticas de manejo que influenciam a composição mineral dos tecidos vegetais. Assim, diante das afirmações de Guimarães, Mendes e Baliza (2010), optou-se pela utilização dos teores foliares de nutrientes das plantas que tiveram melhor performance, que nas condições do experimento foram as do tratamento 100%.

Para esses casos os níveis críticos sugeridos são:

N na época 2: 27,3 g kg⁻¹; N na época 6: 31,5 g kg⁻¹.

P na época 1: 1,8 g kg⁻¹; P na época 2: 1,6 g kg⁻¹;

P na época 3: 1,5 g kg⁻¹.

K na época 1: 25,5 g kg⁻¹; K na época 2: 25,3 g kg⁻¹;

K na época 3: 23,2 g kg⁻¹; K na época 5: 23,6 g kg⁻¹.

Pelos efeitos não significativos dos níveis de adubação nessas épocas, pode-se inferir que estudos posteriores poderão sugerir redução nas adubações com N e K nas mesmas (P é aplicado no plantio), mas, em decorrência disso, pode haver necessidade de aumento nas adubações em outras épocas dentro do mesmo ciclo de produção da cultura.

Analisando os resultados obtidos neste trabalho para as faixas críticas e níveis críticos de N, P e K em comparação com os valores propostos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e por Martinez et al. (2003) observaram-se, de maneira geral, valores semelhantes. As diferenças encontradas se devem, possivelmente, às diferenças de idade das plantas analisadas neste experimento (cafeeiros em formação) e nos demais (cafeeiros em produção), além das condições gerais em que os experimentos foram conduzidos (sob irrigação neste trabalho e sob sequeiro nos demais). Corrêa et al. (2001) concluíram que as diferentes diagnoses nutricionais obtidas com os padrões propostos por vários autores indicam a necessidade de estabelecimento de teores adequados

calibrados localmente, para garantir maior segurança na realização da diagnose nutricional dos cafeeiros.

Ao final do experimento fez-se a análise de solo por tratamento, cujos resultados se encontram na Tabela 9.

Tabela 9 Caracterização química do solo da área experimental. UFLA, Lavras, 2012

NPK (%)	pH (H ₂ O)	P (mg dm ³)	K (cmol _c dm ³)	Ca (cmol _c dm ³)	Mg (cmol _c dm ³)	K (T%)	Ca (T%)	Mg (T%)
10	5,7	7,43	0,19	2,54	0,91	2,5	34,2	12,2
40	5,5	6,76	0,20	1,85	0,64	2,8	25,1	8,7
70	5,6	9,46	0,14	2,52	0,87	1,8	32,5	11,2
100	5,3	10,88	0,20	2,32	0,66	2,5	29,5	8,3
130	5,3	12,61	0,18	2,31	0,74	2,1	27,4	8,7
160	5,3	9,34	0,20	2,14	0,71	2,6	27,6	9,2

pH em água; P e K: extrator Mehlich 1; Ca e Mg: extrator KCl 1 mol L⁻¹.

Fonte: Laboratório de Análise de Solos e Material Vegetal de Varginha. Fundação PROCAFE.

Como se pode observar, o fósforo que estava com 76,08 mg dm³ antes do plantio das mudas veio para teores entre 6,76 mg dm³ na concentração NPK de 40% e 12,61 mg dm³ na concentração NPK de 130%, valores considerados baixo e médio por Guimarães et al. (1999), respectivamente. A queda pode ser explicada pelo fato de que a adubação fosfatada foi feita apenas no plantio, não tendo havido reposição durante a adubação no primeiro ano.

O potássio estava em 0,28 cmol_c dm³ e no final mostrou valores entre 0,14 cmol_c dm³ e 0,20 cmol_c dm³, nas concentrações NPK de 40% e 160%, considerados baixo e médio por Guimarães et al. (1999), respectivamente. Nota-se que os valores encontrados permaneceram dentro das faixas citadas por Guimarães et al. (1999), não havendo, portanto, desequilíbrios entre nutrientes causados por valores extremos, mesmo com a concentração mínima (10%) e máxima (160%) de NPK.

