

**ADUBAÇÃO DO CAFEIRO FERTIRRIGADO
EM FASE DE FORMAÇÃO NO SUL DE
MINAS GERAIS**

FABRICIO MOREIRA SOBREIRA

2010

FABRICIO MOREIRA SOBREIRA

**ADUBAÇÃO DO CAFEIEIRO FERTIRRIGADO EM FASE DE
FORMAÇÃO NO SUL DE MINAS GERAIS**

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

Orientador

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

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

Sobreira, Fabrício Moreira.

Adução do cafeeiro fertirrigado em fase de formação no sul de Minas Gerais / Fabrício Moreira Sobreira. – Lavras : UFLA, 2010.
104 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.
Orientador: Rubens José Guimarães.
Bibliografia.

1. *Coffea arabica*. 2. Fertirrigação. 3. Parcelamentos. 4. Doses.
5. Teor foliar. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7389

FABRICIO MOREIRA SOBREIRA

**ADUBAÇÃO DO CAFEIEIRO FERTIRRIGADO EM
FASE DE FORMAÇÃO NO SUL DE MINAS GERAIS**

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

APROVADA em 22 de fevereiro de 2010

Prof. Dr. Aberto Colombo UFLA

Pesq. Dr. César Elias Botelho EPAMIG

Pesq. Dra. Miryane Stella Scalco UFLA

Prof. Dr. Rubens José Guimarães
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

OFEREÇO

A Deus, que me iluminou e me possibilitou este momento.

À minha namorada, Milene Coelho, e ao meu orientador Rubens.

Aos produtores de café brasileiros, razão deste estudo.

Com muito carinho e gratidão, aos meus familiares e amigos.
Especialmente, a minha mãe, Maria Francisca Moreira Sobreira,
a meu pai, João Batista Sobreira (“*in memoriam*”),
e a meu irmão, Fábio Moreira Sobreira.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por seu meu companheiro e me ajudar a superar os momentos difíceis; pela proteção, saúde e paz que me foram dados.

A meus amigos e familiares.

À Universidade Federal de Lavras, ao Depto de Agricultura e ao setor de Cafeicultura e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café pela oportunidade de estudo e suporte nas pesquisas.

A CAPES pela bolsa de estudos concedida, permitindo a minha formação.

À minha mãe, pelo exemplo de pessoa, pelo suporte, incentivo, confiança contínuos.

Ao meu irmão que, por sua iniciativa, direcionou-me ao primeiro orientador e, como meu guia, ajuda-me em todas as etapas ao mostrar-me o caminho.

A todos os familiares e amigos que entenderam minha opção pela UFLA e minha ausência em momentos importantes de suas vidas.

À namorada, Milene, pelo carinho, compreensão e ajuda nos momentos difíceis.

Por toda amizade dos amigos Marcão, Ranoel, Fernando, José Wilson, Leandro, Diogo e Dona Sandra, que comigo formaram a república Cunhão de Touro.

Aos amigos do setor de Cafeicultura, José Mauricio, Edson, Avelino, Renata, Nélia, Celeste, Marcinho, Gisele e Virginia por toda ajuda e apoio nas atividades.

Aos professores, Samuel de Carvalho, Daniel Ferreira e Luiz Dias pelo auxílio na estatística.

Ao meu orientador Rubens, por toda orientação, amizade, confiança e suporte para o meu desenvolvimento. É, para mim, um exemplo de pessoa e profissional. Aos meus co-orientadores, Aberto Colombo e Janice Guedes de Carvalho.

À Miryane Stella Scalco pelo carinho, amizade e orientação nas pesquisas.

A César Elias Botelho e demais membros da banca pela atenção, disponibilidade e valiosas sugestões para melhorar este trabalho.

Aos amigos Felipe, Alex, Andrezão, Marcelim, Renato, Dani e demais amigos do NECAF.

Aos amigos da cafeicultura irrigada, Gleice, Wézer, Iraci, Anderson e Lívia.

Aos amigos Sérgio Pereira, Clayton Pinto, Léo Pieve e Edinaldo Abrahão, por confiarem no meu trabalho e partilharem suas experiências no cultivo do cafeeiro.

A todos os demais que não foram citados

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO	03
2.1 Desenvolvimento do cafeeiro	03
2.2 Adubação nitrogenada	05
2.3 Adubação potássica.....	06
2.4 Doses e parcelamentos de N e K ₂ O	08
2.5 Fertirrigação.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Área experimental.....	13
3.2 Delineamento Experimental	14
3.3 Doses e parcelamentos da adubação	15
3.4 Irrigação	16
3.5 Cultivar e condução do experimento	17
3.6 Determinação dos teores foliares de N e K.....	18
3.7 Características de crescimento avaliadas	20
3.8 Análises estatísticas	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Primeiro ano de formação da lavoura cafeeira fertirrigada.....	21
4.1.1 Doses de N e K ₂ O sobre o crescimento em quatro e doze parcelamentos.....	22
4.1.2 Crescimento do cafeeiro em quatro parcelamentos em relação às épocas do ano.....	26
4.1.3 Crescimento do cafeeiro em doze parcelamentos em relação às épocas do ano.....	32

4.1.4 Teores Foliare de N e K em quatro parcelamentos	39
4.1.5 Teores Foliare de N e K em doze parcelamentos	45
4.1.6 Efeito do parcelamento sobre o crescimento ao fim do primeiro ano.....	51
4.1.7 Efeito do parcelamento da adubaçã sobre o teor foliar de N	53
4.1.8 Efeito do parcelamento da adubaçã sobre o teor foliar de K	56
4.2 Segundo ano de formaçã da lavoura cafeeira fertirrigada.....	60
4.2.1 Doses de N e K ₂ O sobre o crescimento em quatro e doze parcelamentos	61
4.2.2 Crescimento do cafeeiro em quatro parcelamentos em relaçã às épocas do ano.....	63
4.2.3 Crescimento do cafeeiro em doze parcelamentos em relaçã às épocas do ano.....	64
4.2.4 Teor foliar de N e K em quatro parcelamentos	66
4.2.5 Teor foliar de N e K em doze parcelamentos	71
4.2.6 Efeito do parcelamento sobre o crescimento ao fim do segundo ano	76
4.2.7 Efeito do parcelamento da adubaçã sobre o teor foliar de N	79
4.2.8 Efeito do parcelamento da adubaçã sobre o teor foliar de K	82
5 CONCLUSÕES	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXO	94

RESUMO

SOBREIRA, Fabricio Moreira. **Adubação do cafeeiro fertirrigado em fase de formação no Sul de Minas Gerais**. 2010. 104 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

Os experimentos foram conduzidos em Lavras – MG, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), de 2007 a 2009. Com este trabalho objetivou-se avaliar o crescimento, o parcelamento e a dose de N e K₂O mais adequados para o primeiro e segundo anos de formação do cafeeiro fertirrigado. Para isto, dois experimentos foram instalados simultaneamente; em um deles, a adubação foi realizada em quatro aplicações ao ano (P4) e no outro, em doze aplicações ao ano (P12). Em ambos, os tratamentos foram doses de 70%, 100%, 130%, 160% e 190% da recomendada para N e K₂O por Guimarães et al.(1999) para o cultivo em sequeiro, aplicadas via fertirrigação. Para os dois experimentos foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos, quatro repetições e parcela útil de oito plantas. Em cada experimento foi instalado um tratamento testemunha, representando o cultivo convencional em sequeiro. As variáveis respostas foram: número de ramos plagiotrópicos primários (NRA); número de nós no ramo plagiotrópico primário (NNO), altura da planta (ALT); diâmetro do caule (DCA) e diâmetro de copa (DCO). Além dessas, foi quantificado em cada avaliação o teor foliar de N e K. No primeiro ano, em ambos os parcelamentos, não houve diferença significativa entre as doses para o crescimento vegetativo do cafeeiro. Quanto ao parcelamento, o P12 foi superior ao P4 em cerca de 10% para ALT, NRA, NNO e DCA e de 30% para o DCO. Em relação ao cultivo em sequeiro, o P12 foi cerca de 14 a 25% superior para ALT, NRA e NNO e 52% para DCA e DCO. O P12 apresentou teor foliar de N (média anual) entre 2,88 – 3,22 dag kg⁻¹ e para o K de 2,04-2,19 dag kg⁻¹. No segundo ano, o crescimento foi também semelhante nas diferentes doses. O ganho do P12 em relação ao P4 foi cerca de 6 a 10% para ALT, NRA, NNO e DCO. Em relação à testemunha, o ganho foi de 11 a 15% para ALT, NRA e DCA e 21% para DCO. No P12 o teor foliar oscilou entre 2,97–3,26 dag kg⁻¹ para o N e de 1,83 a 1,96 dag kg⁻¹ para o K₂O. Com base no estudo, verificou-se que: o parcelamento em doze aplicações de N e K₂O é mais adequado para adubação de primeiro e segundo anos pós-plantio da lavoura cafeeira fertirrigada; a adubação de N e K₂O do 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; o cafeeiro fertirrigado apresenta crescimento superior ao cultivado em sequeiro, justificando a fertirrigação no Sul de Minas Gerais; a quantidade aplicada de N e

K₂O deve ser diferente nas diferentes fases fenológicas do cafeeiro (épocas) ao longo do primeiro e segundo anos pós - plantio.

* Comitê Orientador: Rubens José Guimarães - UFLA (Orientador), Janice Guedes de Carvalho – UFLA e Alberto Colombo – UFLA.

ABSTRACT

SOBREIRA, Fabricio Moreira. **Fertilization and fertirrigation of the shrub coffee at the formation phase on southern Minas Gerais**. 2010. 104 p. Dissertation (Master's Degree in Agronomy/Phytotechny) – Federal University of Lavras, Lavras.*

This study was carried out to evaluate the growth of the coffee shrub as well as the parceling and dose of N and K₂O that were more adequate for the its first and second years under fertirrigation system. So, two experiments were carried out in the Coffee Growing Sector pertaining to the Department of Agriculture- Universidade Federal de Lavras- UFLA, during the period from 2007 to 2009. Both experiments were set up simultaneously. In one experiment, the fertilization was accomplished in four applications yearly (P4), but in twelve applications yearly (P12) in the other one. In both, the doses 70%, 100%, 130%, 160% and 190% from those of N and K₂O recommended by Guimarães et al. (1999) for the rainfed cropping were applied via fertirrigation. For both experiments, the randomized block design with five treatments, four replicates and the useful plot containing eight plants were used. In each experiment, a control treatment representing the conventional rainfed cropping was set up. The response variables were: number of the primary plagiotropic branches (NRA), number of nodes in the primary plagiotropic branch (NNO), plant height (ALT), stem diameter (DCA) and crown diameter (DCO). In addition, the leaf contents of N and K were quantified at each evaluation. In the first year and in both parcelings, there were no significant differences among doses concerning to vegetative growth of the coffee shrub. Concerning to parceling, the P12 was higher than P4 in approximately 10% for ALT, NRA, NNO and DCA and 30% for DCO. Concerning to rainfed cropping, P12 was approximately 14 to 25% higher for ALT, NRA and NNO, but 52% for DCA and DCO. P12 showed a leaf content of nitrogen (annual average) between 2.88 and 3.22dag kg⁻¹, but 2.04-2.19dag kg⁻¹ of K. In the second year, the growth was also similar at different doses. The P12 gain compared to P4 was about 6 to 10% for ALT, NRA, NNO and DCO. Concerning to control, the gain varied from 11 to 15% for ALT, NRA and DCA as well as 21% for DCO. In P12, the leaf content varied from 2.97 to 3.26dag kg⁻¹ for N and 1.83 to 1.96dag kg⁻¹ for K₂O. Based on the results, the following conclusions were drawn: the parceling into twelve applications of N and K₂O is more suitable for fertilization at both first and second years after planting the fertirrigated coffee; the fertilization with N and K₂O of the fertirrigated coffee at formation phase (1st and 2nd years after planting) must be

30% less than recommended by Guimarães et al. (1999) for rainfed cropping; the fertirrigated coffee shrub shows a better development than the rainfed cropping, therefore justifying the fertirrigation on southern Minas Gerais; the applied amount of N and K₂O should be different at different phenological stages (seasons) of the coffee during the first and second years after planting.

* Guidance committee: Rubens José Guimarães - UFLA (Adviser), Janice Guedes de Carvalho – UFLA and Alberto Colombo - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil, existem cerca de 233 mil hectares de café irrigado, que representa 10% da área total cultivada com a cultura e esta área responde por 20 a 25% da produção anual de café. Estas informações colocam o cafeeiro como uma das principais culturas irrigadas do Brasil. Segundo Santinato et al. (2008), desse total de 10%, 4,5 a 5% concentram-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.

Na região Sul de Minas Gerais, em razão da 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 e a irrigação vem apresentando bons resultados (Fernandes & Drumond, 2002). O gotejamento, na maioria das vezes, é aliado na prática da fertirrigação.

A fertirrigação consiste na aplicação dos elementos nutritivos necessários aos cultivos juntamente com a água de irrigação. Quando comparada ao sistema convencional de adubação possibilita para o 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 dado a possibilidade de parcelamento e uniformidade na distribuição dos mesmos (Vivancos,1993).

Procura-se estabelecer para a região, recomendações quanto à dose adequada para adubação do cafeeiro fertirrigado, bem como quanto à necessidade de parcelamento da adubação. Verifica-se que, com a fertirrigação, uma maior eficiência no uso dos nutrientes é observada, porém, tal eficiência depende de uma série de fatores, como o número de parcelamentos, doses aplicadas e características do solo. Além desses fatores, as lavouras fertirrigadas

apresentam crescimento inicial superior as de sequeiro, pressupondo maior demanda por nutrientes.

A recomendação de adubação para cafeeiros irrigados, ainda é conflitante entre os autores, e o problema é maior quando se considera a fertirrigação. Burt (2009) relata que quando a fertirrigação é realizada de maneira criteriosa, reduções nas doses de fertilizantes de até 25% podem ser conseguidas sem afetar o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade das culturas. Contudo, Santinato & Fernandes (2002) recomendam, para lavouras irrigadas de café em produção, um acréscimo de 30% na dose aplicada. Segundo Coelho (1994), os pontos a serem observados em relação às aplicações de N e K₂O na fertirrigação são o potencial de perdas por lixiviação, em virtude da mobilidade deste nutriente nos diferentes tipos de solos e as exigências das culturas em relação a eles.

Considerando o conflito de informações e as particularidades de cada experimento, foi proposto avaliar, nas condições do Sul de Minas, região que concentra a maior produção de café arábica, a adubação do cafeeiro fertirrigado em fase de formação, avaliando ainda se a fertirrigação é justificável numa região considerada apta ao cafeeiro quanto à necessidade hídrica.

Para o cafeeiro cultivado em sequeiro, a dose de N e K₂O, na adubação da lavoura em fase de formação, pode ser dividida em adubação de primeiro ano e de segundo ano de formação da lavoura (Guimarães et al., 1999). Com base nesta recomendação para o cultivo em sequeiro, este estudo foi realizado com o objetivo de identificar, para o Sul de Minas, o crescimento, a dose e o parcelamento de N e K₂O mais adequados para o cafeeiro fertirrigado em fase de formação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Desenvolvimento do cafeeiro

O cafeeiro é um arbusto de crescimento contínuo e apresenta dimorfismo dos ramos os quais são classificados em ramos ortotrópicos, pois crescem verticalmente e ramos plagiotrópicos, que crescem horizontalmente, numa inclinação de 45 a 90° em relação ao eixo principal. Estes ramos originam-se de gemas diferenciadas. As gemas “cabeça-de-série”, que se formam a partir do 8° ao 10° nó, no ramo ortotrópico, dão origem a ramos laterais (plagiotrópicos). As gemas seriadas, localizadas na axila de cada folha no ramo vertical, dão origem a novos ramos ortotrópicos (ramos ladrões) e, se presentes nos plagiotrópicos, podem originar outros plagiotrópicos de maior ordem (Rena & Maestri, 1986).

De acordo com Rena & Guimarães (2000), o sistema radicular do cafeeiro é pseudopivotante, pois na maioria dos casos suas raízes pivotantes se apresentam curtas, grossas e terminam abruptamente. Raramente estendem-se a mais que 45 cm abaixo da superfície do solo e, frequentemente, são múltiplas.

As raízes, depois dos caules, são os drenos mais fracos do cafeeiro (Cannell, 1971). Constituem-se de órgãos de armazenamento de vários nutrientes, em certos momentos fenológicos, além de ter a função de absorção de água e nutrientes, sustentação mecânica da planta e produção de substâncias orgânicas complexas (Da Matta et al., 1999).

Inforzato & Reis (1963) relatam que 78% das raízes do cafeeiro 'Arábica', com seis anos de idade, encontram-se nos primeiros 30 cm do solo. Garriz (1978) relata que 60% das raízes finas (<2 mm) do cafeeiro 'Bourbon' ficam nos primeiros 20 cm do solo.

A fase vegetativa das plantas perenes é ininterrupta, variando de intensidade durante o ano em razão da fenologia da planta, força drenos dos órgãos e das condições ambientais. De maneira geral, as condições favoráveis ao crescimento da parte aérea são temperatura acima de 12,5° C, disponibilidade hídrica e fotoperíodo longo (Alves & Livramento, 2009).

No inverno, o crescimento vegetativo é menor, mesmo não havendo frutos em formação, em razão dos efeitos da baixa temperatura e ou da falta de umidade do solo. Nestas condições, a atividade metabólica é menos intensa e depende muito do fator térmico (Rena & Maestri, 1986; Amaral, 1991).

O crescimento radicular, da mesma maneira que ocorre com a parte aérea, diminui quando a temperatura do solo aproxima de 13° C (Franco, 1965). Entretanto, como na zona radicular a temperatura do solo dificilmente é inferior a esse limite e, frequentemente é superior a 17° C durante a maior parte do dia, admite-se que as raízes são ativas e que a atividade da redutase do nitrato no inverno é aumentada com o fornecimento de N (Amaral, 1991). Presume-se que as raízes cresçam preferencialmente no outono, após a granação dos frutos e continua durante o inverno, quando o crescimento da parte aérea é pequeno e os frutos estão maduros, podendo crescer até a primavera, antes da florada.

A floração é um processo que envolve indução (estímulo), evocação (processo em que as gemas vegetativas mudam para gemas reprodutivas), e antese. A indução ocorre a partir de fevereiro e março, quando diminui a taxa de crescimento vegetativo. A antese acontece no início da primavera (setembro) e a principal fonte de energia para os botões vem de carboidratos formados nas folhas (Rena & Maestri, 1986)

Os cafeeiros arábicos são plantas autógamas e a polinização ocorre em aproximadamente 90 a 99% das flores antes da antese. No Brasil o “pegamento” dos frutos em cultivares de arábica é da ordem de 50%, independente da carga pendente do cafeeiro. O “pegamento” é influenciado pelo número de flores,

número de folhas por ramo produtivo, presença ou não de flores atrofiadas, chuvas intensas durante expansão do botão floral, nutrição das plantas, queda de temperatura abrupta, espécie e cultivar e posição da flor na planta (Favarin, 2004).

As condições climáticas e nutricionais, além das condições fisiológicas próprias do cafeeiro, são citadas como as causas da bienalidade de produção, que normalmente ocorre a partir do quinto ano. Assim, a planta fica esgotada depois de uma produção elevada e mostra, com isso uma tendência para produzir pouco no ano seguinte (Prado & Nascimento, 2003).

2.2 Adubação Nitrogenada

Todos nutrientes são necessários ao bom desenvolvimento do cafeeiro, no entanto, a falta de N é a que mais limita seu crescimento e produção. Entre outros aspectos, representa uma fatia considerável do custo total de produção da cultura (Vaast et al., 1998). O seu uso incorreto é caracterizado pela aplicação de doses muito baixas ou altas a ponto de serem ineficientes. As quantidades de N aplicadas dependem, em geral, do teor de N (mineral e orgânico) que o solo poderá fornecer e do período que o nutriente estará disponível, visando atender à exigência da cultura.

A matéria orgânica (MO) é a principal fonte de N no solo, ficando mais de 85% do N nesta forma. O teor de MO é muito variável e depende do processo de mineralização, que por sua vez é afetado pelo clima (temperatura e umidade), solo (pH, aeração, disponibilidade de nutrientes, relação C/N, entre outros.)e sistema de cultivo, contribuindo de modo variável na nutrição das plantas (Malavolta, 1986).

Para cafeeiros em produção, as doses de N baseiam-se no rendimento produtivo esperado e do teor do nutriente na folha. São recomendadas doses de até 450 kg ha⁻¹ de N por ano agrícola, fornecidas no período chuvoso, de

setembro a março, compreendendo as fases de floração, frutificação e desenvolvimento vegetativo (Rena & Maestri, 1987; Raij et al., 1996; Guimarães et al., 1999). Na fase de formação do cafeeiro, Guimarães et al. (1999), recomendam de três a quatro aplicações de 10 e 20 g de N por planta para o primeiro e segundo ano, respectivamente, distribuídas durante o período chuvoso (outubro a março), a intervalos de 30 a 45 dias. Na literatura existem poucos trabalhos de pesquisa realizados para fundamentar uma recomendação específica de adubação de formação para cafeeiros irrigados, tais informações são ainda mais escassas quanto se trata de cafeeiros fertirrigados.

A eficiência da adubação nitrogenada é conhecida apenas indiretamente, por meio da resposta da cultura em termos de produção. Como as doses de nitrogênio aplicadas são altas e realizadas na época das chuvas, pressupõe-se que as perdas sejam significativas. No entanto, a prática da adubação nitrogenada é indispensável para os ganhos significativos de produtividade. Como esta resulta em altos custos, a pesquisa estudando parcelamentos e doses de N é justificável para maior racionalidade no uso desse nutriente (Martins, 1981; Küpper, 1976).

Segundo Malavolta (1993), quando os nutrientes nitrogênio e potássio são aplicados juntos, o efeito é maior do que aplicados separadamente e a adubação de somente um deles terá pouco ou nenhum efeito. Nos solos agrícolas de média a alta fertilidade, a produtividade dos cafezais está relacionada com a presença de níveis adequados de nitrogênio e potássio, especialmente o primeiro.

2.3 Adubação potássica

O potássio é um nutriente que desempenha papel dominante na nutrição de cafeeiros sendo requisitado em quantidades equivalentes às de nitrogênio (Silva et al., 1999). Juntamente com o N, o K é um dos nutrientes mais exportados pelo cafeeiro (Malavolta, 1986). Na solução do solo, o K aparece na forma iônica K^+ a qual é absorvida pelas raízes das plantas. O potássio é

bastante permeável na membrana plasmática, o que o torna facilmente absorvido e transportado a longas distâncias pelo xilema e pelo floema (Marschner, 1995).

De acordo com Malavolta (1980), o efeito do potássio é altamente específico na abertura e fechamento de estômatos, juntamente com a luz, podendo, em sua carência, haver menor entrada de gás carbono e, portanto, menor atividade fotossintética. Segundo Marschner (1995), o potássio estimula o desenvolvimento da raiz; o alongamento dos colmos; ativa cerca de 60 enzimas; controla a turgidez das plantas; o transporte de açúcar e amido; auxilia na formação de proteína; oferece à planta maior resistência a doenças; propicia melhor qualidade dos produtos vegetais e está envolvido em muitas outras funções.

Segundo Malavolta (1986), há uma correlação positiva, bastante íntima, entre o teor de potássio (K) nas folhas e seu conteúdo de amido; baixando o nível de K diminui a produção de amido. Como consequência, o desenvolvimento da planta, o aparecimento de novos ramos e novas folhas diminuem e as produções caem. Bastos (1994) constatou, em seu trabalho, que diferentes doses de cloreto de potássio (KCl) influenciaram nas características de crescimento do cafeeiro e que o aumento das doses de potássio provocou acréscimos significativos no crescimento da planta.

