

FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES PRIMÁRIOS PARA CAFEIROS FERTIRRIGADOS NO PRIMEIRO ANO PÓS-PLANTIO

Clayton Grillo Pinto¹, Rubens José Guimarães², Gabriel Mendes Villela³, Myriane Stella Scalco⁴

(Recebido: 05 de outubro de 2012; aceito: 20 de maio de 2013)

RESUMO: Objetivou-se, no trabalho, estabelecer faixas críticas de teores foliares e encontrar o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para cafeeiros fertirrigados no primeiro ano pós-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%. Foram realizadas análises químicas das folhas em seis épocas de dois em dois meses, a partir de 28/12/2010. Em julho de 2012 foi obtida a produtividade de café ($L\text{ planta}^{-1}$) na primeira colheita. Houve efeito significativo dos níveis de adubação sobre a produtividade. Para lavouras fertirrigadas no primeiro ano de adubação após o plantio, o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio é 118,33% em relação à adubação padrão, utilizada para lavouras em formação não irrigadas. As faixas críticas encontradas e os níveis críticos sugeridos de teores foliares dos nutrientes para lavouras de café irrigadas no primeiro ano de adubação ficaram entre 27,3 e 34,8 $g\text{ kg}^{-1}$ para o nitrogênio; 1,5 e 3,3 $g\text{ kg}^{-1}$ para o fósforo e 21,8 e 28,4 $g\text{ kg}^{-1}$ para o potássio.

Termos para indexação: Análise foliar, nutrição mineral, cafeicultura irrigada.

CRITICAL RANGES OF LEVELS FOR PRIMARY LEAF MACRONUTRIENT COFFEE FERTIRRIGATED DURING THE FIRST YEAR AFTER PLANTING

ABSTRACT: The study had as objective to establish critical ranges of foliar and find the best level of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium for coffee fertirrigated in the first year after planting. The experiment was carried out in field conditions in the Coffee Culture Sector of the 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 split plot on time. The fertilization levels were 10%, 40%, 70%, 100%, 130% and 160% in relation to standard fertilizer of 100%. Chemical analyzes of leaves were conducted in six seasons for every two months, from December 28, 2010. In July 2012 was obtained the coffee productivity ($L\text{ plant}^{-1}$) at the first harvest. Significant effects of fertilizer levels on productivity. For fertirrigated crops in the first year of fertilization after planting, the best level of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium is 118.33% in relation to standard fertilizer used for non-irrigated crops in formation. The critical ranges found and critical levels suggested of foliar levels from the nutrients for irrigated coffee crops in the first year of fertilization were among 27.3 and 34.8 $g\text{ kg}^{-1}$ nitrogen; 1.5 and 3.3 $g\text{ kg}^{-1}$ phosphorus; and 21.8 and 28.4 $g\text{ kg}^{-1}$ potassium.

Index terms: Foliar analysis, mineral nutrition, irrigated coffee culture.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, maior produtor e exportador e segundo maior consumidor de café do mundo, tem tido aumentos de produtividade a taxas superiores ao aumento da área plantada. A explicação para o 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 e também pelo emprego da irrigação.

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, ou seja, no primeiro ano há o crescimento do ramo, para em seguida ser iniciado o desenvolvimento reprodutivo.

¹Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG claytonpinto15@gmail.com

²Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG rubensjg@dag.ufla.br

³Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG gabriel_villela_13@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG msscalco@dag.ufla.br

Estudos quanto à adubação e nutrição adequadas do cafeeiro sem irrigação tem sido tema de diversos trabalhos científicos no Brasil, sendo que 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 Sobreira et al. (2011), lavouras de café fertirrigadas apresentam melhor desenvolvimento que as cultivadas em regime de sequeiro, justificando a fertirrigação no Sul de Minas Gerais. 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).