Os resultados das análises de folhas das plantas submetidas ao tratamento NPK = 100% mostraram que os teores foliares desses nutrientes, em geral, são semelhantes aos padrões encontrados na literatura.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Com base nos resultados do presente trabalho para lavouras de café irrigadas em fase de formação, frente aos resultados obtidos por diversos autores para lavouras não irrigadas em produção, sugere-se que sejam feitos novos estudos para adubação no primeiro ano pós-plantio em diferentes condições de solo e clima.

Sugere-se estudos com diferentes níveis de adubação a cada parcelamento mensal, para atendimento à demanda do cafeeiro irrigado na fase de formação, em função da marcha de absorção de cada nutriente nessas condições.

Sugere-se ainda, além das características avaliadas neste trabalho, que sejam realizados: estudos sobre o crescimento do sistema radicular do cafeeiro fertirrigado; estudo das estruturas internas dos órgãos vegetativos; avaliação de variáveis fisiológicas, entre outros, que possam auxiliar na elucidação de respostas dos cafeeiros aos tratamentos aos quais forem submetidos.

6 CONCLUSÕES

Para adubação no primeiro ano em lavouras fertirrigadas o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio é 118,33% da adubação padrão utilizada para lavouras de sequeiro.

As faixas críticas encontradas e os níveis críticos sugeridos de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras de café irrigadas no primeiro ano de adubação pós-plantio são:

Para o nitrogênio (g kg^{-1}): 28,9 a 31,5 em novembro/dezembro; 27,3 em janeiro/fevereiro; 27,5 a 30,6 em março/abril; 30,8 a 32,9 em maio/junho; 34,2 a 34,8 em julho/agosto e 31,5 em setembro/outubro.

Para o fósforo: 1,8 em novembro/dezembro; 1,6 em janeiro/fevereiro; 1,5 em março/abril; 2,6 a 3,3 em maio/junho; 1,9 em julho/agosto e 1,5 a 1,6 em setembro/outubro.

Para o potássio: 25,5 em novembro/dezembro; 25,3 em janeiro/fevereiro; 23,2 em março/abril; 21,8 a 22,1 em maio/junho; 23,6 em julho/agosto e 28,2 a 28,4 em setembro/outubro.

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, T. M. et al. Concentração de nitrato na solução do solo em função da aplicação de nitrato de cálcio e uréia. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18., 2008, São Mateus. **Anais...** São Mateus: ABID, 2008. 1 CD ROOM.

ARNON, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant physiol**, Washington, v. 14, p. 371-375, 1939.

ASSIS, G. A. **Irrigação para cafeeiros em diferentes densidades de plantio**. 2010. 97 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 3, p. 448-456, May/June 1996.

BATAGLIA, O. C.; DENCHEN, 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.

BATAGLIA, O. C. et al. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na produção. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 253-263, 2004.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

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

CARVALHO, J. G. et al. **Diagnose da fertilidade do solo e do estado nutricional de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 95 p.

CLEMENTE, F. M. V. T. et al. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio - primeiro ano. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 47-57, 2008.

CLEMENTE, F. M. V. T. **Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes em cafeeiro (Coffea arabica L.) no primeiro ano de formação da lavoura**. 2005. 63 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F., VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 201-227.

CORRÊA, J. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e estado nutricional de cafeeiros no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p. 1279-1286, nov./dez. 2001.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, dez. 2007.

DARA, S. T.; FIXEN, P. E.; GELDERMAN, R. H. Sufficiency level and diagnosis an thew corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 1006-1010, Nov./Dec. 1992.

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.

ERNANI, P. R. et al. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 393-402, 2007.

EVENHUIS, B.; WAAR, P. W. Principles and practices in plant analysis. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Soils**. Rome, 1980. p. 152-163. (Bulletin, 38/1).