Na fertirrigação, a aplicação de potássio junto com nitrogênio, vem sendo muito utilizada. Segundo Vitti et al. (1994), a aplicação de K por meio da fertirrigação, praticamente não apresenta problema, pela alta solubilidade da maioria dos sais de potássio. O ponto crucial é definir em que condição se deve fazer o parcelamento desse nutriente. Em solos arenosos que normalmente apresentam baixa CTC efetiva e alto potencial de perdas por lixiviação, o parcelamento é condição essencial.

2.4 Doses e parcelamentos de N e K₂O

Diversos experimentos foram realizados com o intuito de identificar a dose de N e K₂O mais adequada ao cafeeiro, contudo, ainda há muitas contradições entre os resultados, em função das diversas variáveis envolvidas, como solo, clima, cultivar, irrigação, espaçamentos, produtividade e fertirrigação. Tal fato demonstra serem necessários estudos específicos para cada região e sistemas de cultivo.

Em relação às doses, Winston et al. (1992) estudaram em experimento irrigado composto de cultivares de porte alto e porte baixo no norte do Quênia, durante cinco anos, o efeito de doses de N e K₂O no crescimento e produção do cafeeiro, e não observaram diferenças no crescimento e produção de grãos com o aumento das doses de N e K₂O.

Nazareno et al. (2003), avaliando o crescimento da parte aérea da cultivar Rubi MG 1192 sob três doses de N, P e K, não observaram até um ano após o transplântio, diferenças na massa seca da parte aérea e no índice de área foliar com a aplicação das diferentes doses. Contudo, os autores observaram aumento no número de ramos plagiotrópicos por planta. Fagundes (2006), ao estudar o efeito de doses de 50 a 150 % das recomendadas por Guimarães et al.(1999) para N e K₂O via líquida, na adubação de cobertura pós- plantio do cafeeiro, não detectou efeito das doses sobre o crescimento das plantas. Com base nisto, o autor concluiu que aplicando N e K₂O via líquida no pós-plantio do cafeeiro, pode-se reduzir em até 50% a dose recomendada para lavouras cultivadas em sequeiro.

Considerando a fase produtiva das plantas, Teodoro et al. (2004), ao trabalharem com a cultivar Topázio em sistema fertirrigado, avaliaram o efeito de doses de 50% a 150% das recomendadas por Guimarães et al.(1999) de N e K₂O e não detectaram diferenças no crescimento e produção da cultura. Os mesmos relatam que para um mesmo desenvolvimento em relação à testemunha

de sequeiro (convencional), no cafeeiro fertirrigado foi utilizada dose de N 50% inferior ao recomendado no cultivo tradicional. Costa (2005), estudando o efeito de fontes e doses de N, aplicadas via fertirrigação (200 a 400 kg ha⁻¹ de N), concluiu não haver diferença entre fontes e doses de N aplicadas sobre o crescimento e produtividade do cafeeiro.

Estudando os efeitos da adubação na flutuação bienal de produção do cafeeiro irrigado, Sanzonowicz et al. (2000) aplicaram doses de 200 a 600 kg ha⁻¹ de N, para dois anos, sob diferentes parcelamentos e concluíram não haver diferença entre as doses e parcelamentos sobre a produtividade do cafeeiro.

Prezotti & Rocha (2003) trabalharam numa lavoura em produção, cultivada no sistema adensado em sequeiro e concluíram que a menor dose de N utilizada (100 kg ha⁻¹), foi satisfatória para manter adequados os teores foliares deste nutriente e garantir uma produtividade de 40 sacas por hectare. Nesta mesma faixa de produtividade, Figueiredo et al. (2006), ao estudarem doses de nutrientes, para o cultivo adensado em sequeiro, relataram reduções de 57% para o N e 44% para o K, em relação à dose recomendada por Guimarães et al. (1999).

Considerando a aplicação de adubos pela via líquida, Santinato & Pereira (1996), analisando doses de nitrogênio e potássio em cafeeiros, relatam, após quatro anos de produção avaliados, redução nas doses em 15%, sem prejuízos à produção de grãos. De acordo com Burt (2009), quando a fertirrigação é realizada de forma criteriosa, reduções nas doses de fertilizantes de até 25% podem ser conseguidas sem afetar a produtividade das culturas. Em concordância, Clemente et al. (2008) relatam que as doses de adubo recomendadas para a adubação do cafeeiro no primeiro ano, situam-se em torno de 71% a 112% da adubação padrão recomendada, para todos os nutrientes, independentemente da aplicação ser sólida ou líquida.

Alguns autores relataram efeito positivo das maiores doses de N e K₂O sobre o desenvolvimento do cafeeiro. Rodrigues et al. (2004), estudando doses de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na produtividade de cafeeiros, verificaram que o tratamento no qual houve maior produtividade foi aquele com maior dose, esta sendo 80% maior em relação à menor. Estudando a necessidade de diferenciar a adubação das lavouras irrigadas, Santinato & Fernandes (2002), relataram que, para lavouras irrigadas de café em produção, deve-se ter um acréscimo de 30% na dose aplicada. Segundo Coelho (1994), os pontos a serem observados, em relação às aplicações de N e K₂O na fertirrigação, é o potencial de perdas por lixiviação, em função da mobilidade deste nutriente nos diferentes tipos de solos e as exigências das culturas em relação a eles.

A resposta ao aumento das doses pode estar condicionada à idade fenológica da cultura, assim mostraram Magalhães et al. (1987), em experimento conduzido por três anos agrícolas (1982/83 a 1984/85), concluindo que o cafezal formado não respondeu à aplicação de N, P e K nos dois primeiros anos. No entanto, no terceiro ano agrícola, houve resposta linear até a dose de 270 g de nitrogênio/cova, aplicado na forma de ureia, o mesmo ocorrendo para o potássio.

Quanto ao parcelamento da adubação, Santinato & Fernandes (2002) relatam que o melhor fracionamento das adubações seria em 8 a 12 parcelamentos. De modo semelhante, Matiello et al. (2006) recomendam que o parcelamento seja realizado entre 8 e 16 vezes ao longo do ano. Contudo, França Neto et al. (2003), ao estudar níveis diferenciados de fertirrigação e parcelamentos de N e K₂O, não encontraram diferenças significativas entre a fertirrigação e a adubação manual convencional junto com irrigação, indicando que um maior fracionamento das doses pode ser desnecessário quando se trata de cultivo irrigado, cuja umidade do solo é favorável à absorção de nutrientes. Também Silva et al. (2002), avaliando épocas de irrigação e parcelamentos da

adubação em 12, 24, e 36 aplicações via fertirrigação, verificaram que o aumento no parcelamento não resultou em diferenças significativas entre os tratamentos. Segundo Coelho (1994), o parcelamento de nutrientes deve ser definido considerando seu potencial de perda por lixiviação, essa perda pode variar em virtude do grande número de fatores envolvidos.

2.5 Fertirrigação

As vantagens do fornecimento de nutrientes via fertirrigação, comparativamente aos sistemas convencionais de adubação, são: aumento de produtividade; melhoria da qualidade dos frutos; diminuição da compactação do solo pela menor frequência de uso de máquinas; redução de mão-de-obra, do consumo de energia e dos gastos com equipamento; maior eficiência na utilização de nutrientes; e maior facilidade na aplicação de micronutrientes e no parcelamento dos fertilizantes. (Burt, 2009; Coelho, 1994; Vivancos, 1993).

Com a fertirrigação, é possível atender às necessidades das plantas nas suas diferentes etapas de desenvolvimento, baseado, principalmente, na demanda de nutrientes determinada pela marcha de absorção da cultura (Costa et al., 1986; Pierzynski et al., 1994).

Quanto aos problemas na fertirrigação (Coelho, 1994; Vivancos, 1993), podem-se citar:

- Os fertilizantes utilizados na fertirrigação devem ser escolhidos analisando-se variáveis como: sistema de irrigação, qualidade da água utilizada na irrigação e compatibilidade entre fertilizantes. Caso contrário poderá haver reação dos fertilizantes nos sistemas de irrigação, principalmente os fosfatados, ocasionando problemas de precipitação nas tubulações e entupimento dos emissores.

- A utilização de fertilizantes com características corrosivas pode danificar o sistema de irrigação. A maioria das empresas fornecedoras de

sistemas de irrigação localizada utiliza componentes não corrosivos, como tubulações e emissores de plástico, que reduz os danos ao sistema.

- Contaminação dos mananciais por produtos químicos pela inversão do fluxo d'água de irrigação. A colocação de válvulas de retenção impede essa inversão e protege o manancial.

- Existem poucas pesquisas quanto a curvas de crescimento e absorção de nutrientes em culturas irrigadas, para se estabelecer novos padrões de fertilização para a fertirrigação. De acordo com Haynes (1985), em culturas fertirrigadas, as recomendações de fertilizantes adotadas são, na maioria das vezes, as mesmas usadas na aplicação de fertilizantes sólidos (método convencional). Assim, são necessários estudos a fim de estabelecer critérios próprios a serem usados na fertirrigação, especificamente, no sistema de irrigação por gotejamento.

Soares (2001) comparou produções de cafeeiro irrigado com aplicação de fertilizante via água de irrigação e fertilização convencional, na região da Zona da Mata de Minas e encontrou um aumento na produção da ordem de 25% com a fertirrigação. Santinato et al. (1989), com a variedade de café Catuaí Vermelho, no município de Jaboticatubas - MG. Os autores compararam o efeito da adubação nitrogenada e potássica, aplicada por fertirrigação por meio do sistema de irrigação por gotejamento, com aplicação convencional e sem irrigação. Verificaram que os tratamentos fertirrigados apresentaram resultados superiores àqueles observados no tratamento convencional. Segundo os autores, a fertirrigação é o modo mais indicado de se fornecer NK ao cafeeiro irrigado por gotejamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

Os experimentos foram conduzidos em Lavras – MG, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), nos anos de 2007 a 2009.

O município de Lavras está localizado no sul de Minas Gerais, possui altitude média de 910 metros, latitude 21° 14' 06'' e longitude de 45° 00' 00'' W. O clima da região é classificado como Cwa, temperado úmido (Ometto, 1981). A temperatura média do mês mais quente é de 22,1° C, do mês mais frio de 15,8° C e a média anual é de 19,4° C. A precipitação média anual é de 1529,7 mm e a umidade relativa anual de 76,2% (Brasil, 1992).

Considerando as linhas de bordadura, cada experimento ocupou uma área de 1600 m². O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-escuro distroférico, textura argilosa a muito argilosa. As suas características químicas podem ser observadas na Tabela 1.

TABELA 1 Caracterização química do solo no início da diferenciação dos tratamentos (novembro de 2007).

Característica	Camada 0- 20 cm
pH (H ₂ O)	6,7
Fósforo (P) – mg dm ⁻³	15,4
Potássio (K) - mg dm ⁻³	137
Cálcio (Ca ²⁺) – cmol _c dm ⁻³	4,4
Magnésio (Mg ²⁺) – cmol _c dm ⁻³	1,5
Alumínio (Al ³⁺) – cmol _c dm ⁻³	0,0
H+Al (Extrator SMP) – cmol _c dm ⁻³	2,1
Soma de bases trocáveis (SB) – cmol _c dm ⁻³	6,3
CTC (t) - cmol _c dm ⁻³	6,3
CTC a pH 7,0(T) - cmol _c dm ⁻³	8,3
Índice de saturação de bases (V) - %	74,9
Índice de saturação de alumínio (m) - %	0
Matéria orgânica (MO)- dag kg ⁻¹	4,3
Fósforo remanescente (P-rem) – mg L ⁻¹	7,7
Zinco (Zn) –mg dm ⁻³	5,1
Ferro (Fe) – mg dm ⁻³	76,7
Manganês (Mn) – mg dm ⁻³	22,5
Cobre (Cu) – mg dm ⁻³	3,7
Boro (B) – mg dm ⁻³	0,2
Enxofre (S) – mg dm ⁻³	38,21

3.2 Delineamento Experimental

Para estudar o parcelamento da adubação foram instalados dois experimentos. Em um deles, o parcelamento da adubação foi realizado em quatro aplicações ao ano (P4) e no outro, em doze aplicações (P12) ao ano. Ambos os experimentos foram implantados no mesmo momento, em áreas próximas. Utilizou-se em ambos o delineamento em blocos casualizados, com cinco doses como tratamentos, quatro repetições e dez plantas por parcela. Como parcela útil foram consideradas as oito plantas centrais. Para cada linha de tratamento foram implantadas duas linhas de bordadura (uma de cada lado) por se tratar de experimento com adubação.

3.3 Doses e parcelamentos da adubação

Os tratamentos em ambos os experimentos foram: cinco doses de N e K₂O aplicadas via fertirrigação. Como dose padrão (100%), foi adotada a recomendada por Guimarães et al. (1999) para a cultura do cafeeiro em sequeiro no primeiro ano e a respectiva para o segundo ano de formação da lavoura. Com base nesta dose padrão foi estudado um nível abaixo (70%) e três níveis acima (130%, 160%, 190%) da recomendação para N e K₂O. Considerando os dois experimentos, as doses foram aplicadas em dois modos de parcelamento (quatro e doze adubações por ano) (Tabela 2).

TABELA 2 Modos de parcelamento e doses de N e K₂O aplicadas em cada um dos experimentos.

Modos de Parcelamento	Doses aplicadas
A) Exp.1 - Quatro adubações por ano, no período das chuvas (Nov./Dez./Jan./Fev.).	1) 70% do recomendado
	2) 100% do recomendado*
	3) 130% do recomendado
	4) 160% do recomendado
	5) 190% do recomendado
B) Exp. 2 - Doze adubações por ano, uma vez ao mês (Novembro a Outubro).	1) 70% do recomendado
	2) 100% do recomendado*
	3) 130% do recomendado
	4) 160% do recomendado
	5) 190% do recomendado
C) Exp. 1 e 2 - Testemunha (sem irrigação e adubado quatro vezes por ano no período das chuvas (Nov/Dez/Jan/Fev).	100% Recomendado*

(*) Recomendado por Guimarães et al. (1999).

A recomendação de adubação foi feita segundo Guimarães et al. (1999), com base na análise de solo coletado em todas as parcelas de tratamento antes da aplicação dos mesmos. O fósforo (superfosfato simples) foi aplicado no plantio

da cultura (abril/2007) em dose única e não foi mais utilizado em adubações no período deste estudo. Os adubos utilizados para o fornecimento de N e K₂O foram a ureia pecuária (45% de N) e o nitrato de potássio (13% de N e 44% de K₂O).

Ambos os parcelamentos (P4 e P12) iniciaram dia 28 de novembro de 2007. No primeiro e segundo ano de adubação (2007/2008 e 2008/2009, respectivamente), o P4 terminou no final do mês de fevereiro e o P12 ao fim do mês de outubro. Para avaliar o efeito da fertirrigação, em relação ao cultivo tradicional em sequeiro, instalou-se em cada experimento, uma testemunha adubada com a dose padrão (100%) recomendada para o cultivo em sequeiro; nesta o parcelamento foi realizado em quatro aplicações na época de chuvas (Nov/Dez/Jan/Fev), com intervalos de 30 dias entre as aplicações.

3.4 Irrigação

O sistema de fertirrigação constou de uma unidade central de controle (sistema de bombeamento, filtros de areia e tela, injetor de fertilizantes, manômetros e conexões), linha principal de tubos PVC, PN80, linhas de derivação de PVC, PN 40, linhas laterais com tubo flexível de polietileno, PN 40, gotejadores e registros. O sistema foi avaliado periodicamente quanto à uniformidade de distribuição de água. A irrigação de cada tratamento em cada unidade foi controlada por meio de registros instalados numa caixa referente às quatro repetições. Os gotejadores (Katiff de vazão de 3,8 L hora⁻¹) estão espaçados por 30 cm na linha formando uma faixa molhada ao longo da fileira de plantas.

A umidade do solo foi indiretamente monitorada pelo uso de tensiômetros, sendo a correspondência entre tensão de água no solo e umidade obtida pela curva característica de umidade do solo, determinada em laboratório

previamente. A descrição, princípios de funcionamento e forma de utilização dos tensiômetros são relatadas por Silveira & Stone (1994).

O controle da irrigação foi feito considerando-se os tensiômetros (com tensímetro de punção digital e escala de leituras em bar) os quais foram instalados nas profundidades de 0,10; 0,25; 0,40; 0,60; 0,80 e 1,00 metros. As irrigações foram efetuadas utilizando turnos de rega fixos de duas vezes por semana (terças e sextas-feiras), quando a tensão da água no solo atingiu valores próximos a 20 kPa..

Para cálculo da lâmina aplicada, foi considerada a média das leituras dos tensiômetros até 0,25 cm e, após desenvolvimento das plantas (2008 e 2009), esta profundidade foi alterada para 0,6 m de profundidade. Os dados climáticos diários foram monitorados por uma estação meteorológica automática μ Metos® instalada na área do experimento.

3.5 Cultivar e condução do experimento

A cultivar utilizada foi a Catiguá MG-3, cujas mudas foram fornecidas pela EPAMIG- Centro Tecnológico do Sul de Minas. O plantio ocorreu em abril de 2007 no espaçamento de 2,5 m entre linhas por 0,6 m entre plantas. As adubações de implantação e pós-plantio foram realizadas com base nas recomendações de Guimarães et al. (1999). As plantas foram conduzidas com apenas uma haste, sendo realizada a desbrota dos novos ramos ortotrópicos emitidos.

Como opção de nutrição com micronutrientes, aplicou-se produto comercial com 6,0% de zinco, 3,0% de boro, 2,0% de Mn, 10,0% de Cu, 10,0% de S, 1,0% de Mg e 10,0% de K₂O, por pulverização utilizando volume de calda de 100 - 120 L ha⁻¹. Este teve a aplicação iniciada em novembro de 2008 e foi repetida a cada 60 dias. No inverno, em função do crescimento menos intenso e a elevação nos teores de micronutrientes, observado na análise foliar de maio,

optou-se pelo intervalo de 90 dias (julho/outubro). Nos meses em que folhas foram coletadas para análise, a pulverização ocorreu sempre após sua coleta com o objetivo de não se mascarar o resultado.

O manejo de plantas daninhas foi realizado pela combinação de métodos de controle. Nas linhas de cultivo, foi realizada de forma alternada, capina manual e uso de herbicida pré-emergente - oxifluorfem (éter difenílico) (4,0 L ha⁻¹).

Nas entrelinhas alternou-se o herbicida de glifosate (glicina substituída) (2,0 L ha⁻¹) roçadora mecânica e, no caso do herbicida, foram tomados cuidados na aplicação a fim de se evitar a deriva e consequente intoxicação das plantas. Para o manejo de doenças, foram aplicados de modo alternado, em pulverização, fungicidas com epoxiconazol (triazol) + piraclostrobina (estrobilurina) na dose de (1,5 L ha⁻¹) e tebuconazol (triazol)(1,0 L ha⁻¹). O controle de formigas foi realizado sempre que necessário, com fipronil a 0,01% (10,0 g m⁻²). O controle de bicho-mineiro foi realizado com inseticida de cipermetrina (piretroide) + profenofós (organofosforado) (0,5 L ha⁻¹).

3.6 Determinação dos teores foliares de N e K

Para determinação dos teores foliares de N e K, foram coletados o 3º e o 4º pares de folhas, contados pelo ápice de ramos produtivos, na altura mediana da planta (Martinez et al., 1999), amostrando toda a parcela útil. No primeiro ano, a coleta de folhas para análise de nutrientes foi realizada em seis épocas, no final dos meses de Jan/08, Mar/08 Mai/08, Jul/08, Set/08 e Nov/08. No segundo ano de formação da lavoura a coleta ocorreu em quatro épocas, em Jan/09, Mai/09, Set/09 e Nov/09.

No primeiro ano, a última coleta ocorreu 30 dias após o termino do parcelamento em 12 vezes - P12 (29 de novembro), antes do início do segundo

ano de adubação. Em 2009 (fim do segundo ano), a última coleta ocorreu 20 dias após o término do parcelamento em 12 vezes - P12 (20 de novembro).

Logo após a coleta das folhas, elas foram lavadas em água destilada, e em seguida postas a secar em papel toalha, posteriormente acondicionadas em sacos de papel etiquetados, conforme sua respectiva parcela. Estes foram mantidos em estufa com circulação forçada de ar a 60° C até peso constante. Após a determinação da massa seca, as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley para a determinação do teor foliar de N e K em dag kg^{-1} .

As determinações analíticas foram feitas conforme Malavolta et al. (1997): o nitrogênio pelo método semimicro-Kjeldahl e o potássio por fotometria de chama e emissão.

3.7 Características de crescimento avaliadas

As variáveis respostas, quanto ao desenvolvimento das plantas, foram: número de ramos plagiotrópicos primários (NRA); número de nós no ramo plagiotrópico primário (NNO), obtido pela média de nós em ramos marcados nos dois lados da planta; altura da planta (ALT) e diâmetro de copa (DCO), obtidos em centímetros com régua graduada; diâmetro do caule (DCA), mensurado em centímetros com uso de paquímetro. Para NRA e NNO, foram utilizadas, como parcela útil, as três plantas centrais na parcela; para as demais variáveis foram consideradas as oito plantas centrais. No primeiro ano, as avaliações de crescimento foram realizadas em seis épocas, no final dos meses de Jan/08, Mar/08 Mai/08, Jul/08, Set/08 e Nov/08. No segundo ano de formação da lavoura, as avaliações foram realizadas em quatro épocas, em Jan/09, Mai/09, Set/09 e Nov/09.

3.8 Análises estatísticas

Por se tratar de dois experimentos em que os tratamentos não são exatamente iguais (o parcelamento da adubação é que difere), realizou-se a análise conjunta dos experimentos apenas para comparar os modos de parcelamento. Optou-se por esta análise conjunta por causa da importância desta comparação e por se tratar de experimentos localizados numa mesma área homogênea e que sofreram os mesmos tratamentos culturais (Prof. Daniel Furtado Ferreira do Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras em comunicação verbal).

A comparação entre P4 e P12 foi realizada apenas na época correspondente ao fim do parcelamento em 12 aplicações (Nov/08 e Nov/09), não sendo nesta análise conjunta, estudada as diferenças entre as épocas para cada parcelamento. A diferença entre épocas foi estudada em análise individual para cada experimento (Uma para o de quatro parcelamentos -P4 e outra para o de 12 parcelamentos -P12).

Efetou-se a análise de variância dos dados à significância de 5% de probabilidade pelo teste F. Na presença de diferenças significativas entre as diferentes doses (quantitativo), foi feito o estudo por regressão. As análises estatísticas foram realizadas no programa computacional 'SISVAR', desenvolvido por Ferreira (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mesmo sendo a dose final de N e K₂O aplicada nos experimentos (P4 e P12) iguais ao término das aplicações, como a dose por aplicação é diferente entre os experimentos, optou-se pela análise isolada. A análise conjunta foi utilizada apenas em novembro, por ser o momento mais adequado para comparar o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro em cada parcelamento da adubação, visto que nessa época a dose total para P4 e P12 já tinha sido aplicada.

Para o cafeeiro cultivado em sequeiro, o plano de adubação da lavoura em fase de formação pode ser dividida em adubação de primeiro e de segundo ano de formação da lavoura (Guimarães et al., 1999). Seguindo esta classificação os resultados foram assim apresentados e discutidos.