Trabalhos de pesquisa têm mostrado que, apesar dos benefícios da fertirrigação, cuidados devem ser tomados para evitar perdas de nutrientes no solo. Como constatado por Ernani et al. (2007), 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. Sobre o potássio, por exemplo, 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 sendo que, a essa mesma conclusão chegaram 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. Porém, Santinato e Fernandes (2002) recomendam um acréscimo de 30% na dose para lavouras irrigadas de café em produção.

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), questionando a necessidade de se irrigar nessas regiões. No entanto, consideráveis perdas de produtividade e qualidade dos grãos são observadas com a ocorrência de veranicos em fases fenológicas críticas da cultura (SILVA; TEODORO; MELO, 2008) mesmo nessas regiões. 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).

Também quanto à adubação, há divergências de recomendação. Guimarães et al. (1999) já estabeleciam 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), podendo ser divididas em três ou quatro parcelamentos, sendo que o fósforo poderia ser aplicado de uma só vez no sulco de plantio. Porém, Clemente et al. (2008) relatam que as doses 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. Ainda sobre parcelamentos de adubação, Sobreira et al. (2011) concluíram que o parcelamento ideal para lavouras irrigadas em formação é de 12 vezes durante o ano.

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 (SUMMER, 1979).

Faixa crítica, por sua vez, é a extensão do critério no nível crítico. 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). Segundo o mesmo autor, 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. Para a determinação de faixas críticas, Reuter e Robinson (1988) recomendam que essas sejam determinadas nas plantas que apresentarem 90% do crescimento máximo, o qual pode ser estabelecido a partir de medições e contagens realizadas nas plantas em estudo e também pela produtividade obtida na colheita.

Diversos procedimentos podem ser utilizados para definir o nível crítico ou a faixa crítica de um nutriente na matéria seca da planta, sendo que neste trabalho utilizou-se o método proposto por Fontes (2001).

Alguns autores propuseram valores de faixas e níveis críticos para lavouras em produção. 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) Bataglia (2004) estabelece os níveis críticos foliares de 32,7 g kg⁻¹ de N; 1,7 g kg⁻¹ de P e 23,5 g kg⁻¹ de K.

Assim, a determinação dos níveis ou faixas críticas pela análise química das folhas é importante ferramenta para a correção de deficiências, principalmente por possibilitar a detecção e correção antes do aparecimento de sintomas e conseqüentes alterações internas, que certamente já terão comprometido as plantas. Não se dispõe, atualmente, dessas ferramentas 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.

Objetivou-se, no presente trabalho, 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 pós-plantio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Lavras, Minas Gerais, em área pertencente ao

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).

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 1.

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

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo. As parcelas foram constituídas por seis tratamentos (doses de NPK) e as subparcelas por seis épocas de avaliação dos teores foliares. 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. O experimento totalizou uma área 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 no primeiro ano pós-plantio, em função de análise do solo para lavoura de sequeiro.

Os fertilizantes contendo nitrogênio e potássio foram aplicados via fertirrigação em doze parcelamentos iguais, conforme sugerido por Sobreira et al. (2011), 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 uréia (45% de N), superfosfato simples (18% de P_2O_5) e nitrato de potássio (12% de N + 43% de K_2O). Cálcio, magnésio e enxofre foram fornecidos pelo calcário e pelo superfosfato simples. Os micronutrientes foram aplicados em três pulverizações foliares, de acordo com Guimarães et al. (1999).

No sistema de irrigação localizada foram utilizados gotejadores autocompensantes, com vazão nominal de 4 L hora⁻¹. As irrigações, quando necessárias, foram realizadas às 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).

A cada 15 dias a pressão do sistema foi aferida por meio 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.

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.

TABELA 1 - Caracterização química e física da área experimental.