FAGUNDES, A. V. **Adubação líquida na implantação da lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L.)**. 2006. 54 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

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

FAVARIN, J. L. et al. Equações para estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.

FERNANDES, A. L. T.; DRUMOND, L. C. D. Cafeicultura irrigada: alternativas para vencer o déficit hídrico. **Cafeicultura: A Revista do Cafeicultor**, Patrocínio, v. 1, n. 3, p. 2124, 2002.

FERREIRA, D. R. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 5.3. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p.

GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 564-570, 2007.

GONÇALVES, M. S. **Faixas críticas de teores foliares de nutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes**. 2005. 82 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

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

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. Lavras: UFLA, 2010. 215 p.: il.

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

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 683 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1986. p. 165-274.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

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

MARTINEZ, H. E. P. et al. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, jun. 2003.

MARTINEZ, H. E. P. et al. **Nutrição mineral, fertilidade do solo e produtividade do cafeeiro nas regiões de Patrocínio, Manhuaçu, Viçosa, São Sebastião do Paraíso e Guaxupé**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 60p. (Boletim Técnico, 72).

MARTINEZ, H. E. P.; NEVES, Y. P.; ZANBINI, V. A. Diagnóstico do estado nutricional do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Produção integrada de café**. Viçosa, MG: Ceres, 2003. p. 397-442.

MAY, J. T. Soil moisture. In: SOUTHERN pine nursey handbook. (S. 1): USDA, 1984. Cap. 11, p. 1-19.

MELDAL-JOHNSEN, A.; SUMNER, M. E. Foliar diagnosis norms for potatoes. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 2, n. 5, p. 569-576, 1980.

MILLS, H. A.; JONES JUNIOR, J. B. **Plant analysis handbook II**. 2nd ed. Athens: Micro-Macro, 1996. 422 p.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Adubação mineral de mudas de Eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.

NEVES, L. S.; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 25-32, 2009.

OLIVEIRA, H. F. E. et al. Concentração de nitrato na solução do solo sob diferentes doses e parcelamentos da adubação de cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 39, 2010, Vitória. **Trabalhos apresentados...** Vitória, ES, 2010.

OLIVEIRA, H. F. E. et al. Lixiviação e concentração de potássio na solução do solo sob diferentes doses e parcelamentos da adubação de cafeeiros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS DE CAFÉ, 6., 2009, Vitória. **Trabalhos apresentados...** Vitória: [s. n.], 2009. 1 CD ROM.

PAIVA, R. N. et al. Irrigação suplementar em cafeeiros do sul de Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 37., 2011, Poços de Caldas. **Trabalhos Apresentados...** Poços de Caldas: CBP&D-Café, 2011. 1 CD ROM.

REETZ, E. R. et al. **Anuário brasileiro do café 2012**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2012. 136 p.: il.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B. (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, 1986. 447 p.

REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. **Plant analysis**: an interpretation manual. 2nd ed. Melbourne: Inkata, 1988. 218 p.

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.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Rio de Janeiro: MAPA/Procafé, 2002. 250 p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. 476p.

SILVA, A. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, p. 37-44, 2003.

SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 387-394, 2008.

SILVA, V. A. Efeito de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Cu, e Mn) na formação e produção do cafeeiro em solo latossolo vermelho amarelo fase arenosa (LVA) com cultivo anterior na região cafeeira de Franca-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Trabalhos Apresentados...** Caxambu: CBP&D/Café, 2002. 1 CD ROM.

SOBREIRA, F. M. et al. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação em plantio adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 9-16, jan. 2011.

SUMNER, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, n. 2, p. 343-348, 1979.

TEODORO, R. E. F. et al. Efeito da fertirrigação nos teores foliares de nitrogênio e potássio e na produtividade do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 7., 2005, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2005. p. 45-49.

ULRICH, A.; HILLS, F. J. Plant analysis as an aid in fertilizing sugarcane crop: sugar beets. In: WALSH, M.; BEATON, J. B. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 271-288.