4.1 Primeiro ano de formação da lavoura cafeeira fertirrigada

Em sequência é apresentado o estudo de cada característica avaliada, em relação às doses, no parcelamento em quatro e doze aplicações de N e K₂O por ano. Posteriormente será discutido o crescimento e teores foliares de N e K₂O, dentro de cada parcelamento. Finalizando os resultados da adubação de primeiro ano, os parcelamentos serão comparados quanto ao crescimento ao fim do primeiro ano de adubação.

4.1.1 Doses de N e K₂O sobre o crescimento em quatro e doze parcelamentos

Não houve interação entre doses e épocas de avaliação no parcelamento em quatro (Tabela 1A) e doze aplicações de adubo (Tabela 2A) para todas as características estudadas. Assim, os fatores doses (D) e épocas (E) foram estudados de forma isolada. No teste F foi mostrado que, em ambos os parcelamentos, o incremento ou a redução na dose padrão de N e K₂O recomendada por Guimarães et al. (1999) para o cultivo em sequeiro (100%), não promoveu alterações no crescimento vegetativo do cafeeiro durante o primeiro ano de formação

Para altura de planta, o crescimento em valores absolutos entre as doses variou de 38,79 a 41,03 cm, sem diferença significativa. Pequena variação em valores absolutos também foi observada nas características NRA (13,18 a 15,28 ramos), NNO (7,84 a 8,89 nós por ramo), DCA (0,94 a 1,02 cm) e DCO (43,44 a 48,88 cm), sem diferenças significativas entre esses.

Assim como ocorreu para o P4, para o parcelamento em doze aplicações (P12), o crescimento foi semelhante entre as doses, mostrando pequena variação de valores absolutos sem diferenças significativas. Para ALT, o crescimento variou de 40,89 a 41,88 cm, para NRA (15,32 a 15,53 ramos), para NNO (7,74 a 8,37 nós por ramo), para DCA (1,04 a 1,08 cm) e para DCO (51,30 a 53,55 cm).

Seja no P4 ou P12, o aumento de 90% ou a redução de 30% da dose recomendada de N e K₂O não alterou o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro. Por esta razão, o efeito do fator parcelamento será desconsiderado na discussão relativa aos resultados encontrados para o efeito de doses. Buscando explicar este comportamento, considerações são feitas sobre as possíveis causas da falta de resposta e da suficiência da dose inferior.

A não resposta ao aumento das doses de N e K₂O foi relatada por diversos autores, em vários experimentos, desde a fase de pós-plantio da cultura

até a fase produtiva (Winston et al., 1992; Teodoro et al., 2004; Nazareno et al., 2003; Costa, 2005; Fagundes, 2006).

Vários fatores podem estar condicionando a falta de resposta e a suficiência da dose inferior (70% em relação à citada por Guimarães et al., 1999) no adequado crescimento vegetativo:

a) o sistema adensado de cultivo em sequeiro, já foi relatado como um dos fatores que predispõe a uma redução na dose de adubo necessária para uma mesma produtividade, em função de um maior aproveitamento dos fertilizantes (menores perdas por lixiviação ou mesmo por volatilização). Nesta forma de cultivo, Prezotti & Rocha (2003), trabalhando com lavoura em fase produtiva, mostraram que a menor dose de N utilizada (100 kg ha^{-1}) foi satisfatória para manter adequados os teores foliares deste nutriente e garantir uma produtividade de 40 sacas de café beneficiado por hectare. Nesta mesma faixa de produtividade, Figueiredo et al. (2006), estudando doses de nutrientes para o cultivo adensado em sequeiro, relataram reduções de 57% para o N e 44% para o K, em relação à dose recomendada por Guimarães et al. (1999).

b) além do adensamento, alguns autores ao avaliarem cafeeiros irrigados (Winston et al., 1992; Nazareno et al., 2003) relataram não haver efeito do aumento de doses de N e K_2O sobre o desenvolvimento das plantas na fase inicial e produtiva do cultivo, citando ainda, possíveis reduções nas doses aplicadas. É provável que a maior umidade do solo nos sistemas adensados ou mesmo irrigado possa aumentar a eficiência na nutrição destes cultivos. Segundo Marschner (1995), a adequada disponibilidade de água no solo favorece amplamente a absorção de nutrientes, pois aumenta diretamente o fluxo de massa (N e K) e difusão (K) de solutos até a raiz.

Redução na dose recomendada também foi relatada nos trabalhos de adubação líquida para os cultivos em sequeiro. Fagundes (2006) mostrou que para a fase de cobertura pós-plantio, utilizando a adubação via líquida, é possível

reduzir em 50% a dose proposta por Guimarães et al. (1999) para a adubação convencional. O autor relata que a adubação pela via líquida aumenta a eficiência dos adubos, melhora sua distribuição e reduz diretamente os custos com aplicação. Também analisando a adubação líquida, Santinato & Pereira (1996), após avaliarem quatro anos de produção, recomendam redução de 15% na dose de N e K₂O em relação à dose aplicada via sólida.

Considerando que o presente trabalho foi realizado, em cultivo adensado (6.666 plantas ha⁻¹) (Guimarães et al., 1999), com umidade do solo mantida pela irrigação sempre próxima a capacidade de campo e que os adubos foram aplicados pela via líquida (fertirrigação), todos os fatores discutidos acima estiveram presentes. Assim, os resultados encontrados neste trabalho vão ao encontro dos trabalhos citados, sendo justificável a falta de resposta às doses superiores (130%, 160% e 190%) e a suficiência quanto ao desenvolvimento vegetativo da menor dose (70%), ficando a hipótese de que uma dose menor ainda, que a testada neste trabalho (Fagundes (2006) encontrou 50% como suficiente) possa atender ao crescimento de lavouras irrigadas no primeiro ano pós-plantio.

O resultado encontrado neste trabalho corrobora com os obtidos por outros autores no cultivo fertirrigado do cafeeiro. Teodoro et al. (2004), avaliando a fase produtiva, utilizando também Guimarães et al. (1999) como referência à dose padrão, mostraram que, além de não haver ganhos com o aumento das doses, seria possível para o cultivo fertirrigado uma redução de até 50% na dose aplicada (mesmo percentual obtido por Fagundes (2006) utilizando adubação líquida). A redução na dose de fertilizantes recomendada para o cafeeiro fertirrigado, está condicionada também, ao uso correto da técnica de fertirrigar. De acordo com Burt (2009), quando a fertirrigação é realizada de forma criteriosa, reduções nas doses de até 25% podem ser conseguidas sem afetar a produtividade das culturas.

Na fase de formação da lavoura cafeeira, com base nas informações de Malavolta (1993), a semelhança entre as doses (70% a 190%) poderia ser explicada pelas pequenas exigências nutricionais do cafeeiro até 1,5 anos de idade (fase relativa ao primeiro ano de adubação). Segundo Malavolta (1980), a marcha de absorção de nutrientes da lavoura cafeeira ao longo dos anos é uma sigmoide, na qual a absorção na fase de planta jovem é pequena. Esta informação explica os resultados de Magalhães et al. (1987), em experimento conduzido por três anos agrícolas (1982/83 a 1984/85), em que os autores não encontraram resposta à aplicação de N, P e K nos dois primeiros anos após o plantio da lavoura. No entanto, no terceiro ano agrícola, houve resposta linear para N e K₂O.

Portanto, a resposta ao aumento das doses pode estar condicionada à idade fenológica da cultura. Isso demonstra a impossibilidade de generalizar as conclusões obtidas na fase de formação, para a fase produtiva da lavoura. Segundo Clemente et al. (2008), a dose ideal para o primeiro ano de formação da lavoura está em torno de 71% a 112% da adubação padrão recomendada para macronutrientes, concordando com os resultados obtidos para o primeiro ano no cultivo fertirrigado.

Assim, neste experimento, nota-se que mesmo com o crescimento superior do cafeeiro fertirrigado em relação ao cultivado em sequeiro, não houve resposta no aumento da dose fornecida de N e K₂O. Os dados permitem ainda a inferência de que se pode reduzir em até 30% a dose de N e K₂O recomendada por Guimarães et al. (1999) para lavouras de sequeiro em fase de formação. Esta redução, possivelmente, seja em função da maior eficiência que a fertirrigação apresenta e, também ao adensamento entre plantas na linha, o que vem a aumentar o aproveitamento dos adubos aplicados.

4.1.2 Crescimento do cafeeiro em quatro parcelamentos em relação às épocas do ano

Apesar do crescimento com o avançar dos meses ser uma informação evidente, os modelos de regressão formados (linear, quadrático, cúbico) são úteis nas inferências quanto aos efeitos do parcelamento da adubação sobre cada característica ao longo do ano.

Para todas as variáveis, o crescimento diferiu entre as épocas avaliadas (teste F a 5%), permitindo o estudo de cada característica por meio da regressão. Na Figura 1, pode ser observada a temperatura média de cada mês, nos anos de 2008 e 2009, Nota-se que houve redução na temperatura média no período de maio a setembro, conforme esperado para a região Sul de Minas Gerais.

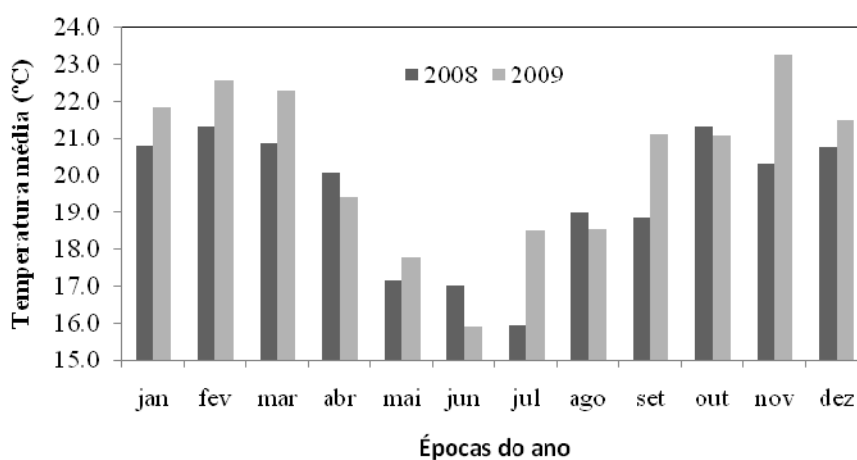


FIGURA 1 Variação na temperatura média mensal ao longo do ano de 2008 e 2009.

Considerando valores absolutos, para ALT observou-se a cada dois meses, incrementos semelhantes entre as épocas de janeiro a julho (2,39 a 3,72

cm/2 meses) e crescimento intenso de julho a setembro (12,68 cm/ 2 meses). O maior ganho em altura neste período pode estar relacionado à desbrota realizada no mês de agosto, que provavelmente reduziu o dreno de nutrientes e melhorou a relação raiz/parte aérea, favorecendo o maior crescimento em altura (Da Matta et al., 1999). A curva do desenvolvimento em altura ao longo do ano no P4 pode ser observada na Figura 2. O modelo mais adequado foi o quadrático, ilustrando as variações de crescimento ao longo do ano.

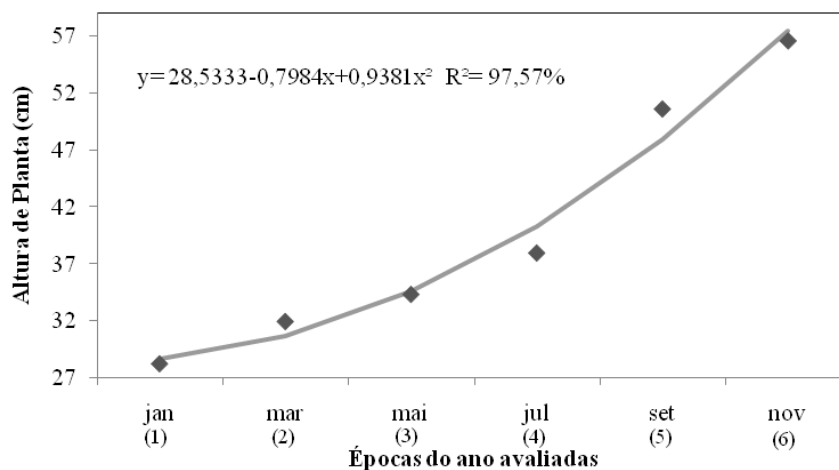


FIGURA 2 Curva de crescimento em altura do cafeeiro fertirrigado no parcelamento em quatro aplicações de N e K₂O.

Comportamento semelhante ao ocorrido para ALT foi observado para NRA, em que apesar do decréscimo em maio, pela morte de algum ramo do terço inferior, o crescimento de julho a novembro foi intenso, próximo a seis ramos num intervalo de dois meses. Nesta característica o modelo quadrático foi mais adequado na curva de desenvolvimento, conforme Figura 3.

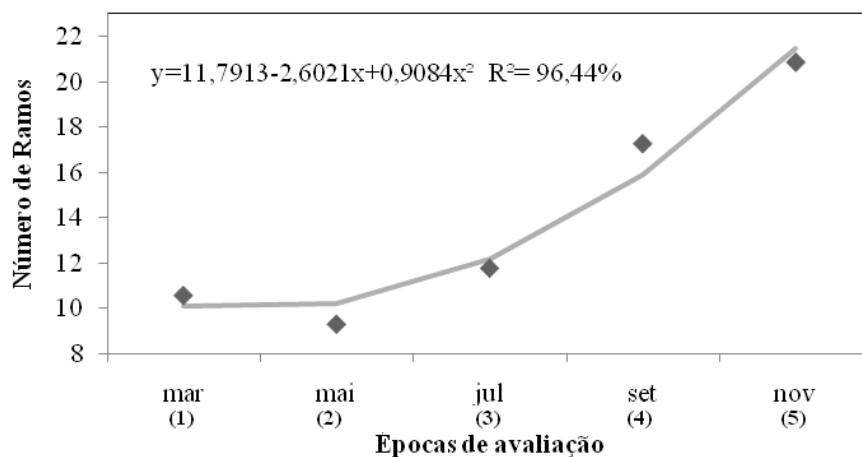


FIGURA 3 Curva de crescimento do número de ramos do cafeeiro fertilizado no parcelamento em quatro aplicações de N e K₂O.

O comportamento semelhante entre as duas características (ALT e NRA) é em virtude de sua interrelação, na qual o crescimento em altura é acompanhado da emissão de novos pares de ramos plagiotrópicos primários (Matiello et al., 2005b). Para NNO, o desenvolvimento mostrou relativa uniformidade ao longo do ano. No mês de maio houve um decréscimo no valor médio em razão da morte e conseqüente troca de alguns ramos marcados por outros mais jovens, apresentando menor número de nós. A curva de crescimento e o modelo ajustado podem ser observados na Figura 4.

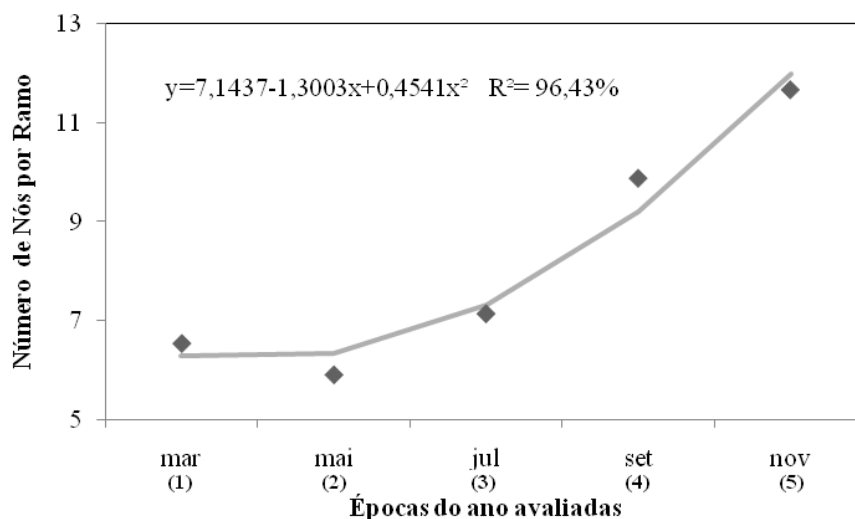


FIGURA 4 Curva de crescimento de nós por ramo plagiotrópicos do cafeeiro fertilrigado em quatro parcelamentos ao ano de N e K_2O ao longo das épocas de avaliação.

Para DCA, de janeiro a maio o incremento entre as épocas foi semelhante (0,16 – 0,24 cm). De maio a setembro houve queda na taxa de expansão (0,07-0,08 cm) em relação ao período anterior, ocorrendo de setembro a novembro considerável engrossamento no caule (0,44 cm) dos cafeeiros. Apesar do crescimento menos intenso, observado nos meses mais frios, o modelo linear (Figura 5) foi adequado para representar o engrossamento do caule ao longo do ano.

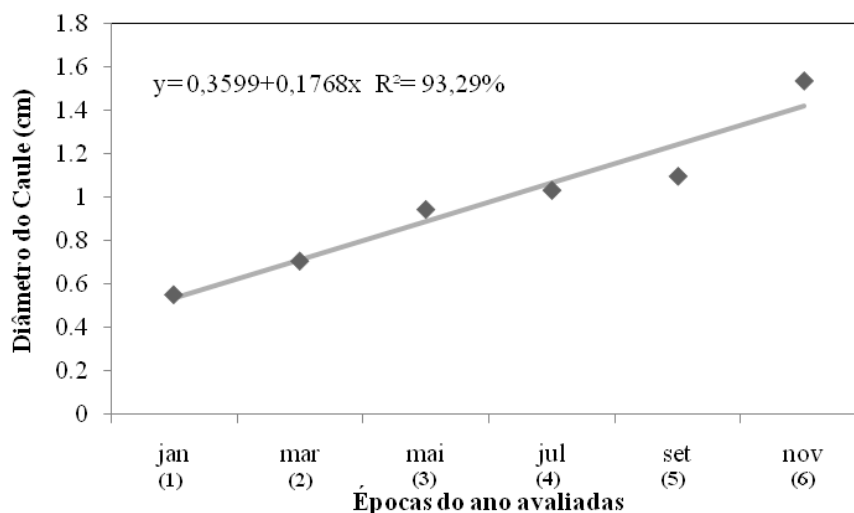


FIGURA 5 Curva de crescimento do diâmetro do caule do cafeeiro fertirrigado em quatro parcelamentos ao ano de N e K₂O ao longo das épocas de avaliação.

Para DCO, crescimento significativamente nulo foi observado entre os meses de maio a setembro. O período de setembro a novembro, assim como ocorreu para o DCA, foi o de maior incremento entre épocas (13,55 cm). Considerando que a expansão no DCO é por meio do crescimento dos ramos produtivos, esse aumento simultâneo (setembro-novembro) entre as duas características (DCA e DCO) pode ser uma das explicações para a alta correlação que alguns autores (Freitas et al., 2007; Silvarolla et al., 1997) mostraram existir entre DCA e produtividade da lavoura.

Considerando a estabilização no desenvolvimento de copa nos meses mais frios do ano, a curva de modelo cúbico foi a que representou de forma mais adequada o crescimento do DCO (Figura 6).

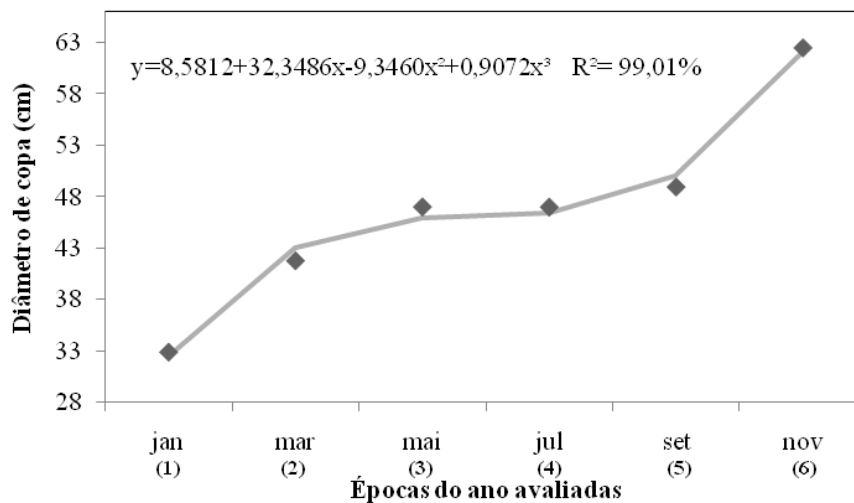


FIGURA 6 Curva de crescimento do diâmetro de copa do cafeeiro fertilizado em quatro parcelamentos ao ano de N e K₂O ao longo das épocas de avaliação.

Apenas o DCA seguiu um comportamento linear de crescimento durante o ano, diferindo das demais características cujo comportamento foi quadrático (ALT, NRA e NNO) e cúbico (DCO). Possivelmente a expansão contínua no DCA esteve atrelada ao bom desenvolvimento do sistema radicular nas épocas quentes e frias. Segundo Alves & Livramento (2009), as raízes precisam de temperaturas no solo (rizosfera) maiores que 12,5°C, para que ocorra o adequado crescimento e absorção de íons, pela ativação da enzima redutase do nitrato. Considerando que o solo retém mais o calor recebido durante o dia do que a atmosfera, supõe-se que o metabolismo nas raízes esteve em atividade no período frio do ano.

Considerando todas as épocas, o crescimento a cada dois meses (final – inicial / 6 épocas) no P4 foi de 4,74 cm para ALT, 2,05 ramos para NRA, 1,03 nós para NNO, 0,17 cm para DCA e 4,94 cm para DCO.

4.1.3 Crescimento do cafeeiro em doze parcelamentos em relação às épocas do ano

Considerando o crescimento a cada dois meses, o P12 foi superior ao P4 para todas as características (5,27 cm para ALT, 2,76 ramos para NRA, 1,70 nós para NNO, 0,19 cm para DCA, 7,94 cm para DCO). Fica evidente que a adubação parcelada em doze vezes proporciona um maior crescimento da lavoura fertirrigada, possivelmente pelo maior aproveitamento dos fertilizantes aplicados, com menores perdas por lixiviação ou volatilização e pelo fornecimento contínuo de nutrientes as plantas continuam o crescimento no inverno.

Assim como ocorreu no P4, no P12 as características ALT e NRA, também mostraram associação, possivelmente pela mesma razão apresentada para os dados do P4. Para estas características. o crescimento foi nulo entre os meses de março a maio, porém o desenvolvimento nos meses mais frios (maio a setembro) foi considerável (5,41 – 11,88 cm para ALT e 2,84 – 5,75 ramos para NRA). Assim como comentado no P4, este crescimento intenso no período frio ocorreu possivelmente, pela desbrota realizada em agosto de 2008. Para ambas as características o modelo quadrático de curva foi aquele que representou mais adequadamente o comportamento das variáveis ao longo do ano (Figura 7 e Figura 8).