Característica	0 a 20 cm	21 a 40 cm
Ph	5,50	5,20
Fósforo remanescente - Prem (mg L ⁻¹)	23,48	14,87
Fósforo disponível - P (mg dm ³)	76,08	10,43
Potássio trocável - K ²⁺ (cmol _c dm ³)	0,28	0,15
Cálcio trocável - Ca ²⁺ (cmol _c dm ³)	3,77	2,12
Magnésio trocável - Mg ²⁺ (cmol _c dm ³)	0,88	0,35
Alumínio trocável - Al ³⁺ (cmol _c dm ³)	0,20	0,40
Hidrogênio + Alumínio - H+Al (cmol _c dm ³)	4,70	6,44
Capacidade de troca catiônica - 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
Índice de saturação por bases - V (%)	51,20	28,90
Índice de saturação por alumínio - m (%)	2,23	7,76
Matéria orgânica (dag kg ⁻¹)	3,84	3,28
Areia (%)	27,00	23,00
Silte (%)	20,00	9,00
Argila (%)	53,00	68,00

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.

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Material Vegetal da Fundação de Apoio à Tecnologia Cafeeira (Fundação PROCAFE).

As amostragens de folhas para análise química 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 = novembro/dezembro; E2 = janeiro/fevereiro; E3 = março/abril; E4 = maio/junho; E5 = julho/agosto e E6 = setembro/outubro.

As folhas foram sempre coletadas com, pelo menos, 30 dias depois da última fertirrigação e/ou adubação foliar. 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 análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Material Vegetal da Fundação de Apoio à Tecnologia Cafeeira, localizado no município de Varginha - MG, tendo sido determinados os teores foliares dos nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco).

Avaliou-se 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 pelo número de plantas úteis da parcela.

Com o 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 a equação encontrou-se o nível máximo de N, P e K que possibilitou obter a máxima produtividade. Em seguida, calculou-se 90% desse nível, o que possibilita obter 90% da máxima produtividade ou do máximo crescimento (REUTER; ROBINSON, 1988). O valor obtido foi substituído na mesma equação de regressão, encontrando-se os termos "a", "b" e "c" que possibilitaram utilizar a fórmula resolutive de Bhaskara, 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 como recomendado por Fontes (2001), 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 Bhaskara.

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 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.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comprovado o efeito dos diferentes níveis de adubação, sobre a produtividade na primeira colheita aos 28 meses de idade da lavoura, 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 (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

As parcelas foram colhidas em julho de 2012, e a análise de variância para produtividade de frutos de café (L planta⁻¹), em função de níveis de adubação NPK indicou efeito significativo para doses (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).

As faixas críticas de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio foram 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%.