VAN RAIJ, B. et al. (Ed.). **Recomendações de adubação para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 97-101. Boletim Técnico, 100.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara - SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 713-721, set./dez. 2005.

VIVANCOS, A. D. **Fertirrigacion**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 217 p.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 4, p. 101-144, 1952.

WILLSON, K. C. Mineral nutrition and fertilizer needs. In: CLIFORD, N. N.; WILLSON, K. C. (Ed.). **Coffee botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croom Helm, 1985. p. 135-156.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela 1A Quadrados médios para altura de planta (cm), diâmetro de copa (cm), diâmetro de caule (cm), comprimento de ramos plagiotrópicos primários (cm) e número de nós nos ramos plagiotrópicos primários (n°). UFLA, Lavras, 2012

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		Altura de planta	Diâmetro de copa	Diâmetro de caule	Comprimento de ramos	Número de nós
Doses (D)	5	188,8920 ^{ns}	882,7240 ^{ns}	0,2135 ^{ns}	190,9707 ^{ns}	10,1595 ^{ns}
Blocos	3	448,2401 ^{ns}	603,1464 ^{ns}	0,3516 ^{ns}	107,2691 ^{ns}	1,9449 ^{ns}
Erro 1	15	146,1824	519,2586	0,2349	151,2229	7,4959
Épocas (E)	5	579,8554*	14881,9430*	7,1522*	4010,1851*	478,2076*
Erro 2	15	4,2258	8,2921	0,0228	3,0645	0,9184
D x E	25	7,8024*	31,1096*	0,0112 ^{ns}	3,4989 ^{ns}	0,5565*
Erro 3	75	3,8501	11,2848	0,0134	3,2989	0,2954
CV1(%)		16,14	27,96	21,92	29,76	22,56
CV2(%)		2,74	3,53	6,83	4,24	7,90
CV3(%)		2,62	4,12	5,25	4,40	4,48
Média geral		74,92	81,51	2,21	41,31	12,14

*Significativo a 5% pelo teste F.

ANEXO B

Tabela 1B Análise de variância para índice de área foliar do cafeeiro ($m^2 m^{-2}$) submetido a diferentes níveis de adubação NPK. UFLA, Lavras, 2012

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Concentrações NPK	5	0,213383	0,042677	0,846	0,5382
Blocos	3	0,089817	0,029939	0,594	0,6288
Resíduo	15	0,756583	0,050439		
Total	23	1,059783			

CV = 26,14%

ANEXO C

Tabela 1C Análise de Variância para o desdobramento de doses dentro de cada época de análise foliar para o nitrogênio. UFLA, Lavras, 2012

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Doses:E1	5	0,9770	0,1954	8,67	0,0002
Doses:E2	5	1,0383	0,2076	9,21	0,0001
Doses:E3	5	1,1970	0,2394	10,62	0,0000
Doses:E4	5	2,1650	0,4330	19,21	0,0000
Doses:E5	5	1,1387	0,2277	10,10	0,0001
Doses:E6	5	0,1920	0,0384	1,70	0,1788
Erro	20	0,4507	0,0225		

Tabela 2C Análise de Variância para o desdobramento de doses dentro de cada época de análise foliar para o fósforo. UFLA, Lavras, 2012

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Doses:E1	5	0,0005	0,0001	0,38	0,8549
Doses:E2	5	0,0010	0,0002	0,64	0,6742
Doses:E3	5	0,0004	0,0001	0,23	0,9218
Doses:E4	5	0,0255	0,0051	18,32	0,0000
Doses:E5	5	0,0030	0,0006	2,15	0,0925
Doses:E6	5	0,0085	0,0017	6,10	0,0008
Erro	25	0,0070	0,0003		

Tabela 3C Análise de Variância para o desdobramento de doses dentro de cada época de análise foliar para o potássio. UFLA, Lavras, 2012