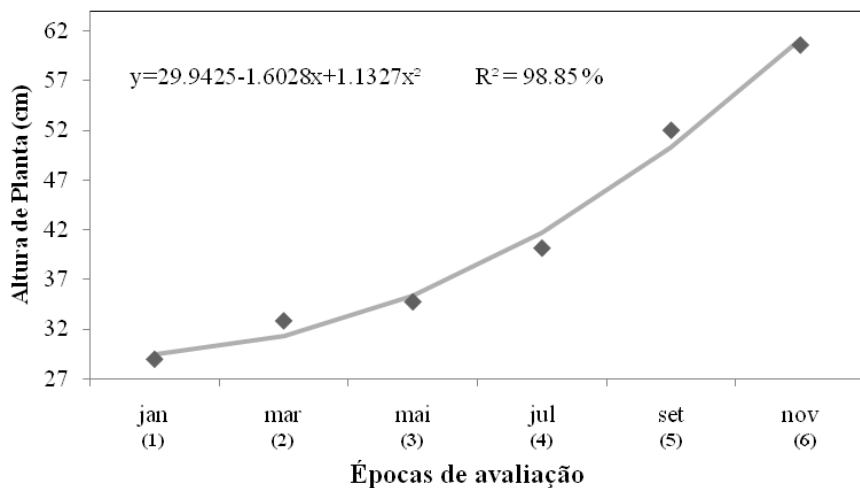


FIGURA 7 Curva de crescimento em altura do cafeeiro fertilizado em 12 parcelamentos ao ano de N e K₂O ao longo das épocas de avaliação.

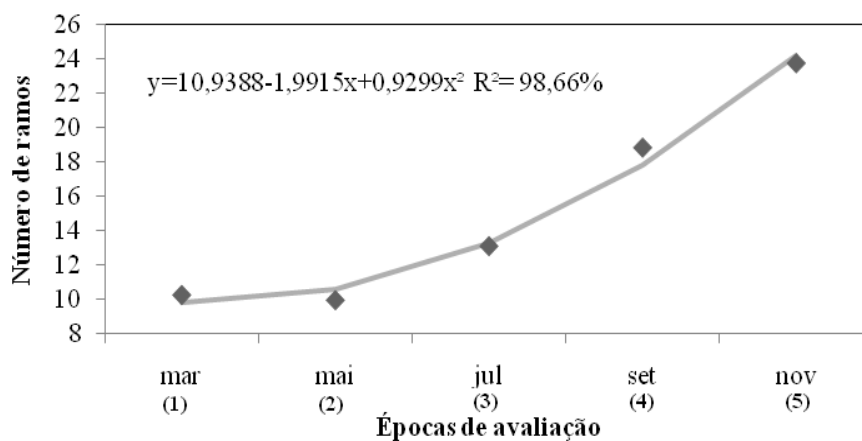


FIGURA 8 Curva de crescimento do número de ramos plagiotrópicos do cafeeiro fertilizado em 12 parcelamentos ao ano de N e K₂O ao longo das épocas de avaliação.

Para NNO, o crescimento entre épocas apresentou pequena variação (1,83 – 2,60 nós/ 2 meses), mostrando uniformidade de desenvolvimento ao longo do ano. O crescimento contínuo foi confirmado pelo bom ajuste do modelo linear de crescimento (Figura 9).

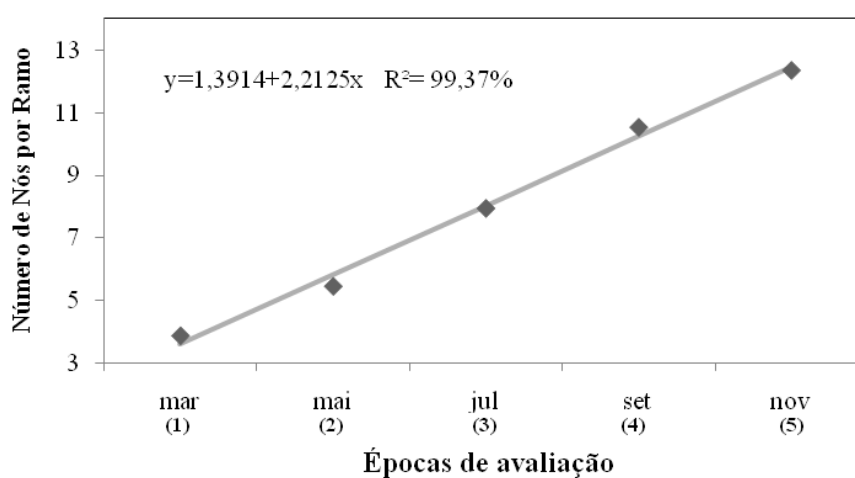


FIGURA 9 Curva de crescimento de nós por ramo plagiotrópico do cafeeiro fertirrigado em 12 parcelamentos ao ano de N e K₂O ao longo das épocas de avaliação.

Para DCA e DCO, o desenvolvimento foi nulo nos meses de maio a julho, apesar do incremento entre estas épocas ser maior do que o observado no P4. No período de setembro a novembro, ocorreu o maior crescimento nestas características (0,43 cm para DCA e 23,65 cm para DCO), de forma semelhante ao observado no P4. Na Figura 10, pode-se observar que o espessamento do caule foi uniforme e seguiu o modelo linear de crescimento.

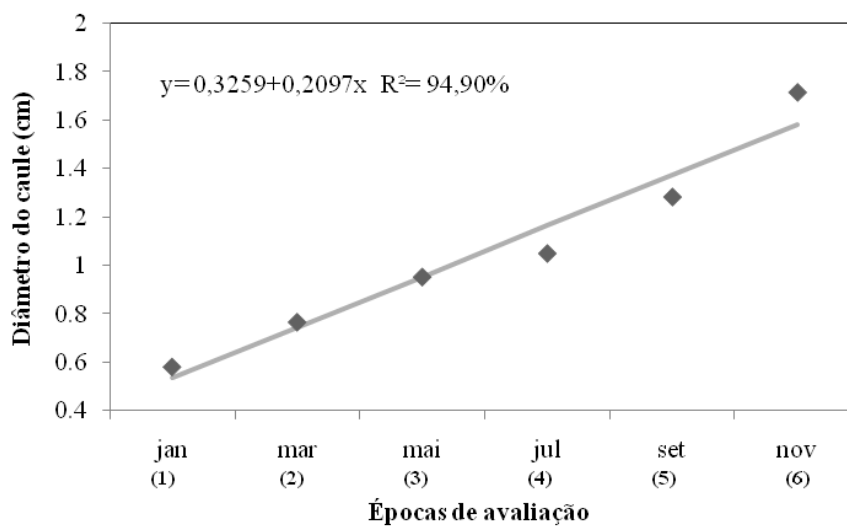


FIGURA 10 Curva de crescimento do diâmetro do caule do cafeeiro fertirrigado em 12 parcelamentos de N e K₂O ao longo das épocas de avaliação.

Para o DCO a curva de melhor ajuste foi a quadrática (Figura 11), demonstrando as variações que existem no crescimento ao longo do ano.

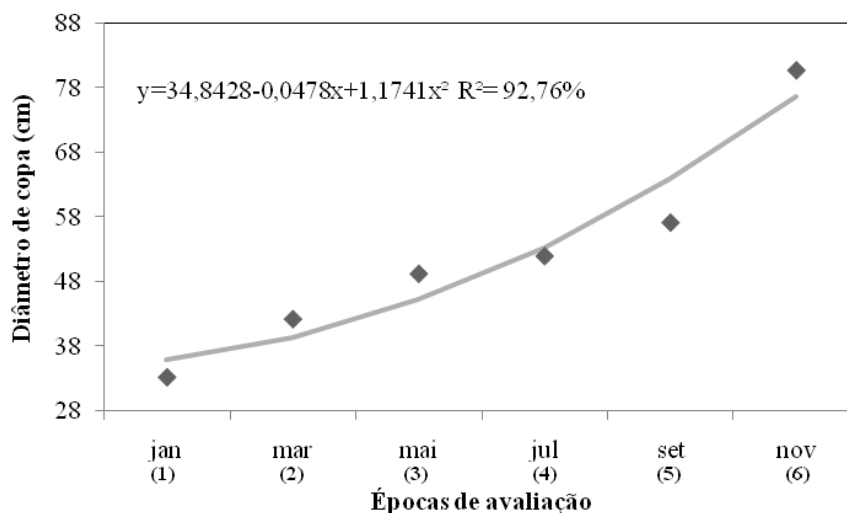


FIGURA 11 Curva de crescimento do diâmetro de copa do cafeeiro fertirrigado em 12 parcelamentos de N e K₂O ao longo das épocas de avaliação.

Nota-se que para o P4, as curvas de ajuste mais adequadas ao desenvolvimento vegetativo ao longo das épocas, foram os modelos linear (DCA), quadrático (ALT, NRA e NNO) e cúbico (DCO). Para o P12 o desenvolvimento seguiu os modelos quadráticos (ALT, NRA e DCO) e lineares (NNO e DCA). Com base nos modelos de curva adotados em cada parcelamento, pode-se inferir que no P12 o crescimento tende a apresentar menor queda nos meses mais frios, possivelmente, pela oferta contínua de nutrientes no período outono-inverno e pelo maior aproveitamento dos fertilizantes aplicados, com menores perdas por lixiviação ou volatilização às plantas que continuam o crescimento nesse período do ano.

Os modelos quadráticos e cúbicos demonstram que o crescimento do cafeeiro fertirrigado, apesar do constante suprimento hídrico, apresenta variações na taxa de crescimento ao longo do ano, não seguindo comportamento linear. Possivelmente o suprimento de água nas épocas secas do ano aumenta o

crescimento do cafeeiro, porém a queda na temperatura média do ambiente no período de inverno, típica na região Sul de Minas, reduz a atividade metabólica da planta, chegando a paralisar o crescimento quando a temperatura fica abaixo de 12,5°C (Alves & Livramento, 2009; Amaral, 1991). Segundo Alves e Livramento (2009), no solo raramente a temperatura fica inferior a 20°C, favorecendo amplamente a atividade metabólica na raiz.

O crescimento de raízes durante os meses frios do ano provavelmente favorece as repostas lineares observadas no P4 e P12 para o DCA, considerando que o crescimento de raízes precede ao engrossamento do caule (Huxley & Turk, 1976). Segundo Da Matta et al. (1999), no sudeste do Brasil, o crescimento do caule é lento durante a estação seca e fria, e rápido na estação quente e chuvosa. Com base nas curvas ajustadas para DCA (Figura 5 e Figura 10), nota-se que com a irrigação (P4) e, sobretudo com a fertirrigação no inverno (P12), o crescimento tornou-se mais uniforme durante o ano. Manteve, no entanto, a maior intensidade de crescimento nos meses quentes, provavelmente, em função do maior fotoperíodo e temperaturas mais elevadas (Mota et al., 1997; Alvim, 1964)

A redução da taxa de crescimento no período outono-inverno pode também ser provocada pelo estresse nas regiões de crescimento ativo da planta (folhas novas, meristemas), por causa das baixas temperaturas noturnas, provocando o chamado “sintoma de frio” (Matiello et al., 2005b). O efeito das baixas temperaturas sobre as regiões de crescimento ativo parece afetar mais as características de ALT, NRA, DCO e NNO, pois, elas dependem diretamente do crescimento na região meristemática.

No entanto, a característica NNO no P12 apresentou um comportamento linear de crescimento. Como isso ocorreu no P12, pode-se inferir que a oferta de N e K₂O num período de pouco crescimento (inverno), pode ter aumentado a concentração destes nutrientes na região de crescimento (dreno forte), reduzindo

o dano em nível de célula causado pela baixa temperatura. Neste caso o K_2O aplicado pode ser aquele de maior efeito na manutenção do crescimento. Segundo Marschner (1995), na planta o K^+ atua diretamente na regulação osmótica das células, possuindo grande importância na movimentação de solutos, estando muito ligado à maior resistência das plantas a variações de clima.

Alves & Livramento (2009) relatam que durante o inverno o crescimento do cafeeiro é lento e pode chegar à paralisação total. Segundo esses autores, nem mesmo a irrigação ou desfrutificação pode alterar esse padrão sazonal de crescimento, mas sugerem que a adubação de inverno possa interferir nesse padrão. Andrade et al. (2009), avaliando três cultivares de café na região do Alto Parnaíba-MG, observaram taxa de crescimento reduzida entre os meses de junho a agosto e elevadas entre os meses de setembro a novembro. Como a lavoura era irrigada, os autores atribuíram a temperatura como principal causa na variação de crescimento. Segundo Alvim (1964), em regiões como as da Costa Rica e Colômbia, em que a precipitação é uniforme e as variações de temperatura são pequenas ao longo do ano, o crescimento parece ser determinado pelas pequenas variações na radiação solar.

Com base nos resultados obtidos neste estudo e nos trabalhos citados acima (Andrade et al., 2009; Da Matta et al., 1999; Mota et al., 1997, Alvim, 1964), acredita-se que o crescimento da lavoura cafeeira fertirrigada no inverno (P12) não sofre durante esse período uma redução intensa no crescimento, contudo, tem o crescimento menos intenso em razão do estresse causado pelas temperaturas mínimas, a queda na temperatura média do ambiente e a redução considerável no fotoperíodo. Tais causas citadas são características na região Sul de Minas, sendo provável que em outras regiões em que estes fatores atuam com menor intensidade, o crescimento do cafeeiro fertirrigado no inverno seja mais uniforme. Assim, os resultados obtidos nesse trabalho podem ser maximizados,

se o experimento for realizado em regiões mais quentes, justificando, ainda mais, o parcelamento da adubação em 12 vezes em lavouras fertirrigadas.

4.1.4 Teores Foliares de N e K em quatro parcelamentos

Para o parcelamento em quatro aplicações (P4), houve interação entre doses (D) e épocas de avaliação (E) para o teor foliar de N (Tabela 3A). Para o teor foliar de K não houve interação (Tabela 3A). No parcelamento em doze aplicações, para ambos nutrientes, não houve interação entre doses e épocas de aplicação do adubo (Tabela 3A). Os fatores foram estudados de forma isolada para aqueles em que não houve interação significativa (K no P4, N e K no P12) e dentro dos níveis no caso de interação (N no P4).

Para o P4, com base no teste F, o incremento ou redução na dose padrão de K_2O , recomendada por Guimarães et al. (1999), para o cultivo em sequeiro (100%), não promoveu alterações nos teores foliares de K durante o primeiro ano de formação.

Considerando o efeito de doses sobre o teor foliar de N no P4 (Tabela 3), verifica-se que apenas no mês de março as doses 70 e 100% proporcionaram teores foliares de N, menores que as doses de 130, 160 e 190%.

TABELA 3 Teores foliares de N para cada dose aplicada e época do ano avaliada, sob o parcelamento da adubação em quatro aplicações ao ano (Nov/Dez/Jan/Fev).

Épocas	Teor Foliar de N (dag kg ⁻¹)				
	70%	100%	130%	160%	190%
Janeiro	3,20 a A	3,23 a A	3,33 b A	3,37 b A	3,40 b A
Março	3,30 a B	3,40 a B	3,67 a A	3,83 a A	3,93 a A
Maió	2,17 d A	2,20 c A	2,20 d A	2,37 d A	2,50 c A
Julho	2,63 c A	2,57 b A	2,60 c A	2,47 c A	2,70 c A
Setembro	2,83 b A	2,70 b A	2,67 c A	2,67 c A	2,57 c A
Novembro	2,43 c A	2,23 c A	2,10 d A	2,17 d A	2,20 d A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (5%).

Possivelmente em março houve alta disponibilidade de N e o acúmulo resultante das aplicações concentradas nos meses anteriores (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) provocou a diferenciação nos teores foliares. Nas demais épocas (janeiro, maio, julho, setembro e novembro), as doses não diferiram, demonstrando que o possível acúmulo do nutriente em março, não garantiu teores foliares superiores nos demais meses do ano. Esse comportamento pode ser em virtude das perdas de N que ocorrem no solo quando este é aplicado de forma concentrada em poucos meses do ano (Marschner, 1995). Na Figura 12 pode ser observada a diferença ocorrida no mês de março e a semelhança nas doses nos meses restantes do ano, onde não houve mais aplicação de N.

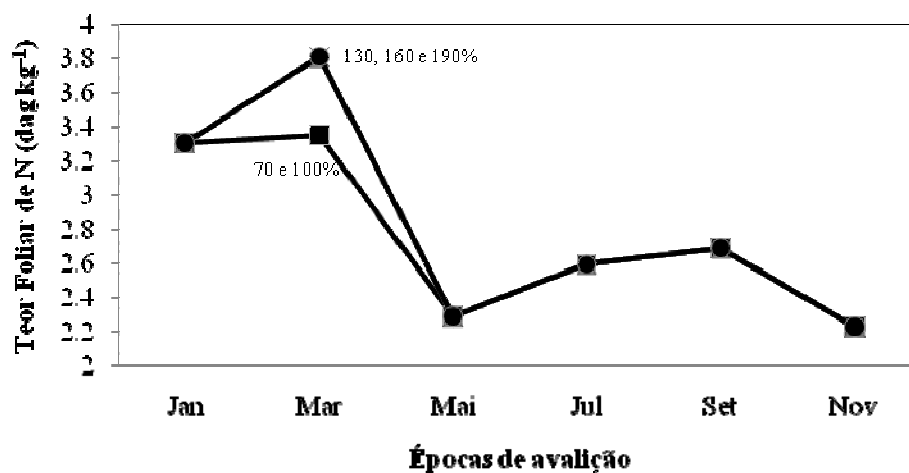


FIGURA 12 Efeito do parcelamento de N em quatro aplicações sobre os teores foliares de N ao longo do ano.

Analisando a diferença entre épocas (Tabela 3), observa-se que nas doses superiores (130, 160 e 190%) os teores foliares de N foram maiores no mês de março. Nas doses de 70 e 100%, o maior teor foliar ocorreu em janeiro e março, sendo estes semelhantes. O menor teor foliar na dose de 70% ocorreu no mês de maio ($2,17 \text{ dag kg}^{-1}$). Nas doses de 100, 130 e 160%, esse comportamento ocorreu nos meses de maio e novembro ($2,20$ a $2,37 \text{ dag kg}^{-1}$ em maio e $2,10$ a $2,23 \text{ dag kg}^{-1}$ em novembro). Na dose de 190%, o menor teor foliar de N ocorreu no mês de novembro, época mais distante (maior período de tempo) em relação à última aplicação de N realizada.

Considerando a ilustração do teor foliar de N ao longo do ano (Figura 12), nota-se que a faixa de maiores valores ocorreu entre os meses de janeiro e março, épocas próximas a aplicação do adubo N. De março para maio observa-se queda intensa no teor foliar de N, possivelmente, pelo crescimento ocorrido

no período e a não realização da adubação nitrogenada. Também nesse período pode acontecer queda brusca de nutrientes em lavouras em produção em função da força de dreno dos frutos, o que deve ser avaliado em outros trabalhos.

Quando a planta cresce pode ocorrer o chamado “efeito diluição” em que a concentração do nutriente no tecido fica menor. Se o crescimento for superior em relação a um determinado período e o suprimento de N for constante, é provável que ocorra diluição do nutriente na maior quantidade de matéria seca produzida pela planta (Marschner, 1995). No caso do período de março a maio, o crescimento variou pouco em relação ao período anterior (janeiro a março), porém, a partir de março não houve mais oferta de N pela adubação (P4), provocando o decréscimo no teor de N do tecido foliar.

De maio a setembro, período caracterizado por menores temperaturas (Figura 1), os teores foliares mostraram tendência de elevação (Figura 12). O crescimento das plantas foi reduzido e, aparentemente, o nitrogênio disponibilizado pelo solo, aliado a sua menor diluição na planta, favoreceu a elevação dos teores foliares de N. Esta hipótese parece ser adequada, visto que o teor foliar de N volta a decrescer fortemente com a elevação de temperaturas e o crescimento intenso no período de setembro a novembro.

De setembro a novembro, apesar da maior liberação de N que ocorre no solo com a elevação da temperatura, o crescimento intenso provoca diluição do N no tecido. Outra hipótese é de que no período setembro-novembro ocorra aumento na lixiviação do N liberado da matéria orgânica do solo, em função do aumento no volume precipitado, característico na região (Figura 13), provocando indiretamente o decréscimo no teor de N no tecido foliar.

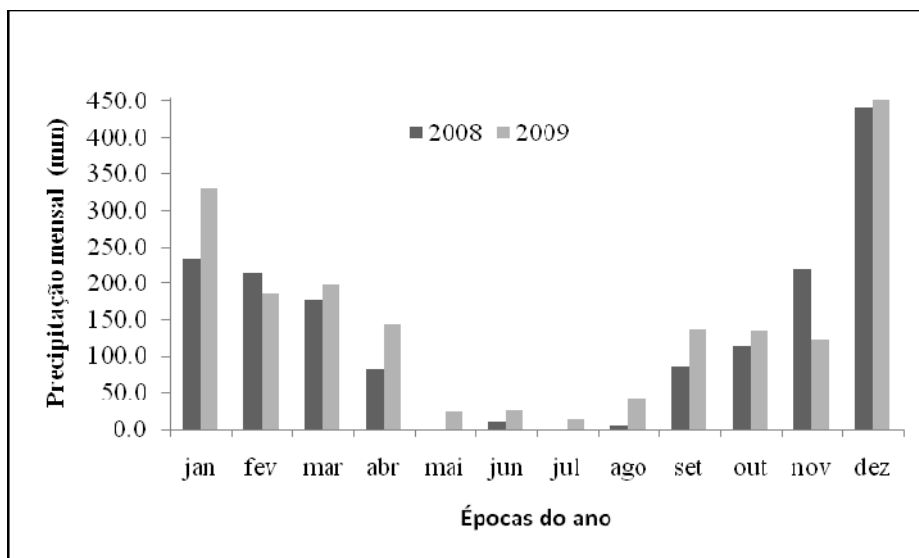


FIGURA 13 Variação na precipitação mensal ao longo dos anos de 2008 e 2009.

É provável que no período setembro-novembro ocorram os dois processos, a maior lixiviação do N do solo e de maior efeito sobre o teor foliar, o crescimento intenso, causando diluição do nutriente no tecido foliar (Figura 12).

Para o teor foliar de K no P4, como não houve interação entre doses e épocas, os fatores doses e épocas foram estudados de forma isolada (Tabela 4).

TABELA 4 Média anual do teor foliar de K para cada dose estudada e cada mês do ano avaliado, considerando o parcelamento em 4 aplicações.

Doses	Teor de K (dag kg ⁻¹)	Épocas	Teor de K(dag kg ⁻¹)
70%	2,34 a	Janeiro	2,22 c
100%	2,34 a	Março	2,42 b
130%	2,34 a	Maiο	2,26 c
160%	2,36 a	Julho	2,28 c
190%	2,36 a	Setembro	2,71 a
		Novembro	2,20 c

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%).

Não houve diferença entre as doses para o teor foliar de K, cuja média anual foi em torno de 2,35 dag kg⁻¹. Com relação às épocas, variações ocorreram, contudo, de forma menos acentuada que as observadas para o N (Figura 14). O maior teor foliar de K foi no mês de setembro (2,71 dag kg⁻¹); teor intermediário ocorreu no mês de março (2,42 dag kg⁻¹) e os menores valores (2,20 – 2,28 dag kg⁻¹), não diferindo entre si, ocorreram em janeiro, maio, julho e novembro.

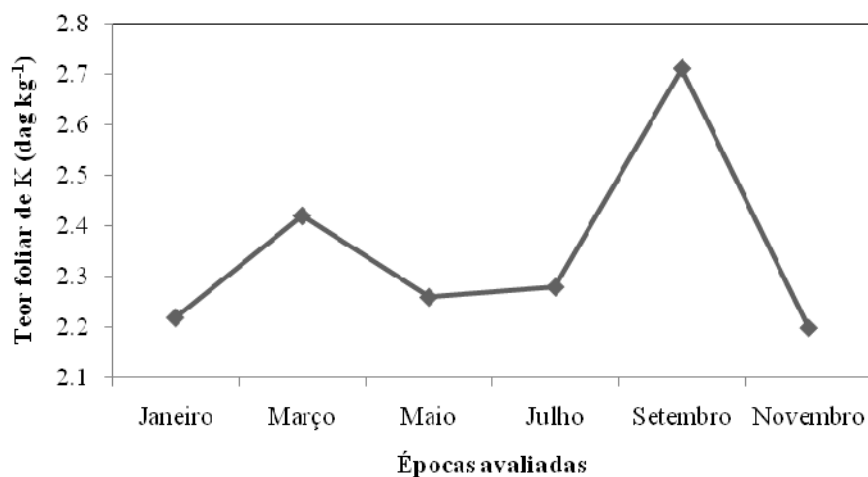


FIGURA 14 Efeito do parcelamento de K₂O em quatro aplicações sobre os teores foliares de K ao longo do ano.