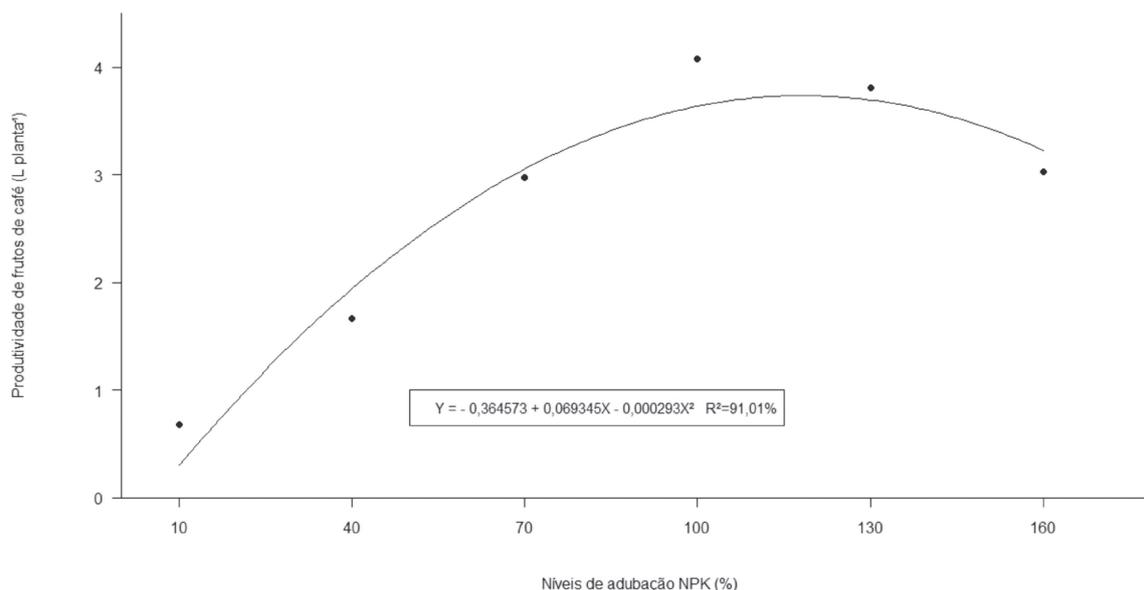


FIGURA 1 - Produtividade de frutos de café (planta⁻¹), em função de níveis de adubação NPK (%).

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 Bhaskara:

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

onde seus termos apresentam os seguintes valores: “a” = - 0,000293; “b” = 0,069345; “c” = - 3,7345.

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 2, 3 e 4.

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.). 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.

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 ($R^2 = 32,94\%$).

As equações geradas pelas tendências observadas possibilitaram determinar as faixas críticas do nitrogênio para os respectivos períodos: 28,9 a 31,5 g kg⁻¹ para novembro/dezembro; 27,5 a 30,6 g kg⁻¹ para março/abril; 30,8 a 32,9 g kg⁻¹ para maio/junho e 34,2 a 34,8 g kg⁻¹ para julho/agosto.

No caso do fósforo (Figura 3) houve tendência quadrática dos teores foliares em função do aumento nos níveis aplicados de NPK nas épocas 4, 5 e 6, e as faixas críticas determinadas foram as seguintes: 2,6 a 3,3g kg⁻¹ para maio/junho; 1,9 g kg⁻¹ (nível crítico) para julho/agosto e 1,5 a 1,6 g kg⁻¹ para setembro/outubro. Para o período

maio/junho, substituindo-se os limites inferior e superior do nível de adubação encontrados pela fórmula resolutive de Bhaskara na respectiva equação de regressão, foram encontrados valores iguais a $1,9 \text{ g kg}^{-1}$. Por isso encontrou-se um nível crítico e não uma faixa crítica para este período.

Na 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. Determinaram-se então as faixas críticas para

esses períodos, de $21,8$ a $22,1 \text{ g kg}^{-1}$ para maio/junho e $28,2$ a $28,4 \text{ g kg}^{-1}$ para setembro/outubro.

As diferenças a maior, encontradas neste trabalho em relação aos níveis críticos encontrados por Bataglia et al. (2004) e às faixas críticas propostas por Martinez et al. (2003) estão, possivelmente, relacionadas à maior demanda dos nutrientes pelas plantas irrigadas e ao fato de que este estudo tratou de lavouras novas, em fase de formação.