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Doses:E1	5	0,3418	0,0683	1,77	0,1598
Doses:E2	5	0,0312	0,0063	0,16	0,9736
Doses:E3	5	0,0673	0,0134	0,35	0,8770
Doses:E4	5	0,5012	0,1002	2,59	0,0539
Doses:E5	5	0,2446	0,0489	1,27	0,3122
Doses:E6	5	0,6110	0,1222	3,17	0,0263
Erro	22	0,8492	0,0386		

ANEXO D

Tabela 1D Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Mn, Fe e Cu para o nível de adubação NPK = 100% nas seis épocas de avaliação. UFLA, Lavras, 2012

TRATAMENTOS	MACRONUTRIENTES						MICRONUTRIENTES				
	dag/kg						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B	Mn	Fe	Cu
100% E1 I	3,10	0,21	2,55	1,17	0,29	0,23	10,00	79,20	32,00	123,00	6,00
100% E1 II	2,90	0,17	2,69	0,92	0,28	0,21	7,00	71,40	60,00	160,00	5,00
100% E1 III	3,00	0,18	2,65	1,00	0,26	0,23	11,00	72,90	67,00	179,00	5,00
100% E1 IV	3,00	0,16	2,30	0,92	0,23	0,21	8,00	74,80	63,00	201,00	7,00
100% E2 I	2,80	0,18	2,50	1,13	0,29	0,22	35,00	55,60	50,00	119,00	5,00
100% E2 II	2,70	0,15	2,40	0,86	0,23	0,22	59,00	66,60	105,00	172,00	3,00
100% E2 III	2,80	0,16	2,65	1,08	0,22	0,22	33,00	62,80	92,00	157,00	4,00
100% E2 IV	2,60	0,14	2,55	1,11	0,20	0,23	46,00	65,30	74,00	192,00	4,00
100% E3 I	2,98	0,14	2,35	0,73	0,21	0,16	12,00	47,50	36,10	89,50	7,40
100% E3 II	3,28	0,15	2,41	0,92	0,24	1,12	11,30	44,60	46,70	115,40	7,30
100% E3 III	2,92	0,14	2,11	0,87	0,22	0,18	11,60	54,80	55,30	98,00	9,30
100% E3 IV	3,42	0,15	2,40	0,86	0,22	0,21	12,20	45,60	45,40	110,70	11,10
100% E4 I	3,20	0,26	2,06	0,92	0,21	1,12	41,00	17,80	52,00	62,00	3,00
100% E4 II	3,20	0,25	1,77	0,99	0,21	1,22	41,00	29,30	78,00	68,00	2,00
100% E4 III	3,40	0,26	1,96	1,05	0,21	1,21	51,00	21,80	80,00	80,00	3,00
100% E4 IV	3,40	0,25	2,50	0,93	0,20	1,29	40,00	28,00	62,00	57,00	4,00
100% E5 I	3,60	0,25	2,45	1,14	0,26	0,17	44,00	12,30	130,00	97,00	7,00
100% E5 II	3,30	0,18	2,30	0,98	0,25	0,15	33,00	22,90	174,00	111,00	7,00
100% E5 III	3,50	0,20	2,35	1,19	0,25	0,21	39,00	23,30	181,00	121,00	7,00
100% E5 IV	3,60	0,18	2,35	1,11	0,22	0,20	44,00	23,30	130,00	113,00	10,00
100% E6 I	3,20	0,16	2,84	1,06	0,31	0,21	31,00	16,80	75,00	102,00	17,00
100% E6 II	3,00	0,15	2,89	1,09	0,31	0,20	82,00	26,60	102,00	93,00	34,00
100% E6 III	3,30	0,16	2,84	1,00	0,29	0,21	49,00	24,60	97,00	103,00	25,00
100% E6 IV	3,10	0,16	2,69	0,98	0,29	0,23	28,00	27,40	93,00	97,00	17,00

Fonte: Laboratório de Análise de Solos e Material Vegetal de Varginha. Fundação PROCAFE.