4.1.5 Teores foliares de N e K em doze parcelamentos

No P12 o teor foliar de N segue um comportamento mais uniforme que o observado para o P4, pois as adubações são parceladas ao longo de todo o ano. No estudo do teor foliar, não houve interação entre doses e épocas, por conseguinte, na Tabela 5 é apresentado o efeito das doses sobre o teor foliar de N e de K.

Para N, considerando a média das seis épocas amostradas, as doses 70, 100 e 130% não diferiram significativamente, apresentando teor foliar entre 2,88 a 3,04 dag kg⁻¹. As doses de 160 e 190% formaram outro grupo de média com valores entre 3,11 a 3,22 dag kg⁻¹. Para o K, a dose inferior (70%) diferiu das demais (100, 130, 160 e 190%) apresentando o maior valor (2,19 dag kg⁻¹), porém com diferença muito pequena e, nas doses superiores o teor foliar de K variou de 2,04 a 2,09 dag kg⁻¹.

TABELA 5 Teor foliar de N e K em cada dose estudada, considerando o parcelamento em 12 aplicações.

Doses de N e K ₂ O	Teor de N (dag kg ⁻¹)	Teor de K (dag kg ⁻¹)
70%	2,88 b	2,19 a
100%	2,98 b	2,09 b
130%	3,04 b	2,04 b
160%	3,11 a	2,06 b
190%	3,22 a	2,05 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%)

As diferenças observadas no teor foliar de N e a aplicação uniforme ao longo do ano seguiu uma tendência linear dos teores foliares de N em função das doses (Figura 15).

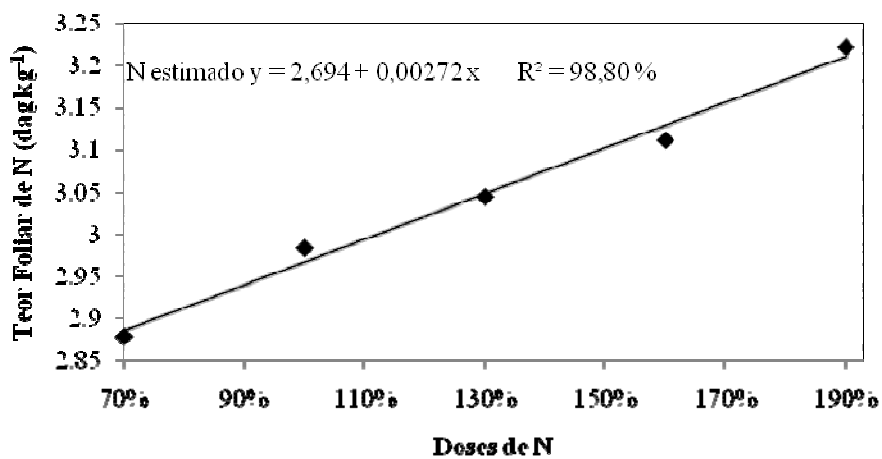


FIGURA 15 Teor foliar de N no primeiro ano de formação do cafeeiro, em função das doses de N e K₂O aplicadas em 12 parcelamentos ao ano.

O modelo teve bom ajuste ($R^2= 98,80\%$) e permite inferir que o aumento no teor foliar N foi de $0,027 \text{ dag kg}^{-1}$ para cada 10% de aumento na dose aplicada, no esquema de adubação do P12. No P4, em razão da grande oscilação do teor foliar de N e a pouca diferença entre as doses, não foi possível estabelecer uma curva relacionando doses e teores foliares. Da mesma forma ocorreu para o K em ambos os parcelamentos, não sendo possível o ajuste de modelos de regressão.

Na Tabela 6, é apresentado o teor foliar de N e de K_2O em relação às épocas do ano amostradas.

TABELA 6 Teor foliar de N e K em cada época do ano avaliada, considerando o parcelamento em 12 aplicações.

Épocas	Teor de N (dag kg^{-1})	Teor de K_2O (dag kg^{-1})
Janeiro	2,94 c	2,20 a
Março	3,01 c	2,39 a
Maió	2,92 c	1,93 b
Julho	3,33 a	1,97 b
Setembro	3,23 b	2,29 a
Novembro	2,85 c	1,74 c

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%)

Para o teor foliar de K_2O , os maiores valores ($2,20$ a $2,39 \text{ dag kg}^{-1}$) ocorreram em janeiro, março e setembro. Valor intermediário ($1,93$ a $1,97 \text{ dag kg}^{-1}$) foi observado no período de maio a julho, e o menor teor foliar de K ($1,74 \text{ dag kg}^{-1}$) ocorreu em novembro. A Figura 16 ilustra a variação no teor foliar de K observada ao longo do ano.

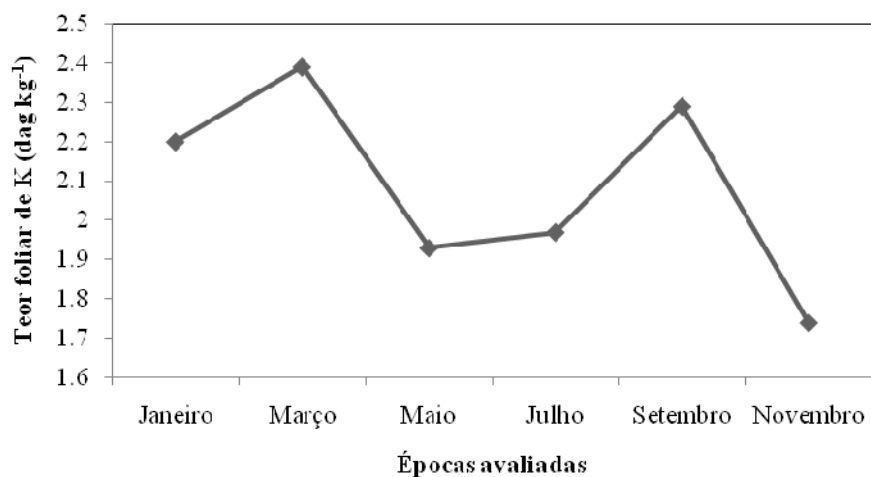


FIGURA 16 Efeito do parcelamento de K em doze aplicações sobre os teores foliares de K₂O ao longo do ano.

Nos meses de janeiro, março, maio e novembro o teor foliar de N não diferiu significativamente, e oscilou entre 2,85 e 3,01 dag kg⁻¹. O maior valor ocorreu no mês de julho (3,33 dag kg⁻¹). Em setembro o valor reduziu para uma faixa intermediária (3,23 dag kg⁻¹) que diferiu das demais épocas avaliadas.

Na Figura 17, é ilustrado o teor foliar de N em relação às épocas de avaliação. Apesar da dose de N aplicada, ser igual em todos os meses do ano, foi possível observar forte oscilação do teor foliar de N nas épocas de julho e setembro.

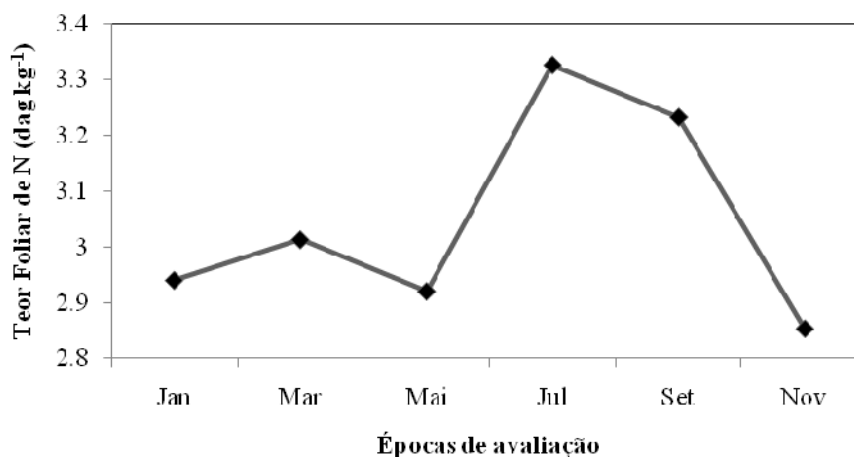


FIGURA 17 Efeito do parcelamento de N em doze aplicações sobre os teores foliares de N ao longo do ano.

Essa variação observada pode ser explicada pelos efeitos do clima (precipitação) sobre a disponibilidade de N e pelo crescimento da cultura ao longo do ano, provocando os efeitos de diluição/concentração do teor foliar de N. Essa constatação sugere que em próximos trabalhos sejam estudadas diferentes quantidades de fertilizantes nos diferentes parcelamentos, durante o ano, em função de fatores como crescimento da cultura, frutificação (no caso de lavouras em produção), temperatura, entre outros.

É provável que a dose de N a ser aplicada em cada época, siga um comportamento inverso ao teor de N observado na Figura 17. Nesse sentido, menor porcentagem do adubo nitrogenado previsto para o ano, deve ser aplicada no período de maio a setembro, e maior porcentagem no período de setembro a maio. Na mesma linha de raciocínio, Santinato et al.(1996) recomendam que para o primeiro ano (6-18 meses de idade), cerca de 30% da adubação seja feita de abril a setembro (5% em cada mês) e 70% entre os meses de outubro a março. Com base nas informações deste trabalho e nos estudos de outros autores (Da

Matta et al., 1999; Mota et al., 1997, Alvim, 1964) atribui-se a temperatura, precipitação e fotoperíodo ocorrentes em cada região, como os principais fatores que condicionarão a distribuição das doses ao longo do ano.

De janeiro a maio, a curva mostra uma pequena elevação no mês de março, porém, o teor foliar não diferiu entre estes meses. Neste período ocorreu considerável crescimento da parte aérea, principalmente no NNO, DCA e DCO. Com base nestes dados, credita-se ao crescimento intenso (consumo e diluição do N) e a lixiviação de N na época das chuvas (maior que na seca), como explicação do menor teor foliar de N.

Pelos mesmos fatores (crescimento e lixiviação), agora atuando de modo inverso, explica-se o alto teor foliar em julho. Conforme discutido no tópico referente ao crescimento, neste período houve paralisação no crescimento do DCA e DCO. Como o DCO está relacionado à emissão de novas folhas (dreno forte para N), pode-se inferir que a demanda por N foi pequena, ocorrendo concentração do nutriente nas folhas “maduras” (3º - 4º par) amostradas. Neste período também ocorreu baixa precipitação (Figura 13), reduzindo as perdas de N por lixiviação e, conseqüentemente, aumentando sua disponibilidade para as plantas. De julho a setembro as temperaturas na região do experimento vão se elevando, ocorre a retomada no crescimento e as primeiras precipitações (chuvas de florada para os cafeeiros adultos) (Figura 13), favorecendo o início da redução no teor foliar de N (Figura 17).

De setembro a novembro, foi observada a maior taxa de crescimento de todo o período avaliado para todas as características. Seguindo o mesmo embasamento discutido para os outros períodos, é esperado que ocorra o decréscimo acentuado no teor foliar de N (Figura 17), visto que o crescimento foi intenso e o volume de chuvas elevado (Figura 13), favorecendo amplamente o consumo e diluição do N na planta.

A redução é também causada possivelmente pelo menor aproveitamento do N aplicado ao solo. Dada a facilidade de movimentação no perfil do solo (formas NH_4^+ e NO_3^-), característico do N (Marschner, 1995), acredita-se que fração considerável do N disponível tenha se localizado fora da zona de absorção das raízes do cafeeiro. No cafeeiro adulto cultivado em sequeiro, estima-se que 78% das raízes estejam nos primeiros 30 cm do perfil do solo (Inforzato & Reis, 1963). Considerando uma lavoura em fase de formação e fertirrigada, cujo desenvolvimento de raízes em profundidade é menor que do cultivo em sequeiro (Santinato et al., 1996), é provável que a lixiviação do N seja elevada no período chuvoso do ano.

4.1.6 Efeito do parcelamento sobre o crescimento ao fim do primeiro ano

Como o efeito de doses já foi estudado na análise isolada de cada parcelamento junto com as épocas de avaliação, nesta análise, realizada dentro da época de novembro, estudar-se-á apenas a diferença entre os parcelamentos, um mês após a última aplicação do P12 (novembro), visando comparar com mais segurança qual deles foi mais eficiente ao fim do primeiro ano de adubação. Assim o crescimento total da planta em 12 meses de estudo será analisado com os dois parcelamentos (P4 e P12) já finalizados.

Não houve interação entre doses e parcelamentos da adubação (Tabela 4A) para todas as características estudadas. Portanto, foi adequado o estudo isolado do fator parcelamento. O teste F mostrou que existem diferenças significativas a 5% para ALT e DCA e a 1% para NRA, NNO e DCO.

O desenvolvimento das parcelas fertirrigadas foi comparado frente às respectivas testemunhas de sequeiro. Para o P4, apenas o DCA diferiu a 1% pelo teste F em relação ao cultivo convencional (Tabela 5A). Para o P12, o NRA e NNO diferiram a 5% (Tabela 6A) e as características ALT, DCA e DCO diferiram a 1% pelo teste de F frente à testemunha

Na Tabela 7, encontram-se os dados de crescimento para cada parcelamento e para a testemunha de sequeiro respectiva a cada experimento (P4 e P12), na época de novembro.

TABELA 7 Efeito do parcelamento de N e K₂O sobre o crescimento ao fim do primeiro ano de adubação da lavoura (Nov/08).

Parcelamentos	ALT	NRA	NNO	DCA	DCO
P4	56,65 b	20,87 b	10,78 b	1,54 b *	62,55 b
P12	60,58 a *	23,77 a *	12,90 a *	1,72 a *	80,88 a *
Test. Seq. (P4)	51,32	19,84	10,71	1,20	54,24
Test. Seq. (P12)	48,41	20,92	10,87	1,13	53,13

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de F (5%)

* Significativo em relação à respectiva testemunha de sequeiro pelo teste F (5%)

Para todas as características avaliadas, o parcelamento em 12 aplicações foi superior ao parcelamento em quatro aplicações. Para ALT, o P12 foi em torno de 4,00 cm superior em relação ao P4. Para NRA e NNO, a diferença foi cerca de três ramos e dois nós, respectivamente. Para DCA, o P12 apresentou 0,18 cm a mais de diâmetro que o P4.

A maior diferença foi observada no DCO, cujo valor foi cerca de 18,00 cm superior no P12. Em termos percentuais, pode-se dizer que no P12 o ganho em relação ao P4 foi em torno de 10% para as características ALT, NRA, NNO e DCA. Para DCO, o ganho foi próximo a 30%, mostrando que o crescimento de ramos foi bem superior.

Em relação à testemunha de sequeiro (cultivo convencional), o P4 foi superior apenas no DCA, crescendo 0,34 cm a mais que a testemunha. Nas demais características, a pequena diferença observada não foi significativa. Contudo, para um crescimento semelhante, a fertirrigação possibilitou a redução de 30% na dose de N e K₂O.

No P12 o crescimento foi superior em relação à testemunha para todas as características. Para ALT, a diferença foi em torno de 12,00 cm, para NRA e NNO a diferença foi próxima a três ramos e dois nós, respectivamente. Para DCA, o P12 apresentou cerca de 0,60 cm de superioridade em relação ao cultivo convencional em sequeiro. No DCO, a superioridade foi de 27,15 cm em relação à testemunha. Em termos percentuais, o P12 foi superior à testemunha em cerca de 25% para ALT, 14% para NRA, 19% para NNO e 52% para DCA e DCO.

4.1.7 Efeito do parcelamento da adubação sobre o teor foliar de N

Foram comparados os parcelamentos (P4 e P12) quanto ao teor foliar de N ao longo do ano. Para maior precisão, utilizou-se a análise individual para cada época amostrada (Tabela 7A). Para todas as épocas avaliadas não houve interação entre doses e parcelamentos. Analisando o fator parcelamento, verificou-se que teor de N diferiu significativamente a 1% pelo teste F em todas as épocas.

Na Tabela 8, são apresentadas as médias do teor foliar de N para cada época e parcelamento. Em janeiro e março, o teor foliar de N no P4 foi superior em relação ao P12, mostrando o efeito da aplicação concentrada do adubo na época chuvosa (nov/dez/jan/fev).

TABELA 8 Efeito do parcelamento de N sobre o teor foliar de N (dag kg^{-1}) em cada época do ano amostrada.

Parcelamentos	Janeiro	Março	Maió	Julho	Setembro	Novembro
P4	3,31 a	3,63 a	2,29 b	2,59 b	2,69 b	2,23 b
P12	2,94 b	3,01 b	2,92 a	3,33 a	3,23 a	2,85 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de F (1%)

No P4 cada aplicação corresponde a um volume de N três vezes superior ao aplicado no P12, contudo, o teor foliar de N observado foi superior em cerca

de 0,40 dag kg⁻¹ (janeiro) ou 0,60 dag kg⁻¹ (março) em relação ao P12. Indicando que parte considerável do N aplicado não é absorvida e, possivelmente, é perdida no processo de lixiviação ou volatilização.

Esta suposição é feita com base no teor foliar referente ao mês de maio, que no P4, decresceu acentuadamente e foi inferior, cerca de 0,70 dag kg⁻¹ em relação ao P12, que havia recebido apenas 50% do nitrogênio previsto para o ano. Isso demonstra que o N não absorvido na época das chuvas, em maio não estava mais disponível às plantas.

A superioridade do P12, em relação ao P4, foi acentuada também nos meses de julho (0,70 dag kg⁻¹), setembro (0,50 dag kg⁻¹) e novembro (0,60 dag kg⁻¹). Na análise do teor foliar, deve-se ainda considerar que o crescimento no P12 foi superior ao P4 em todas as épocas, ou seja, o consumo de N e o consequente efeito de diluição foi maior no P12.

Na Figura 18, pode ser observada a curva do teor foliar de N no P4 e no P12, ao longo das épocas avaliadas. Nota-se visualmente como o teor foliar de N foi mais uniforme no P12 e esteve sempre dentro de uma faixa considerada adequada (segundo Clemente et al. (2008), na fase de formação e Malavolta et al. (1997), para lavouras em produção), oscilando entre 2,85 a 3,33 dag kg⁻¹. De modo inverso, foi o comportamento no P4, cujo teor foliar atingiu níveis excessivos em janeiro e março e, posteriormente, teores abaixo dos considerados como adequados ao bom desenvolvimento, mostrando uma oscilação do teor foliar de N entre 2,23 a 3,63 dag kg⁻¹.

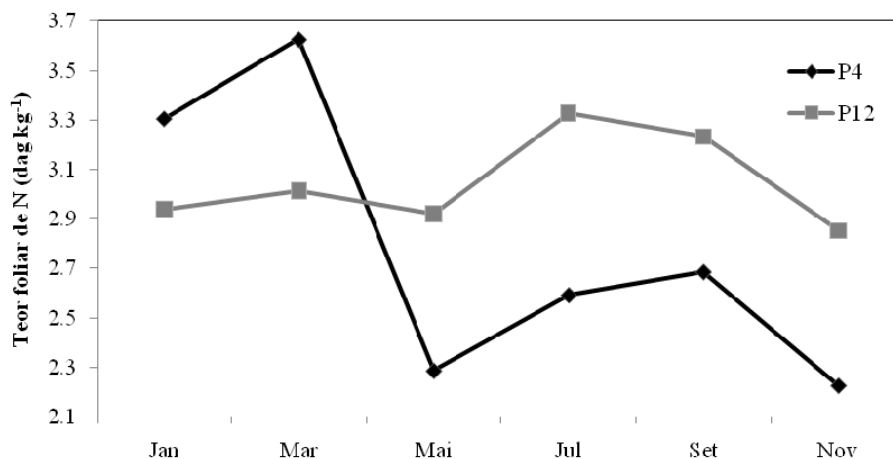


FIGURA 18 Efeito do parcelamento de N em quatro e em doze aplicações sobre os teores foliares de N ao longo do ano.

Segundo Clemente et al. (2008), no primeiro ano de adubação, a faixa crítica do teor foliar de N é entre 1,93 e 2,32 dag kg⁻¹. Malavolta et al (1997), referindo-se a lavouras em produção, cita como faixa crítica do teor foliar de N os valores de 2,90 a 3,20 dag kg⁻¹. Com base nesta faixa, os teores foliares de N estiveram acima dos recomendados por Clemente et al. (2008), porém, dentro da faixa preconizada para lavouras em produção por Malavolta et al. (1997).

Usando os valores de Malavolta et al. (1997) como referência, observa-se que o P12 foi aquele que melhor se enquadrou nesta faixa de teores. Contudo, considerando a época de janeiro (mês padrão da análise foliar), o teor foliar de N no P4 esteve pouco além do limite superior recomendado. Este valor estaria dentro da faixa adequada caso a faixa crítica tomada como referência fosse a proposta por Matiello et al. (1997), cujo teor foliar de N proposto está entre 3,00 a 3,50 dag kg⁻¹, dado esse com pequena variação da recomendação de Malavolta et al. (1997).

É preciso analisar com cautela os teores foliares, visto que sua variação pode ser causada por diversos fatores. Segundo Martinez et al. (1999), pode-se citar como causas na variação os fatores relativos à planta e ao ambiente: espécie, variedade ou porta-enxerto, estágio vegetativo e idade da planta, distribuição, volume e eficiência do sistema radicular, produção pendente, variações climáticas, disponibilidade de água e nutrientes no solo, estado fitossanitário da planta, tipo e manejo do solo e interações entre nutrientes.

Considerando a superioridade de crescimento observada no P12, acredita-se que para o cafeeiro fertirrigado, a variação anual entre 2,85 a 3,33 dag kg⁻¹ seja aquela mais adequada ao desenvolvimento das plantas. Ressalta-se que o intervalo de valores citado não é uma faixa crítica. Clemente et al. (2008) trabalhou com plantas em vasos, e no caso desse estudo, trabalhou-se com plantas fertirrigadas em campo, sendo necessários outros estudos para que tal faixa crítica de lavouras fertirrigadas seja estabelecida. Porém, até que se determine experimentalmente a faixa crítica para o primeiro ano do cafeeiro fertirrigado (com metodologia apropriada no campo), estes valores, considerando a ressalva feita, são referência para discussões futuras.

4.1.8 Efeito do parcelamento da adubação sobre o teor foliar de K

Foram comparados os parcelamentos (P4 e P12) quanto ao teor foliar de K ao longo do ano. Utilizou-se a análise individual para cada época amostrada (Tabela 8A). Para todas as épocas avaliadas não houve interação entre doses e parcelamentos. Os parcelamentos diferiram a 1% pelo teste F nos meses de maio, julho, setembro e novembro, em janeiro e março não ocorreu diferença no teor foliar de K.

Na Tabela 9, pode ser observado o teor foliar de K para cada época do ano e parcelamento. O teor foliar de K não diferiu entre os parcelamentos no mês de janeiro (2,20 a 2,22 dag kg⁻¹), e março (2,39 a 2,41 dag kg⁻¹). Nos meses

de maio, julho, setembro e novembro o P4 apresentou em torno de 0,38 dag kg⁻¹ a mais que o P12.