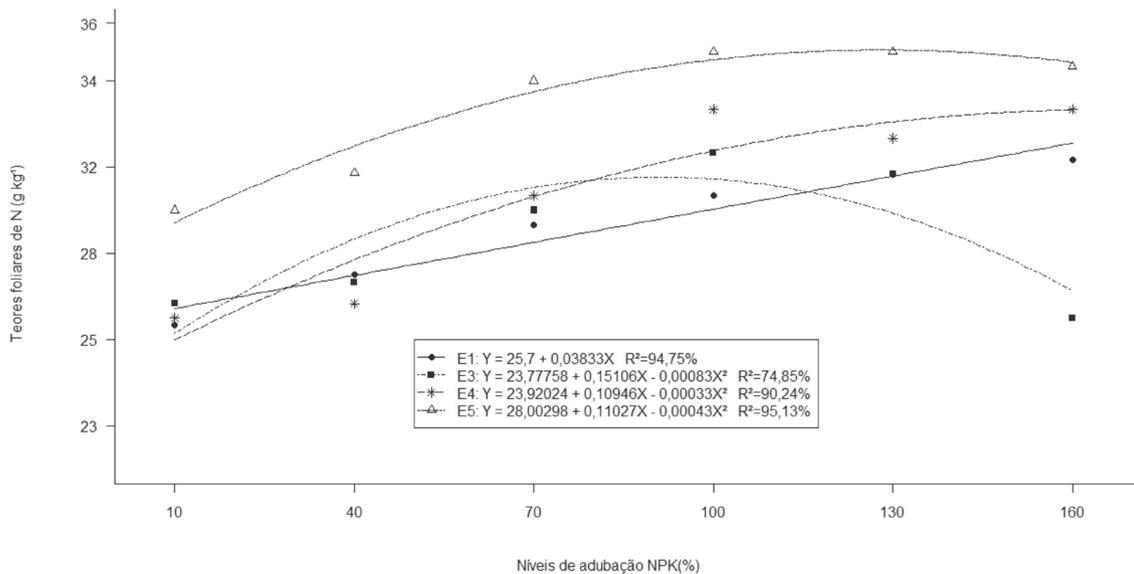


FIGURA 2 - Teores foliares de N (g kg^{-1}), em função de níveis de adubação NPK (%).

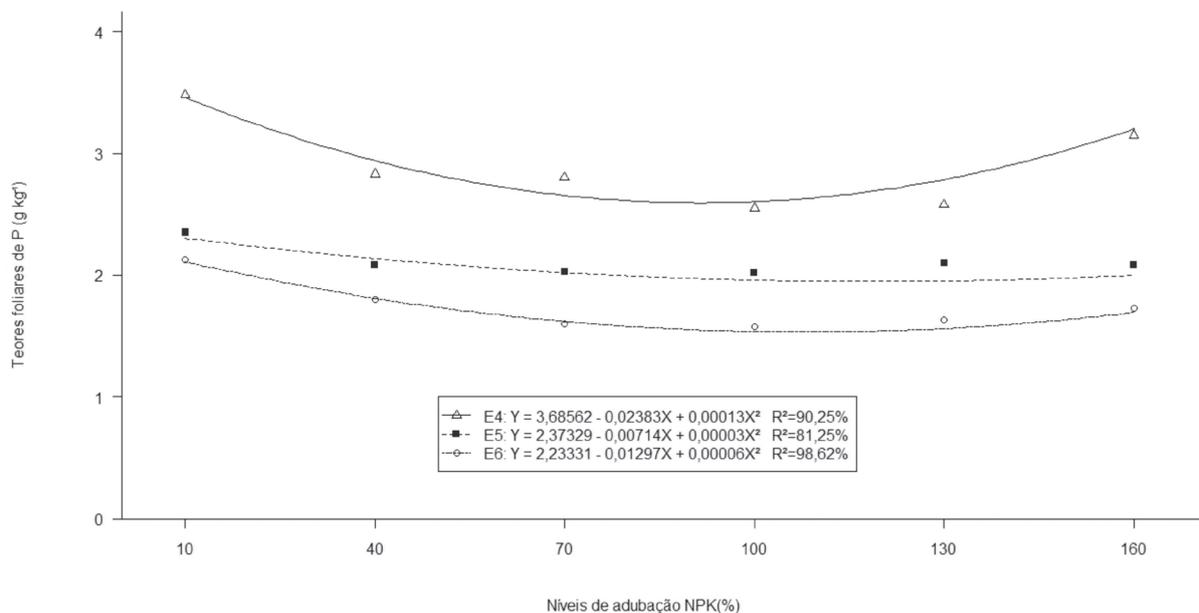


FIGURA 3 - Teores foliares de P (g kg^{-1}), em função de níveis de adubação NPK (%).