TABELA 9 Efeito do parcelamento de potássio sobre o teor foliar de K em cada época do ano amostrada.

Parcelamentos	Janeiro	Março	Maio	Julho	Setembro	Novembro
P4	2,22 a	2,41 a	2,26 a	2,28 a	2,71 a	2,20 a
P12	2,20 a	2,39 a	1,93 b	1,97 b	2,28 b	1,74 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%)

Apesar do P4 receber na época chuvosa (nov, dez, jan e fev) dose três vezes superior a aplicada no P12, verifica-se que o teor foliar não diferiu em janeiro e março. Nos meses seguintes, o P12 continuou a receber adubação potássica e o P4 não recebeu mais adubações. Contudo, o teor foliar de K no P4 foi superior ao P12 nas últimas quatro avaliações (março, maio, julho, setembro e novembro). Por este comportamento, acredita-se que o crescimento superior da cultura no P12 (Tópico 4.1.4) tenha causado a redução no teor foliar de K pelo comentado efeito diluição.

Segundo Clemente et al. (2008), a faixa crítica para o teor foliar de K no primeiro ano de formação do cafeeiro varia de 1,74 a 1,90 dag kg⁻¹. Com base nesta faixa crítica, verifica-se que o P12 esteve próximo do valor adequado no mês de maio, julho e novembro; em janeiro e março o teor esteve acima do valor crítico, ocorrendo um possível “consumo de luxo”. Neste princípio, o P4 esteve em todas as épocas acima do valor crítico (0,3 – 0,8 dag kg⁻¹) estabelecido por Clemente et al. (2008), indicando um possível consumo de luxo. Esta constatação tem ainda como base, o crescimento inferior em relação ao P12, quando este apresentou teor foliar de K inferior. É provável que a baixa disponibilidade de N no P4 (Tabela 3 e Figura 12), observada a partir do mês de

maio, tenha limitado o crescimento da planta e condicionado o maior teor foliar de K em relação ao P12.

A variação no teor foliar de K em cada parcelamento pode ser visualizada na Figura 19. Nota-se que até o mês de março, o comportamento do teor foliar em ambos os parcelamentos foi semelhante (significativamente). Observa-se uma queda em maio e uma estabilização no período maio-julho, nota-se que a curva segue o mesmo padrão em ambos os parcelamentos. Porém, a queda foi mais acentuada no P12, possivelmente, por causa da maior taxa de crescimento proporcionada pela oferta de N neste período, pois trata-se nesse item de “teores” encontrados na matéria seca das plantas, ou seja, a mesma quantidade de nutriente distribuída em maior quantidade de matéria seca resultará em menores teores.

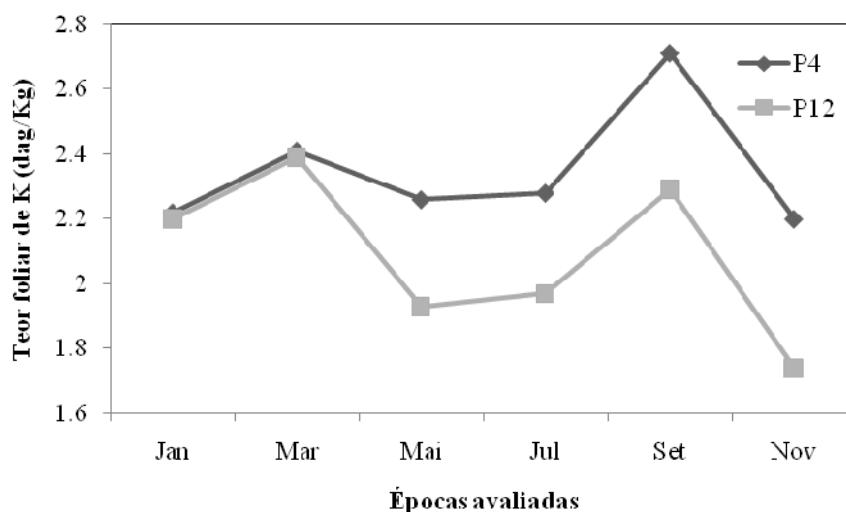


FIGURA 19 Efeito do parcelamento de N e K₂O em quatro e em doze aplicações sobre os teores foliares de K ao longo do ano.

De maio a setembro ocorreu elevação dos teores foliares de K, causada possivelmente pela queda na taxa de crescimento durante os meses frios. Como o comportamento foi semelhante entre os parcelamentos, não se atribui esta variação ao efeito da adubação (parcelamento).

De setembro a novembro, os teores foliares decaíram intensamente para ambos os parcelamentos. Esta queda pode ser explicada pela alta taxa de crescimento observada no período setembro-novembro, ocorrendo maior consumo do K disponível (utilizado pelas folhas novas) e consequente diluição deste nas folhas adultas. Ao fim do primeiro ano de adubação, pode-se constatar que o crescimento acumulado até novembro foi maior no P12. Esse resultado ocorreu em virtude da taxa de crescimento entre períodos no P12 ser maior que a observada no P4.

Essa superioridade pode ser em decorrência da chamada “adubação de inverno”. Segundo Marschner (1995), a enzima redutase do nitrato tem sua síntese e atividade induzidas pelo nitrato. Considerando que o metabolismo nas raízes continua ativo nos meses de inverno (temperatura no solo maior que do ar), ocorrerá maior síntese e atividade de redutases por unidade de raiz se a planta for suplementada com N nos meses frios.

Alves & Livramento (2009) observaram que a adubação de inverno permitiu um crescimento extra de pelos radiculares no período frio e a partir de setembro a parte aérea que até então tinha seu crescimento paralisado pelo frio, apresentou uma taxa extra de crescimento em relação à testemunha não adubada com N no inverno. Os autores relataram que o ganho na taxa de crescimento manteve-se superior desde a primavera até o verão e atribuem tal efeito aos metabólitos nitrogenados orgânicos sintetizados e acumulados nas raízes durante o inverno.

Rena (2000), usando a expressão “fertirrigação de inverno” observou que a adição de N, via água de irrigação durante os meses de maio a agosto

(meses frios), estimulava o metabolismo e o crescimento do sistema radicular, ainda que o crescimento da parte aérea fosse praticamente zero. Como resultado, o autor relata que o crescimento dos ramos plagiotrópicos das plantas que receberam N no inverno, tanto sob a forma nítrica ou amoniacal, foram praticamente o dobro daquelas que receberam apenas irrigação no mesmo período. É provável que a maior síntese e acúmulo de metabólitos nitrogenados orgânicos durante o inverno, proporcionem suporte à demanda intensa para crescimento vegetativo e reprodutivo da parte aérea nas estações quentes do ano.

O crescimento superior também se deve ao melhor aproveitamento dos adubos, principalmente do nitrogenado que terá menos perdas por volatilização e maior aproveitamento ao longo dos 12 meses de parcelamentos (Cantarella, 2007).

A diferença observada no P12, se mantida até a fase produtiva, garantirá uma produtividade elevada em relação ao cultivo no P4, visto que os dados de superioridade apresentados interferem diretamente na produtividade futura como NRA, NNO, DCO. Considerando o espaçamento utilizado neste estudo (2,5 x 0,6 m), serão 6666 plantas superiores por hectare, que somando o ganho em litros de café produzido por planta, é provável que a produtividade seja superior.

4.2 Segundo ano de formação da lavoura cafeeira fertirrigada

Em sequência é apresentado o estudo de cada característica avaliada, em relação às doses, no parcelamento em quatro e doze aplicações de N e K₂O por ano. Posteriormente será discutido o crescimento e teores foliares de N e K, dentro de cada parcelamento. Finalizando a fase de formação, os parcelamentos foram comparados quanto ao crescimento ao fim do segundo ano pós - plantio.

4.2.1 Doses de N e K₂O sobre o crescimento vegetativo em quatro e doze parcelamentos

Não houve interação entre doses e épocas de avaliação no parcelamento em quatro (Tabela 9A) e doze aplicações de adubo (Tabela 10A) para todas as características estudadas. Os fatores doses (D) e épocas (E) foram estudados de forma isolada. No P4, não houve diferença entre as doses para todas as características avaliadas. No P12, o incremento ou redução na dose padrão de N e K₂O recomendada por Guimarães et al. (1999) para o cultivo em sequeiro (100%), provocou diferença significativa a 5% para DCA e a 1% para DCO, com base no teste F. Nas demais variáveis (ALT, NRA e NNO) não houve diferença entre as doses.

Para altura de planta, o crescimento entre as doses variou de 76,13 a 81,68 cm sem diferença significativa. Pequena variação sem diferença significativa, também foi observada nas características NRA (31,20 a 35,22 ramos), NNO (15,92 a 18,54 nós por ramo), DCA (2,43 a 2,66 cm) e DCO (101,86 a 110,86 cm).

No parcelamento em doze aplicações (Tabela 10) não houve diferença entre as doses para ALT (76,18 - 84,00 cm), NRA (34,88 – 36,05 ramos) e NNO (18,02 – 18,80 nós por ramo). Para DCA e DCO, não houve diferença entre as doses de 70, 100, 130 e 160%, as quais apresentaram valores de 2,69 a 2,74 cm para DCA e 115,58 a 118,30 cm para DCO.

TABELA 10 Crescimento vegetativo dos cafeeiros para cada dose estudada, considerando o parcelamento em doze aplicações.

Doses	ALT (cm)	NRA	NNO	DCA (cm)	DCO (cm)
70%	82,23 a	34,88 a	18,80 a	2,74 a	117,46 a
100%	83,18 a	35,92 a	19,15 a	2,70 a	118,30 a
130%	81,64 a	35,44 a	18,39 a	2,69 a	115,58 a
160%	84,00 a	36,05 a	18,42 a	2,74 a	115,67 a
190%	76,18 a	35,00 a	18,02 a	2,34 b	101,39 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%)

A dose de 190% diferiu das demais apresentando valores inferiores, indicando um possível excesso de N e/ou K, e possivelmente inibição da absorção de outros nutrientes. Segundo Marschner (1995), o íon K^+ , em alta concentração na solução do solo pode inibir por competição a absorção do Ca^{2+} e Mg^{2+} , podendo comprometer o desenvolvimento da planta.

No primeiro ano de adubação o incremento ou a redução na dose padrão recomendada por Guimarães et al. (1999) não provocou alterações no crescimento das plantas. Contudo, no segundo ano de adubação a dose de 190% prejudicou o desenvolvimento das plantas, o qual foi inferior ao observado na dose de 70%. Portanto, o aumento em 90% na dose recomendada (190%), não é interessante ao cafeicultor, pois além de elevar os custos relativos à adubação do cafeeiro, pode comprometer o equilíbrio nutricional da planta, causando a redução no crescimento desta..

Assim como observado para o primeiro ano de adubação, a dose de 70% proporcionou às plantas desenvolvimento semelhante às doses de 100, 130 e 160%, permitindo recomendar para o cafeeiro fertirrigado, a redução em 30% na dose padrão proposta para o cultivo em sequeiro. A não resposta ao aumento das doses de N e K_2O foi relatada por diversos autores, em variados experimentos, desde a fase de pós-plantio da cultura até a fase produtiva

(Winston et al., 1992; Teodoro et al., 2004; Nazareno et al., 2003; Costa, 2005; Fagundes, 2006).

Esta eficiência da dose inferior em relação às demais é explicada pelos mesmos fatores apresentados na discussão referente ao primeiro ano (Tópico 4.1.1), como densidade de plantio (Prezotti & Rocha, 2003), irrigação (Winston et al. 1992; Nazareno et al., 2003), aplicação via líquida de adubos (Fagundes, 2006) e a própria fertirrigação (Costa, 2005; Teodoro et al., 2004; Burt, 2009).

4.2.2 Crescimento do cafeeiro em quatro parcelamentos em relação às épocas do ano

No P4, o teste F indicou diferença significativa entre as épocas (Tabela 9A). No primeiro ano, o período entre avaliações foi de dois meses, porém, para o segundo ano de adubação, adotou-se o intervalo de dois meses entre setembro a janeiro, e de quatro meses entre janeiro a setembro.

Em razão da variação no intervalo de tempo entre as avaliações (para ambos os parcelamentos), não foi possível o estudo do crescimento por meio da regressão, sendo realizada a diferenciação qualitativa entre as épocas, usando o teste de Scott e Knott (5%).

Na Tabela 11, estudou-se o desenvolvimento das plantas entre as épocas de avaliação, quando a fertirrigação foi realizada em quatro aplicações (Nov/Dez/Jan/Fev) e o cultivo irrigado durante o ano.

TABELA 11 Crescimento vegetativo dos cafeeiros em cada época avaliada, no parcelamento em quatro aplicações.

Épocas	ALT (cm)	NRA	NNO	DCA (cm)	DCO (cm)
Novembro (08)	56,65 e	20,87 e	10,78 e	1,54 e	62,55 d
Janeiro	63,67 d	25,15 d	13,87 d	1,94 d	83,67 c
Mai	83,01 c	34,88 c	18,38 c	2,69 c	122,23 b
Setembro	91,24 b	39,93 b	20,08 b	3,16 b	123,81 b
Novembro (09)	98,31 a	44,83 a	22,05 a	3,40 a	130,63 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%)

Para ALT, NRA, NNO e DCA, o crescimento diferiu entre todas as épocas. Para DCO, semelhante ao ocorrido no primeiro ano formação, as épocas de maio e setembro não diferiram, indicando que o crescimento neste período do ano (cerca de 120 dias) foi significativamente nulo. Entre as demais épocas do ano, diferença significativa no crescimento para DCO foi observada.

De novembro de 2008 a novembro de 2009, o crescimento no P4 foi de 41,66 cm para ALT, 23,96 ramos para NRA, 11,27 nós para NNO, 1,86 cm para DCA e 67,45 cm para DCO.

4.2.3 Crescimento do cafeeiro em doze parcelamentos em relação às épocas do ano

O teste F da análise de variância indicou diferença significativa entre as épocas para o crescimento (Tabela 10A). No parcelamento em doze aplicações, conforme demonstra a Tabela 12, houve diferença entre as épocas para todas as características. No P12, diferente do que ocorreu no P4, o DCO apresentou crescimento significativo em todas as épocas do ano. Uma das possíveis explicações para a diferença de comportamento entre os parcelamentos é o fornecimento no P12 de N e K₂O durante os meses de inverno, período em que o P4 apresentou crescimento nulo.

TABELA 12 Crescimento vegetativo dos cafeeiros em cada época avaliada, no parcelamento em doze aplicações, no segundo ano pós-plantio. UFLA.

Épocas	ALT (cm)	NRA	NNO	DCA (cm)	DCO (cm)
Novembro (08)	60,58 e	23,77 e	12,90 e	1,72 e	80,88 e
Janeiro	64,40 d	26,48 d	15,25 d	2,06 d	86,43 d
Maio	83,89 c	35,45 c	19,37 c	2,85 c	123,84 c
Setembro	93,87 b	43,26 b	21,40 b	3,08 b	132,30 b
Novembro (09)	104,48 a	48,34 a	23,86 a	3,50 a	144,95 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%)

Pode-se inferir que a oferta de N e K₂O no período frio do ano, pode ter aumentado a concentração destes nutrientes na região de crescimento (dreno forte), aumentando a atividade metabólica e reduzindo o dano em nível de célula causado pela baixa temperatura, conforme discussão apresentada no tópico referente ao primeiro ano. Segundo Alves & Livramento (2009), é característico do cafeeiro arábica a redução ou até mesmo paralisação do crescimento no período frio do ano, conforme ocorreu para o DCO no P4, no entanto, segundo os autores, esse comportamento pode ser alterado pela chamada “adubação de inverno”, fato que provavelmente ocorreu no P12 e induziu o crescimento contínuo.

Considerando apenas o crescimento ocorrido de novembro de 2008 a novembro de 2009, o crescimento no P12 foi de 43,90 cm para ALT, 24,57 ramos para NRA, 10,96 nós para NNO, 1,72 cm para DCA e 63,12 cm para DCO.

4.2.4 Teor foliar de N e K em quatro parcelamentos

Os teores foliares de N e K₂O nas diferentes épocas e doses foram estudados utilizando análise isolada para cada experimento, visando à maior precisão nas informações. Com base no teste F (5%), não houve interação entre os fatores doses e épocas de avaliação, permitindo seu estudo isolado (Tabela 11A). Para ambos os parcelamentos, houve diferença significativa entre as épocas quanto ao teor foliar de N e K.

No parcelamento em quatro aplicações o teor foliar de N não diferiu nas diferentes doses aplicadas (Tabela 13), demonstrando não ter efeito a diferenciação das doses no teor foliar de N, cujo valor, considerando a média anual, oscilou entre 2,71 a 2,98 dag kg⁻¹.

TABELA 13 Média anual do teor foliar de N para cada dose estudada e cada mês do ano avaliado, considerando o parcelamento em 4 aplicações, no segundo ano pós-plantio.

Doses	Teor de N (dag kg ⁻¹)	Épocas	Teor de N(dag kg ⁻¹)
70%	2,80 a	Novembro (08)	2,23 d
100%	2,83 a	Janeiro	3,19 a
130%	2,71 a	Maio	2,54 c
160%	2,83 a	Setembro	2,91 b
190%	2,98 a	Novembro (09)	3,29 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%).

A avaliação crítica desta faixa de valores é dificultada pela ausência de trabalhos relatando a faixa crítica de nutrientes foliares no segundo ano de formação da lavoura cafeeira. Verifica-se que os teores foliares de N no P4, para o segundo ano de formação, foram relativamente superiores aos teores observados para o primeiro ano, estando na maior parte do ano (mesmo em

meses sem adubação), acima da faixa crítica (1,93 e 2,32 dag kg⁻¹) proposta por Clemente et al. (2008) para lavouras de primeiro ano pós-plantio.

Nota-se que no segundo ano de formação, a faixa de teores foliares de N foi mais próxima da faixa crítica (2,90 a 3,20 dag kg⁻¹) proposta por Malavolta et al. (1997) para lavouras em produção, indicando que no segundo ano de formação, fase em que a lavoura se prepara para a primeira produção, o teor foliar de N segue um padrão mais próximo ao das lavouras em produção.

No presente experimento, não houve produção significativa de café, porém, conforme a época de plantio da lavoura, cultivar e temperatura média da região de cultivo (entre outros fatores), no segundo ano já pode ocorrer produção significativamente de café (Guimarães et al., 1999), sendo passível de uso a faixa crítica proposta por Malavolta et al. (1997) para lavouras em produção.

Com base nos resultados deste trabalho e nos relatos de Clemente et al. (2008) para o primeiro ano e Malavolta et al. (1997) para a fase produtiva, supõe-se que o teor foliar de nutrientes tende a elevar com o avançar da idade da cafeeiro, vindo a estabilizar na fase produtiva da lavoura.

Em relação às épocas do ano, o teor foliar de N variou significativamente, apenas não diferindo entre as épocas de janeiro de 2008 e novembro de 2009 (Tabela 15).

O menor teor foliar de N (2,23 dag kg⁻¹) foi observado em novembro de 2008 (nove meses após a última adubação no P4), momento anterior à adubação do segundo ano de formação (Figura 20).

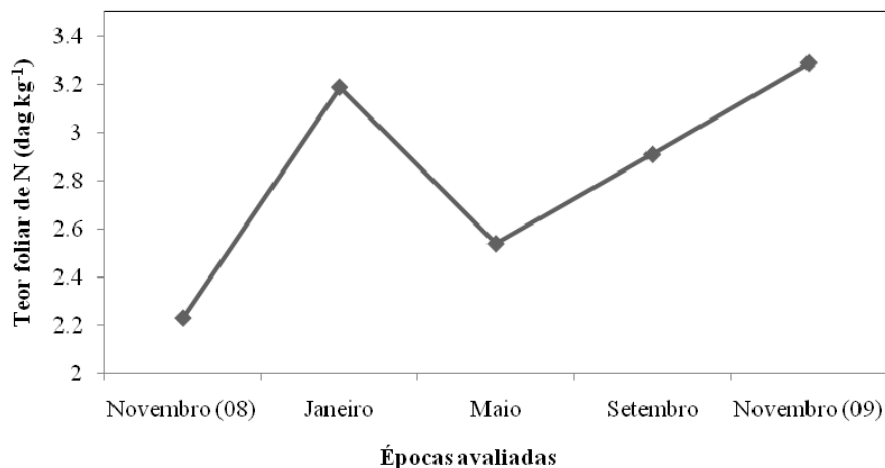


FIGURA 20 Efeito do parcelamento de N em quatro aplicações sobre os teores foliares de N ao longo do segundo ano pós - plantio.

Em janeiro, após as adubações de novembro e dezembro, o teor foliar de N aumentou consideravelmente ($0,96 \text{ dag kg}^{-1}$) e voltou a reduzir ($0,65 \text{ dag kg}^{-1}$) na época de maio, cerca de três meses após a última adubação do P4, e voltou a crescer sequencialmente nas épocas de setembro e novembro.

A forte queda no teor foliar de janeiro a maio, e a elevação no período de maio a setembro, também foi observada no primeiro ano de formação da lavoura (Figura 2), porém no primeiro ano o teor foliar voltou a reduzir de setembro a novembro, fato que não ocorreu no segundo ano.

No primeiro ano explicou-se a variação no teor foliar em função do crescimento da cultura (efeito diluição) e possível lixiviação de N. Para o segundo ano, tais informações também são válidas, contudo no segundo ano de formação da lavoura cafeeira, muitas mudanças ocorrem na fisiologia da planta, provocando possivelmente, comportamento diferenciado em relação ao primeiro ano, conforme observado no teor foliar de N para novembro (09).

O teor foliar de K no P4 não diferiu entre as doses e oscilou entre 2,00-2,14 dag kg⁻¹ (Tabela 16). Segundo Malavolta et al. (1997), o teor foliar de K para lavouras em fase de produção é de 2,20 a 2,50 dag kg⁻¹. Considerando o primeiro ano de formação, Clemente et al. (2008) relatam que a faixa crítica para o teor foliar de K é de 1,74 a 1,90 dag kg⁻¹. Seguindo o mesmo princípio discutido para o N, nota-se que o teor foliar de K, para o segundo ano, apresentou valores intermediários entre o primeiro ano de formação (Clemente et al., 2008) e a fase produtiva (Malavolta et al., 1997), mostrando a tendência de elevação nos teores com a maturidade da planta, de modo semelhante ao comentado para o teor de N.

TABELA 16 Média anual do teor foliar de K para cada dose estudada e cada mês do ano avaliado, considerando o parcelamento em 4 aplicações.

Doses	Teor de K (dag kg ⁻¹)	Épocas	Teor de K(dag kg ⁻¹)
70%	2,14 a	Novembro (08)	2,20 a
100%	2,03 a	Janeiro	1,85 b
130%	2,07 a	Maiο	1,69 b
160%	2,00 a	Setembro	2,29 a
190%	2,08 a	Novembro (09)	2,29 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%).

Em relação às épocas, os meses de janeiro e maio apresentaram o menor teor foliar de K (1,69 – 1,85 dag kg⁻¹), diferindo dos meses de novembro (08), setembro e novembro (09), cujo teor foliar foi de 2,20 a 2,29 dag kg⁻¹. Na Figura 21 pode ser observada a variação no teor foliar de K ao longo do ano, assim como ocorreu no primeiro ano de formação, no segundo ano as épocas de janeiro e maio apresentaram os menores valores e foram seguidas por forte elevação no teor foliar de K, de maio a setembro.