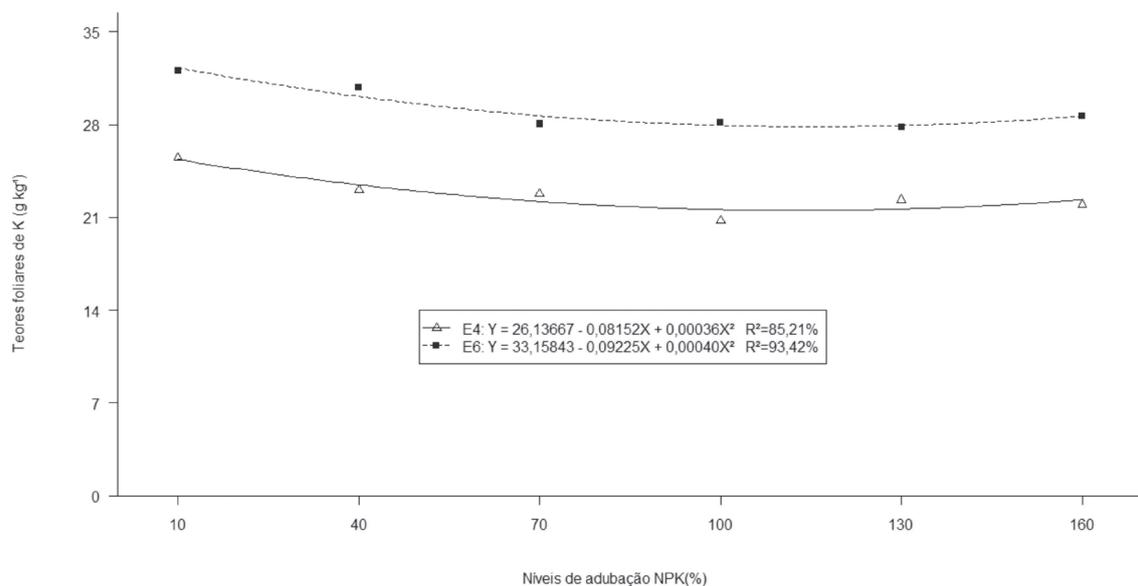


FIGURA 4 - Teores foliares de K (g kg^{-1}) em função de níveis de adubação NPK (%).

Para os casos em que não foi possível determinar as faixas críticas por meio das equações de regressão e da fórmula resolvente de Bhaskara, optou-se por calcular as médias dos teores foliares de N, P e K encontrados nos resultados de análise foliar somente para o tratamento padrão (nível de adubação NPK = 100%), o que possibilitou obter a máxima produtividade. A partir daí foram sugeridos os seguintes níveis críticos:

N na época 2: $27,3 \text{ g kg}^{-1}$; N na época 6: $31,5 \text{ g kg}^{-1}$.

P na época 1: $1,8 \text{ g kg}^{-1}$; P na época 2: $1,6 \text{ g kg}^{-1}$; P na época 3: $1,5 \text{ g kg}^{-1}$.

K na época 1: $25,5 \text{ g kg}^{-1}$; K na época 2: $25,3 \text{ g kg}^{-1}$; K na época 3: $23,2 \text{ g kg}^{-1}$; K na época 5: $23,6 \text{ g kg}^{-1}$.

Atendendo portanto, aos objetivos do presente trabalho, determinaram-se as faixas/níveis críticos de N, P e K nas seis épocas estudadas, conforme segue: 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; Fósforo (g kg^{-1}): 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; Potássio (g kg^{-1}): 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.

4 CONCLUSÕES

Estabeleceram-se faixas/níveis críticos de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras de café irrigadas no primeiro ano de adubação 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.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D/ Café); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

6 REFERÊNCIAS

- 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.

- 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.
- 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, nov./dez. 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 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.
- 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.
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ-VELEGAS, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.
- 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.
- 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.
- REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. **Plant analysis: an interpretation manual**. 2nd ed. Melbourne: Inkata, 1988. 218 p.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Rio de Janeiro: MAPA/Procafé, 2002. 250 p.
- 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.
- 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.
- SUMMER, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, n. 2, p. 343-348, 1979.
- 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.