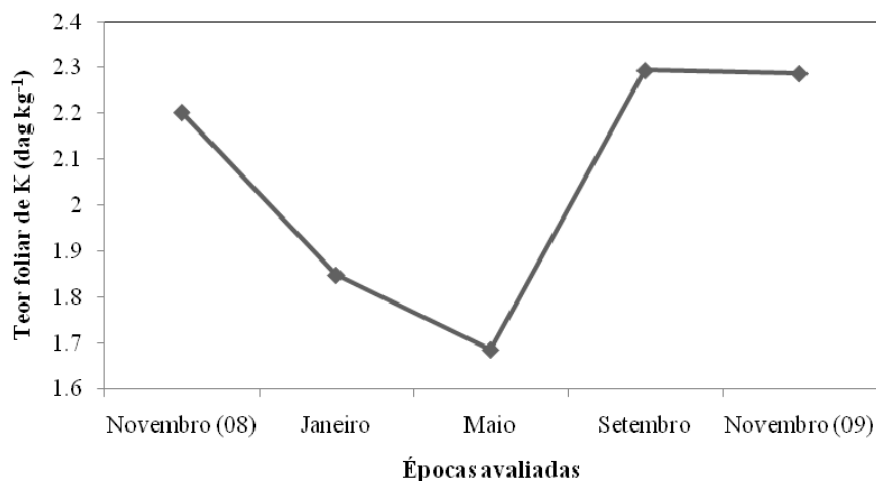


FIGURA 21 Efeito do parcelamento de K em quatro aplicações sobre os teores foliares de K ao longo do segundo ano pós-plantio.

Como o comportamento foi semelhante nos dois anos avaliados, pode-se inferir que para os dois anos de formação, o consumo de K^+ é intenso no período de novembro a maio e reduzido no período de maio a setembro. Conforme discutido no primeiro ano de formação, as épocas cujo crescimento é mais ativo tendem a apresentar maior consumo do nutriente (diluição), e sua concentração nos meses mais frios do ano em função do menor crescimento.

O mês de novembro (08), no segundo ano de formação esteve entre as épocas de maior teor foliar de K, porém no primeiro ano de formação, este representou queda acentuada no teor foliar de K. Como observado na Figura 21, mesmo com as adubações potássicas no início do segundo ano de formação (final de novembro), o teor foliar continuou decrescendo.

Tal fato indica que para a manutenção do teor foliar próximo ao nível inferior da faixa crítica ($2,20 \text{ dag kg}^{-1}$) proposta por Malavolta et al. (1997), a adubação potássica em lavouras irrigadas deveria ser iniciada em setembro,

época em que o teor foliar tende a decrescer. No cultivo em sequeiro, Guimarães et al. (1999) recomendaram adubações (N e K) no período de outubro a março. Contudo, no cultivo fertirrigado, conforme demonstra a curva de teores foliares, a demanda de nutrientes é diferenciada, exigindo parcelamentos e épocas de adubação diferentes das praticadas no cultivo em sequeiro.

4.2.5 Teor foliar de N e K em doze parcelamentos

No parcelamento em doze aplicações não houve diferença significativa entre as doses para o teor foliar de N, que oscilou entre 2,97–3,26 dag.kg⁻¹ (Tabela 17). Verifica-se que a faixa de valor apresentada esteve dentro da faixa crítica proposta por Malavolta et al. (1997) para lavouras em produção e muito acima da faixa crítica (1,93 e 2,32 dag kg⁻¹) proposta para o primeiro ano (Clemente et al., 2008). Demonstra-se, novamente, que a média anual do teor foliar para o segundo ano de formação, assume possivelmente valores próximos à faixa crítica proposta para a fase produtiva do cafeeiro.

TABELA 17 Média anual do teor foliar de N para cada dose estudada e cada mês do segundo ano pós-plantio, considerando o parcelamento em 12 aplicações.

Doses	Teor de N (dag kg ⁻¹)	Épocas	Teor de N(dag kg ⁻¹)
70%	3,01 a	Novembro (08)	2,85 b
100%	2,97 a	Janeiro	2,18 c
130%	3,15 a	Maio	2,97 b
160%	3,26 a	Setembro	3,78 a
190%	3,18 a	Novembro (09)	3,79 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%).

Em relação às épocas (Tabela 17), o mês de janeiro apresentou o menor teor foliar de N (2,18 dag kg⁻¹), diferindo em torno de 0,73 dag kg⁻¹ dos meses

de novembro(08) e maio e $1,60 \text{ dag kg}^{-1}$ dos meses de setembro e novembro (09). Como no P12, são realizadas adubações todos os meses, pode-se inferir que a variação observada no teor foliar, seja causada por características intrínsecas da planta, como a maturidade fisiológica dos frutos e que o clima atrelado ao crescimento da planta, exerça forte influência sobre os teores.

Na Figura 22, pode ser observada a redução no teor foliar de N de novembro (08) para janeiro, causada possivelmente pelo crescimento intenso da cultura no período, indicando que as doses aplicadas ou a absorção de N foi insuficiente para a manutenção do teor foliar ocorrido em novembro. Porém, as doses aplicadas foram suficientes na época referente a maio, visto que o teor foliar de N volta a ficar próximo de $3,00 \text{ dag kg}^{-1}$.

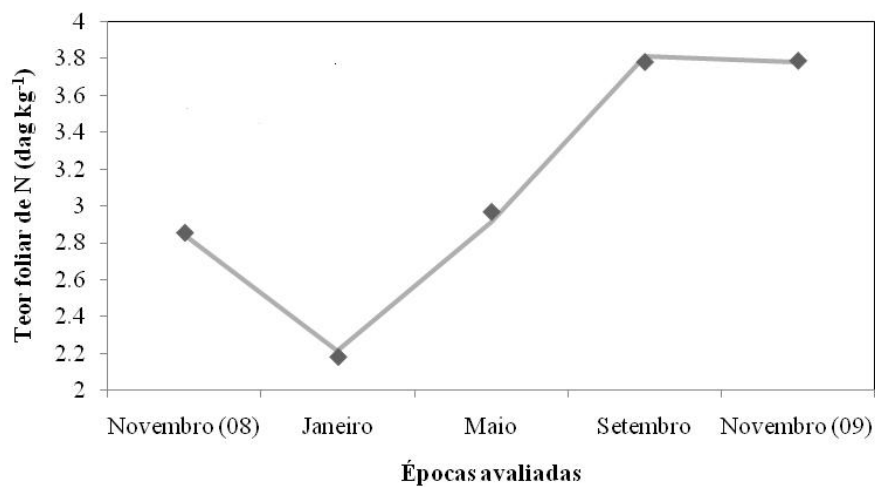


FIGURA 22 Efeito do parcelamento de N em doze aplicações sobre os teores foliares de N ao longo do segundo ano pós - plantio.

Como no P4 o teor foliar de N em janeiro foi de 3,2 dag kg⁻¹, acredita-se que a aplicação de doses mais concentradas em N, no período entre novembro e maio, seja suficiente para a manutenção do teor foliar dentro da faixa crítica (2,90-3,20 dag kg⁻¹) proposta por Malavolta et al. (1997). Para o período de maio a setembro, provavelmente as doses poderão ser reduzidas, visto que as doses aplicadas no P12 neste período promoveram teores foliares desnecessários de N, por estarem acima da faixa crítica de lavouras em produção.

No período setembro a novembro, com base na discussão realizada para o primeiro ano, esperava-se que o teor foliar de N diminuísse, visto que a taxa de crescimento tende a aumentar. Contudo, o teor foliar de N manteve-se estável entre as épocas no P12 e mostrou ainda elevação no P4. Como o comportamento foi diferente do observado para o primeiro ano e como ocorreu em ambos os parcelamentos, atribui-se esse padrão de comportamento como uma possível fase intrínseca da maturidade da planta, devendo ser novamente avaliada em outros experimentos.

Outra hipótese provável é a interferência da precipitação atuando na lixiviação de N ou em outros processos relacionados. No primeiro ano (2008), o volume mensal precipitado aumentou de setembro para novembro (Figura 3), já em 2009, os meses de setembro, outubro e novembro apresentaram o mesmo volume de chuvas.

Quanto ao teor foliar de K, não houve diferença entre as doses aplicadas, e a média anual oscilou de 1,83 a 1,96 dag kg⁻¹ (Tabela 18). Comparando esta faixa de teores, com a faixa crítica (2,20 a 2,50 dag kg⁻¹) proposta por Malavolta et al. (1997), verifica-se que o teor foliar de K esteve abaixo do recomendado para lavouras em fase de produção, mostrando maior proximidade com a faixa crítica (1,74 a 1,90 dag kg⁻¹) proposta por Clemente et al. (2008) para o primeiro ano de formação da lavoura.

TABELA 18 Média anual do teor foliar de K para cada dose estudada e cada mês do ano avaliado, considerando o parcelamento em 12 aplicações.

Doses	Teor de K (dag kg ⁻¹)	Épocas	Teor de K(dag kg ⁻¹)
70%	1,89 a	Novembro (08)	1,74 b
100%	1,96 a	Janeiro	1,80 b
130%	1,94 a	Maio	1,73 b
160%	1,83 a	Setembro	2,08 a
190%	1,95 a	Novembro (09)	2,22 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (5%).

Com relação às épocas de avaliação, o teor foliar variou formando dois grupos. Os meses de setembro e novembro(09) apresentaram o maior valor (2,08-2,22 dag kg⁻¹), diferindo dos meses de novembro(08), janeiro e maio, período no qual a oscilação de valores foi pequena (1,73-1,80 dag kg⁻¹).

Na Figura 23, pode ser observado que no período de novembro(08) a maio, fase de pleno desenvolvimento vegetativo, o teor foliar manteve-se estável, indicando que a dose aplicada foi adequada à demanda da planta no período.

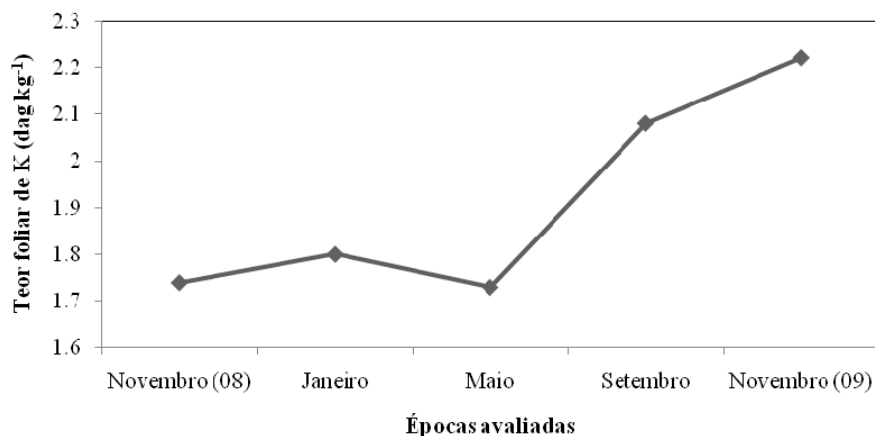


FIGURA 23 Efeito do parcelamento de K em doze aplicações sobre os teores foliares de K ao longo do segundo ano pós-plantio.

Contudo, deve ser considerado que o teor foliar de N no período esteve abaixo da faixa proposta (preliminarmente) como adequada, principalmente no mês de janeiro (Figura 22). Provavelmente, se o N for aplicado em maior concentração no período de novembro a maio, a demanda da planta por K será maior, sendo necessário também aumentar a concentração de K_2O aplicada no período, para que o K não se torne o nutriente limitante.

De maio a setembro ocorreu a elevação no teor foliar de K, pelos mesmos motivos já expostos anteriormente para o N, e assim como ocorreu para o N e no P4, de setembro a novembro o teor foliar de K manteve-se elevado, sendo necessárias outras avaliações para uma investigação mais profunda de mudanças internas nas plantas que expliquem este fato.

Diante da escassez de informações para o teor foliar de N e K no segundo ano de formação da lavoura cafeeira fertirrigada, acredita-se que, para fins comparativos, a utilização da faixa de valores observadas neste trabalho,

possa ser interessante enquanto não se determina a faixa crítica de nutrientes foliares com metodologia mais apropriada.

4.2.6 Efeito do parcelamento sobre o crescimento ao fim do segundo ano

Como o efeito de doses já foi estudado na análise isolada de cada parcelamento junto com as épocas de avaliação, nesta análise, realizada dentro da época de novembro de 2009, estudar-se-á apenas a diferença entre os parcelamentos, vinte dias após a última aplicação do P12 (novembro), visando compará-los ao fim do segundo ano de adubação. Desse modo compara-se o crescimento total da planta num momento em que os dois parcelamentos (P4 e P12) já terminaram, estando portanto as adubações concluídas.

Não houve interação entre doses e parcelamentos da adubação para todas as características de crescimento estudadas (Tabela 12A). Nesse caso foi adequado o estudo isolado do fator parcelamento. Pelo teste F mostrou-se que existem diferenças significativas entre os parcelamentos a 5% para ALT e a 1% para NRA, NNO e DCO. Para DCA, a diferença de valores observada foi não significativa, indicando que no segundo ano de adubação, ocorreu semelhança de comportamento entre os parcelamentos nesta característica.

O crescimento em ambos os parcelamentos foi comparado também com as respectivas testemunhas de sequeiro. Para o P4, apenas o DCA diferiu a 5% pelo teste F em relação ao cultivo convencional (Tabela 13A). Para o P12, a ALT, DCA e DCO diferiram a 1% e NRA a 5% pelo teste de F em relação à testemunha (Tabela 14A). Para NNO, não houve diferença significativa entre o cultivo de sequeiro e o fertirrigado em doze parcelamentos.

Na Tabela 19, encontram-se os dados de crescimento para cada parcelamento e para a testemunha de sequeiro relativa a cada experimento (P4 e P12), na época de novembro de 2009.

TABELA 19 Efeito do parcelamento de N e K₂O sobre o crescimento ao fim do segundo ano de adubação da lavoura (Nov/09).

Parcelamentos	ALT	NRA	NNO	DCA	DCO
P4	98,31 b	44,83 b	22,05 b	3,40 a *	133,63 b
P12	104,48 a **	48,33 a *	23,86 a	3,50 a **	144,95 a **
Test. Seq. (P4)	92,85	41,50	21,45	3,03	125,82
Test. Seq. (P12)	91,03	43,33	22,64	3,04	119,89

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de F (5%).

**, * significativo em relação à testemunha em 1% e 5%, respectivamente pelo teste F.

O parcelamento em doze aplicações foi superior ao parcelamento em quatro aplicações em ALT, NRA, NNO e DCO e apresentou comportamento semelhante para o DCA. Em ALT, o P12 foi cerca de 6,00 cm superior em relação ao P4. Para NRA e NNO, a diferença foi próxima de quatro ramos e dois nós, respectivamente. Para DCA, não houve diferença significativa entre o P12 e o P4.

Para o DCO, o P12 foi superior em cerca de 11,00 cm ao P4. Em termos percentuais, pode-se dizer que no P12 o ganho em relação ao P4 foi cerca de 6 a 10% para as características ALT, NRA, NNO e DCO. Comparando valores absolutos, nota-se que no segundo ano de formação a diferença entre os parcelamentos foi menor que no primeiro ano, e o crescimento do DCA passou a ser semelhante entre os parcelamentos.

Uma das explicações para a redução de diferenças entre os parcelamentos seja, possivelmente, a floração e pequena produção de frutos que ocorreu no P12 entre o ano de 2008 e 2009, levando a uma queda no crescimento da planta, em razão do dreno causado pelos frutos. Como no P4 praticamente não houve floração, os nutrientes e o metabolismo da planta ficaram voltados para o desenvolvimento vegetativo.

Outra hipótese, para a menor discrepância entre os parcelamentos e semelhança para o DCA, é o melhor aproveitamento de nutrientes do P4, provocado pelo maior porte e maior sistema radicular das plantas no segundo ano, que provavelmente foram mais eficientes em absorver o adubo aplicado de forma concentrada em poucos meses do ano. Com raízes mais profundas, acredita-se que a perda de N e K₂O por lixiviação também tenha sido menor no segundo ano. Contudo, o P12 mostrou-se significativamente melhor para o desenvolvimento do cafeeiro na maioria das características.

Em relação à testemunha de sequeiro (cultivo convencional), o P4 foi superior apenas no DCA, crescendo 0,40 cm a mais que a testemunha (Tabela 19). Nas demais características, a pequena diferença observada não foi significativa. Contudo, para um crescimento semelhante do P4 em relação à testemunha, a fertirrigação possibilitou a redução de 30% na dose de N e K₂O.

No P12, o crescimento foi superior em relação à testemunha em ALT, NRA, DCA e DCO. Para ALT, a diferença foi de 13,45 cm, para NRA a diferença foi de cinco ramos. Para NNO, não houve diferença em relação à testemunha, possivelmente, em função do autosombreamento dos ramos baixeiros, marcados no primeiro ano para a contagem de nós no tratamento fertirrigado, o que na testemunha de sequeiro, provavelmente não aconteceu.

Para DCA, o P12 apresentou cerca de 0,50 cm de superioridade em relação ao cultivo convencional em sequeiro. No DCO, a superioridade foi de 25,06 cm em relação à testemunha. Destaca-se que a superioridade do P12, em relação ao cultivo convencional, ocorreu em anos (2008 e 2009) em que não houve nenhum veranico intenso e o volume e distribuição de chuvas foram adequados (Figura 3) para o cultivo de café não irrigado. Portanto, em anos atípicos ou na presença de veranicos em fases críticas da cultura, a superioridade do cultivo fertirrigado, sobretudo em doze parcelamentos, será ainda maior. Tal

fato justifica o uso da fertirrigação em regiões como o Sul de Minas, consideradas aptas para o cultivo do cafeeiro sem a irrigação.

4.2.7 Efeito do parcelamento da adubação sobre o teor foliar de N

Compararam-se os parcelamentos (P4 e P12), quanto ao teor foliar de N ao longo do segundo ano pós-plantio. Para maior precisão, utilizou-se a análise individual para cada época amostrada (Tabela 15A). Para todas as épocas avaliadas não houve interação entre doses e parcelamentos. O fator parcelamento, para teor foliar de N diferiu significativamente a 1% pelo teste F em todas as épocas.

Na Tabela 20, são apresentadas as médias do teor foliar de N para cada época e parcelamento. Verificou-se que o P12 apresentou maior teor foliar de N que o P4 nos meses de novembro(08), maio, setembro e novembro(09), e apenas em janeiro o P4 apresentou teor foliar de N mais elevado.

TABELA 20 Efeito do parcelamento de N sobre o teor foliar de N em cada época do ano amostrada.

Parcelamentos	Novembro(08)	Janeiro	Mai	Setembro	Novembro(09)
P4	2.23 b	3.19 a	2.54 b	2.91 b	3.29 b
P12	2.85 a	2.18 b	2.97 a	3.78 a	3.79 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de F (1%)

Em novembro(08), nove meses após a última aplicação de N no P4 e 30, dias após a última aplicação no P12, o teor foliar de N no P12 foi em torno de 0,62 dag kg⁻¹ superior ao P4. De novembro a janeiro os parcelamentos receberam duas adubações, (P4 três vezes mais concentradas que o P12), e o teor foliar de N do P4 foi superior em cerca de 1,00 dag kg⁻¹.

Em maio, três meses após a última aplicação no P4 e 30 dias após a aplicação no P12, o teor foliar de N do P12 foi superior em 0,43 dag kg⁻¹ ao

apresentado pelo P4. Em setembro e novembro(09), o teor foliar em ambos os parcelamentos se elevou, contudo, o P12 apresentou cerca de 0,87 e 0,50 dag kg⁻¹ a mais em relação ao P4, respectivamente, para setembro e novembro(09).

Na Figura 24 pode ser visualizada a variação no teor foliar de N ao longo do ano, nas diferentes épocas e parcelamentos.

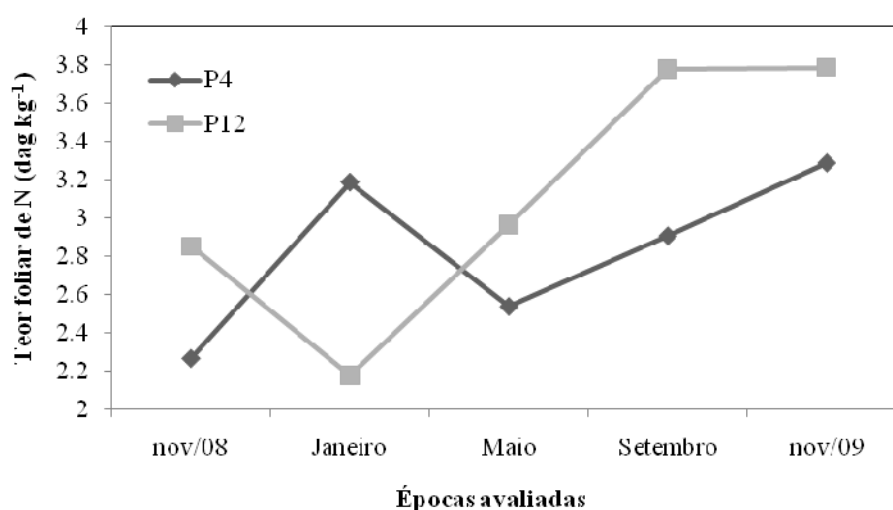


FIGURA 24 Efeito do parcelamento de N em quatro e em doze aplicações sobre os teores foliares de N ao longo do ano.

Verificou-se que em novembro(08), o maior parcelamento da adubação nitrogenada, garantiu teores mais elevados de N no P12, não ocorrendo a forte queda observada no P4. Em janeiro, a curva demonstra que a oferta de N no P12 foi insuficiente às necessidades da planta (crescimento intenso e possível lixiviação), e a aplicação concentrada no P4 foi suficiente para o consumo da planta, sendo observada a forte elevação no teor foliar de N. Ressalta-se portanto

a importância de novos estudos para calibração das doses de adubo nas diferentes fases fenológicas da cultura.

De janeiro a maio, verifica-se que o teor foliar de N no P4 decresce acentuadamente, demonstrando que as aplicações concentradas de N, realizadas até o fim de fevereiro, não suprem a necessidade da planta nos meses posteriores. No P12, a dose aplicada no período janeiro-maio, parece ter suprido a queda observada em janeiro e promovido teor foliar mais adequado segundo os padrões estabelecidos por Malavolta et al. (1997).

De maio a setembro, ambos os parcelamentos apresentaram elevação no teor foliar de N, por conseguinte, acredita-se que a quantidade de N aplicada neste período no P12 possa ser reduzida, visto que o teor foliar de N atingiu valores excessivos de $3,78 \text{ dag kg}^{-1}$ (Guimarães et al., 1999; Malavolta et al., 1997). De setembro a novembro, as plantas com parcelamento P4 apresentaram tendência de aumento nos teores foliares de N enquanto as do P12 apresentaram tendência de estabilização.

O teor reduzido de N, observado em algumas épocas (novembro(08) e maio no P4 e janeiro no P12) pode comprometer o desenvolvimento da planta, retardando seu crescimento e reduzindo sua produtividade futura (Matiello et al., 2005a). Quando o suprimento de N é insuficiente pelo meio, ocorre a proteólise das proteínas nas folhas mais velhas, resultando no colapso dos cloroplastos e decréscimo no conteúdo de clorofila, reduzindo a energia produzida pela planta e causando a alteração no seu metabolismo (Marschner, 1995). Como a fotossíntese fica reduzida em condições de deficiência, a planta tem o desenvolvimento comprometido, assim, faz-se necessário que teor foliar de N do cafeeiro fertirrigado, principalmente, mantenha-se dentro de determinada faixa de teores foliares para que o crescimento da planta seja otimizado.

4.2.8 Efeito do parcelamento da adubação sobre o teor foliar de K

Foram comparados os parcelamentos (P4 e P12), quanto ao teor foliar de K ao longo do ano. Para maior precisão, utilizou-se a análise individual para cada época amostrada (Tabela 16A). Para todas as épocas avaliadas não houve interação entre doses e parcelamentos. O fator parcelamento, para teor foliar de K, diferiu significativamente a 1% pelo teste F apenas em novembro(08) e setembro.

Na Tabela 21 pode ser observado o teor foliar de K em cada parcelamento e época do ano avaliada. Em novembro, o teor foliar de K no P4 foi em torno de 0,46 dag kg⁻¹ superior ao P12. Em janeiro, maio e novembro(09), apesar da aplicação mensal de K₂O no P12, não houve diferença entre os parcelamentos. Teor foliar superior foi observado para a época de setembro, em que o P4 apresentou 0,21 dag kg⁻¹ de K a mais que o P12.

TABELA 21 Efeito do parcelamento de potássio sobre o teor foliar de K em cada época do ano amostrada.

Parcelamentos	Novembro(08)	Janeiro	Maió	Setembro	Novembro(09)
P4	2,20 a	1,85 a	1,68 a	2,29 a	2,29 a
P12	1,74 b	1,80 a	1,73 a	2,08 b	2,22 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de F (1%)

A variação no teor foliar de K ao longo das épocas para cada parcelamento, pode ser observada na Figura 25. Para explicar o comportamento observado para o teor foliar de K é preciso considerar o efeito da aplicação de N junto ao K₂O nas fertirrigações.

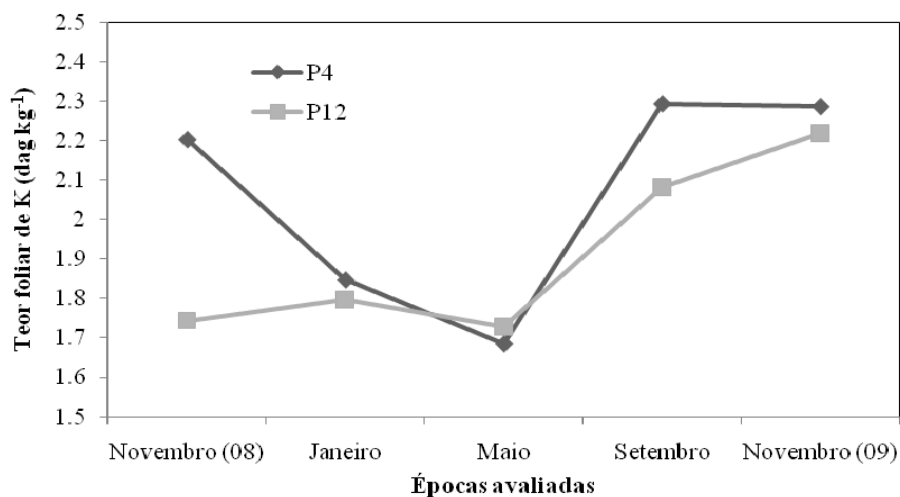


FIGURA 25 Efeito do parcelamento de K_2O em quatro e em doze aplicações sobre os teores foliares de K ao longo do ano.

Em novembro(08), o P4 estava há nove meses sem receber adubação nitrogenada e o teor foliar de N ficou reduzido ($2,23 \text{ dag kg}^{-1}$), enquanto o P12 estava apenas 30 dias e assim apresentou teor foliar de N superior ($2,85 \text{ dag kg}^{-1}$). No mesmo mês, o teor foliar de K no P4 foi superior ao P12. Porém, em janeiro, quando ambos os parcelamentos receberam N (P4 três vezes mais que o P12), o teor foliar de N do P4 ($3,19 \text{ dag kg}^{-1}$) foi superior ao do P12 ($2,18 \text{ dag kg}^{-1}$) o qual apresentou deficiência de N, situação inversa à observada na época de novembro(08) (Figura 24 e Figura 25).

Assim, em janeiro ocorreu forte queda no teor foliar de K do P4 e uma pequena elevação (tendência) no P12, indicando pela análise das épocas de novembro(08) e janeiro, que o teor foliar de K foi influenciado indiretamente, pela adubação nitrogenada a qual atuou sobre o crescimento da planta e consequente “efeito diluição”. Segundo Marschner (1995), uma das funções do K^+ na planta é atuar na síntese proteica e na ativação e síntese da enzima

reduzase do nitrato. Por conseguinte, em condições de oferta de nitrogênio ocorre maior utilização de K^+ na planta, o qual é redistribuído para atender a nova demanda para o crescimento.

De janeiro a maio, os parcelamentos não diferiram e o teor foliar de K apresentou pequena queda (não significativa) em ambos os parcelamentos, indicando que o crescimento foi adequado no período. O teor foliar de N no P4 reduziu para cerca de $2,60 \text{ dag kg}^{-1}$, e o do P12 se elevou para $2,97 \text{ dag kg}^{-1}$.

De maio a setembro, a absorção de K, em ambos os parcelamentos, parece ser maior que a “diluição” provocando a elevação no teor foliar. No entanto, o P4 apresentou teor foliar mais elevado que o P12, podendo este fato ser justificado pelo efeito do nitrogênio aplicado no P12, no período de inverno (adubação de inverno), provocando maior demanda por K pela planta.

Conforme discutido no tópico referente ao crescimento, no P4 houve estabilização do crescimento do DCO, no período maio-setembro, fato que não ocorreu no P12. Portanto, é justificável que a planta em crescimento apresente menor teor foliar de K, principalmente, considerando que o P4 absorveu no período K^+ disponibilizado pelo solo.

Considerando que em certas épocas, nos dois anos de formação da lavoura, houve semelhança no teor foliar de K entre os parcelamentos, e que o potássio, em geral, apresenta menor risco de lixiviação que o N (Marschner, 1995), acredita-se que boa parte do K aplicado de forma concentrada no P4, fica retido no solo sob o alcance das raízes (não lixiviado) (Matiello et al., 2005b), sendo absorvido ao longo do ano da solução do solo.

Esta hipótese explicaria a semelhança da curva entre os parcelamentos para o teor foliar de K, podendo ser atribuída a diferença observada em certas épocas, ao efeito da aplicação nitrogenada. Segundo Matiello et al. (2005a), em lavouras adultas, por consequência da aplicação contínua de potássio, recomendada com base na análise de solo superficial (0-20cm), tem sido

observado o acúmulo de K na camada inferior do solo, este estando sob o alcance das raízes do cafeeiro, portanto não lixiviado e passível de utilização pela planta.

No período de setembro a novembro, o K apresentou estabilização no teor foliar em ambos os parcelamentos, devendo esse comportamento ser melhor investigado em trabalhos que avaliem questões inerentes à fisiologia da planta.

5 CONCLUSÕES

O parcelamento em doze aplicações de N e K₂O é mais adequado para adubação de primeiro e segundo anos pós-plantio da lavoura cafeeira fertirrigada.

A adubação de N e K₂O do 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.

O cafeeiro fertirrigado apresenta crescimento superior ao cultivado em sequeiro, justificando a fertirrigação no Sul de Minas Gerais.

A quantidade aplicada de N e K₂O deve ser diferente nas diferentes fases fenológicas do cafeeiro (épocas) ao longo do primeiro e segundo anos pós-plantio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. D.; LIVRAMENTO, D. E. **Morfologia e fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2009. 46p. (Textos Acadêmicos).
- ALVIM, P. T. Tree growth periodicity in tropical climates. In: ZIMMERMANN, M. H. (Ed.). **Formation of wood in forest trees**. New York: Academic, 1964. p. 479-495.
- AMARAL, J. A. T. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio**. 1991. 139 f. Tese (Doutorado Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ANDRADE, M. V. S. F.; RIBEIRO, J. G.; SILVA, T. O.; SILVA, M. A. A. D.; ARAÚJO, F. C. D.; ALMEIDA, W. L. D.; DRUMOND, L. C. D.; RONCHI, C. P. Crescimento vegetativo em diferentes genótipos de café arábica fertirrigados na região do Alto Paranaíba-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: Embrapa, 2009. CD-ROM.
- BASTOS, C. E. R. **Avaliação do desenvolvimento de cultivares, cultivares e progênies de cafeeiro (Coffea arabica L.) submetido a diferentes doses de potássio no substrato**. 1994. 80p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas (1960 -1990)**. Brasília, 1992. 84p.
- BURT, C. M. Fertigation: the next frontier. **Irrigation Business and Technology**, San Luis Obispo, v. 3, n. 4, p. 16-19, June 1995. Disponível em: <http://www.itrc.org/papers/fertigation_nextfrontier.pdf>. Acesso em: 15 out. 2009.
- CANNELL, M. G. R. Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 67, n. 1, p. 99-120, Sept. 1971.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARRUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.

CLEMENTE, F. M. V. T.; CARVALHO, J. G. D.; GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio: primeiro ano. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 47-57, jan./jun. 2008.

COELHO, A. M. Fertirrigação. 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.

COSTA, E. L. **Fertirrigação nitrogenada por gotejamento em cafezal e sua influência em características químicas do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 79 p.

COSTA, E. N.; FRANÇA, G. E. de; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 63-69, jan./fev. 1986.

DAMATTA, F. M.; AMARAL, J. A. T. do; RENA, A. B. Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 60, n. 3, p. 223-229, Feb. 1999.

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

FAVARIN, J. L. **A cultura do cafeeiro**. Piracicaba: ESALQ, 2004. 45p. Apostila

FERNANDES, A. L. T.; DRUMOND, L. C. D. Cafeicultura irrigada: alternativas para vencer o déficit hídrico. **Cafeicultura**: a revista do cafeeiro, Patrocínio, v. 1, n. 3, p. 21-24, 2002.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.

FIGUEIREDO, F. C.; FURTINI NETO, A. E.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, E. B.; BOTREL, P. P. Eficiência da adubação com NPK na produção de cafezais adensados na região Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 135-142, jan./jun. 2006.

FRANÇA NETO, A. C. ; MOURA, B. R.; MANTOVANI, E. C.; RENA, A. B.; PALARETTI, L. F. Influência da irrigação e da fertirrigação na produtividade da variedade Acaíá cerrado (dados de duas safras), em Viçosa-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA 6., 2003, Araguari. **Anais...** Araguari: Embapa, 2003. p. 141-144.

FRANCO, C. M. Fisiologia do cafeeiro. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. **Cultura e adubação do cafeeiro**. 2. ed. São Paulo, 1965.

FREITAS, Z. M. T. S.; OLIVEIRA, F. J; CARVALHO, S. P.; SANTOS, V. F.; SANTOS, J. P. O. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 267-275, abr./jun. 2007.

GARRIZ, P. I. Distribución radicular de tres cultivares de *Coffea arabica* L. de 24 años de edad, en un suelo limo-arcilloso. **Ciencias de la Agricultura**, La Habana, v. 2, p. 65-76, ene. 1978.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 289-3002.

HAYNES, R. J. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 6, n. 3, p. 235-255, Oct. 1985.

HUXLEY, P. A. TURK, A. Preliminary investigations with arabica coffee in a root observation laboratory in Kenya. **Kenya Coffee**, Nairobi, v. 41, n. 3, p. 349-360. 1976.

INFORZATO, R.; REIS, A. J. Estudo comparativo do sistema radicular dos cafeeiros Bourbon Amarelo e Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 741-750, jul./dez. 1963.

KÜPPER, A. Consumo mensal de nitrogênio pelo cafeeiro: quantidade época e modo de adubação nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 4., 1976, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: IBC/GERCA, 1976. p. 215-217.

MAGALHÃES, J. C. A. J.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, J. E. da. Adubação de manutenção de cafezais em solos de cerrado. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**. Planaltina, 1987. p. 346-349.

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

MALAVOLTA, E. **Nutrientes e nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **Nutrientes e nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.

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. 238 p.

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

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VENEGAS, V. H. A. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.

MARTINS, M. Doses e parcelamento de adubação nitrogenada e potássica na formação do cafeeiro em solos de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS. 9., 1981, São Lourenço. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1981.

MATIELLO, J. B.; CARVALHO, C. H. S.; JAPIASSÚ, L. B.; AMARAL, A. S.; LOUBACK, A.; FILHO, S. L. Distribuição do sistema radicular e acúmulo de potássio ao longo do perfil em solo lva, cultivado com café por 9,5 anos, na zona da mata de minas. **Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira**, Varginha, v. 2, n. 6, p. 16-17, 2005a.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. **Adubos corretivos e defensivos para a lavoura cafeeira**: indicações de uso. Brasília: MAPA/Procafé, 2006. 89 p.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. F. **Cultura de café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2005b. 438 p.

MOTA, J. W. S.; BARROS, R. S.; DAMATTA, F. M.; MAESTRI, M. Vegetative growth in *Coffea arabica* L. as affected by irrigation, daylength and fruiting. **Tropical Ecology**, Varanasi, v. 38, n. 3, p. 73-79, July 1997.

NAZARENO, R. B.; OLIVEIRA, C. A. D. S.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, J. C. P. D.; GUERRA, A. F. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 903-910, ago. 2003.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 425 p.

PIERZYSNSKI, G. M.; SIMS, J. T.; VANCE, G. F. **Soils and environmental quality**. Boca Raton: Lewis, 1994. 313p.

PRADO, R. M de; NASCIMENTO, V. M. **Manejo da adubação do cafeeiro no Brasil**. Ilha Solteira: Unesp/Feis, 2003. 274p.

PREZOTTI, L. C.; ROCHA, C. A. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFES DO BRASIL, 3., 2003, Brasília. **Anais...** Porto Seguro: CBP&Dcafé, 2003. p. 428-429.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285p.

RENA, A. B. **Adubação de inverno no cafeeiro**. Lavras: Epamig, 2000.(Circular Técnica, 20).

RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro**: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: Epamig, 2000. 80p.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia do cafeeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 119-147.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade do cafeeiro**. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 13-85.

RODRIGUES, S. B. S.; MOURA, B. R.; SOARES, A. R.; VICENTE, M. R.; MANTOVANI, E. C. **Avaliação do efeito de diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na produtividade de cafeeiro na região de Viçosa MG**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 30., 2004, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço:UFLA, 2004. p. 354-355.

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

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

SANTINATO, R.; GONZAGA, A.; NEVES, C. P.; SENNA, C. A.; SILVA, A. A. Modo de adubação NK no cafeeiro irrigado por gotejamento, em região com déficit hídrico limitante à cultura do Coffea Arábica: fase de formação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 15., 1989, Maringá. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1989. p. 227-229.

SANTINATO, R.; PEREIRA, E. M. Eficácia da adubação líquida de N e K₂O em cafeeiros em produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 22., 1996, Manhuaçu. **Anais...** Manhuaçu: Embrapa, 1996.

SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; NAZARENO, R. B. Efeito de dose e parcelamento do nitrogênio na flutuação bienal da produção do cafeeiro no cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Brasília. **Resumos...** Belo Horizonte: Embrapa Café, 2000. p. 1386-1388.

SILVA, A. M.; COELHO, G.; SILVA P. A. M.; COELHO G. S.; FREITAS R. A. Efeito da época de irrigação sobre a produtividade do cafeeiro Catuaí em 4 safras consecutivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5., 2002, Araguari. **Anais...** Araguari: Embrapa, 2002. p. 144-149.

SILVA, E. B. de; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; CHAGAS, S. J. de R.; COSTA, L. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 335-345, mar. 1999.

SILVAROLLA, M. B.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M. A. L.; FAZUOLI, L. C. Avaliação de progênies derivadas do híbrido timor com resistência ao agente da ferrugem. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 47-58, jan./jun. 1997.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro**: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Brasília: Embrapa/SPI, 1994. 46p. (Circular técnica, 27).

SOARES, A. R. Irrigação, fertirrigação, fisiologia e produção em cafeeiros adultos da região da Zona da Mata de Minas Gerais. Viçosa, MG: UFV, 2001. 85p.

TEODORO, R. E. F.; MELO, B.; CARVALHO, H. P.; FERREIRA NETO, J. G.; FERNANDES, D. L.; SANCHES, A. A.; GUIRELLI, J. E. Influência de diferentes reduções e aumento das doses de fertilizantes aplicados em fertirrigação, nos parâmetros de crescimento do cafeeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2004, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2004. v. 14, p. 5.

VAAST, P.; ZASOSKI, R. J.; BLEDSOE, C. S. Effects of solution pH, temperature, nitrate/ammonium rates and inhibitors on ammonium and nitrate uptake by arabica coffee in short term solution culture. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 7, p. 1551- 1564, jul. 1998.

VITTI, G. C.; BOARETO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETO, A. E. **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 261-281.

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

WINSTON, E. C.; LITTLEMORE, J.; SCUDAMORE S, P.; O'FARREL, P. J.; WIFFEN, D.; DOOGAN, V. J. Effect of nitrogen and potassium on growth and yield of coffee (*Coffea arabica* L.) in tropical Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 32, n. 2, p. 217-224, 1992.

ANEXO

	Página
TABELA 1A Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em quatro aplicações para altura de planta (ALT) em centímetros, diâmetro de caule (DCA) em centímetros, diâmetro de copa (DCO) em centímetros, número de ramos (NRA) e número de nós (NNO).	97
TABELA 2A Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em doze aplicações para altura de planta (ALT) em centímetros, diâmetro de caule (DCA) em centímetros, diâmetro de copa (DCO) em centímetros, número de ramos (NRA) e número de nós (NNO).	97
TABELA 3A Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em quatro (P4) e doze aplicações (P12) para Nitrogênio (N) e Potássio (K).	98
TABELA 4A Resumo da análise de variância conjunta dos experimentos no parcelamento em quatro e doze aplicações, na época de novembro, para altura de planta (ALT) em centímetros, número de ramos (NRA), número de nós (NNO), diâmetro de caule (DCA) em centímetros e diâmetro de copa (DCO) em centímetros.	98
TABELA 5A Resumo da análise de variância para o parcelamento em quatro aplicações, incluindo a testemunha de sequeiro, na época de novembro, para altura de planta (ALT) em centímetros número de ramos (NRA), número de nós (NNO), diâmetro de caule (DCA) em centímetros e diâmetro de copa (DCO) em centímetros.	99
TABELA 6A Resumo da análise de variância para o parcelamento em doze aplicações, incluindo a testemunha de sequeiro, na época de novembro, para altura de planta (ALT) em centímetros, número de ramos (NRA), número de nós (NNO), diâmetro de caule (DCA) em centímetros e diâmetro de copa (DCO) em centímetros.	99
TABELA 7A Resumo da análise de variância conjunta para o teor foliar de N, no parcelamento em quatro e doze aplicações, realizada dentro de cada época do ano avaliada (janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro).	100

TABELA 8A	Resumo da análise de variância conjunta para o teor foliar de K, no parcelamento em quatro e doze aplicações, realizada dentro de cada época do ano avaliada (janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro).	100
TABELA 9A	Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em quatro aplicações para Altura de Planta (ALT em cm), Número de Ramos (NRA), Número de Nós, Diâmetro de Caule (DCA em cm) e Diâmetro de Copa (DCO em cm), (NNO).	101
TABELA 10A	Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em doze aplicações para Altura de Planta (ALT em cm), Número de Ramos (NRA), Número de Nós, Diâmetro de Caule (DCA em cm) e Diâmetro de Copa (DCO em cm), (NNO).	101
Tabela 11A	Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em quatro (P4) e doze aplicações (P12) para Nitrogênio (N) e Potássio (K).	102
Tabela 12A	Resumo da análise de variância conjunta dos experimentos no parcelamento em quatro e doze aplicações, na época de novembro, para Altura de Planta (ALT em cm), Número de Ramos (NRA), Número de Nós (NNO), Diâmetro de Caule (DCA em cm) e Diâmetro de Copa (DCO em cm).	102
TABELA 13A	Resumo da análise de variância para o parcelamento em quatro aplicações, incluindo a testemunha de sequeiro, na época de novembro (2009), para Altura de Planta (ALT em cm), Número de Ramos (NRA), Número de Nós (NNO), Diâmetro de Caule (DCA em cm) e Diâmetro de Copa (DCO em cm).	103
TABELA 14A	Resumo da análise de variância para o parcelamento em doze aplicações, incluindo a testemunha de sequeiro, na época de novembro (2009), para Altura de Planta (ALT em cm), Número de Ramos (NRA), Número de Nós (NNO), Diâmetro de Caule (DCA em cm) e Diâmetro de Copa (DCO em cm).	103
TABELA 15A	Resumo da análise de variância conjunta para o teor foliar de N, no parcelamento em quatro e doze aplicações, realizada dentro de cada época do ano avaliada (novembro/08, janeiro, maio, setembro e novembro/09).	104

TABELA 16A Resumo da análise de variância conjunta para o teor foliar de K, no parcelamento em quatro e doze aplicações, realizada dentro de cada época do ano avaliada (novembro(08), janeiro, maio, setembro e novembro(09)). 104

TABELA 1A Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em quatro aplicações para altura de planta (ALT) em centímetros, diâmetro de caule (DCA) em centímetros, diâmetro de copa (DCO) em centímetros, número de ramos (NRA) e número de nós (NNO).

FV	GL	Quadrados médios			GL	Quadrados médios	
		ALT	DCA	DCO		NRA	NNO
Blocos	3	41,841 ^{ns}	0,053 ^{ns}	130,794 ^{ns}	3	13,303 ^{ns}	4,885 ^{ns}
Doses (D)	4	20,369 ^{ns}	0,027 ^{ns}	101,776 ^{ns}	4	14,659 ^{ns}	3,649 ^{ns}
Resíduo (a)	12	58,611	0,064	192,406	12	16,457	4,115
Épocas (E)	5	2521,924 ^{**}	2,346 ^{**}	1882,404 ^{**}	4	480,422 ^{**}	120,188 ^{**}
Resíduo (b)	15	2,801	0,006	10,695	12	1,569	0,394
D X E	20	3,072 ^{ns}	0,005 ^{ns}	8,774 ^{ns}	16	2,279 ^{ns}	0,572 ^{ns}
Resíduo (c)	60	3,884	0,007	12,010	48	2,343	0,585
Total	119				99		
CV 1(%)		19,16	25,87	29,68		29,02	24,62
CV 2(%)		4,19	7,96	7,00		8,96	7,61
CV 3(%)		4,93	8,38	7,42		10,95	9,28

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

^{**} Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.

TABELA 2A Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em doze aplicações para altura de planta (ALT) em centímetros, diâmetro de caule (DCA) em centímetros, diâmetro de copa (DCO) em centímetros, número de ramos (NRA) e número de nós (NNO).

FV	GL	Quadrados médios			GL	Quadrados médios	
		ALT	DCA	DCO		NRA	NNO
Blocos	3	182.171 ^{ns}	0.181 ^{ns}	481.803 ^{ns}	3	8.084 ^{ns}	4.557 ^{ns}
Doses (D)	4	3.868 ^{ns}	0.006 ^{ns}	26.450 ^{ns}	4	2.124 ^{ns}	1.062 ^{ns}
Resíduo (a)	12	72.669	0.119	257.391	12	6.784	3.976
Épocas (E)	5	3028.162 ^{**}	3.242 ^{**}	5259.991 ^{**}	4	713.809 ^{**}	246.306 ^{**}
Resíduo (b)	15	9.160	0.024	41.723	12	1.013	0.240
D X E	20	1.918 ^{ns}	0.005 ^{ns}	13.232 ^{ns}	16	0.486 ^{ns}	0.195 ^{ns}
Resíduo (c)	60	6.253	0.012	18.544	48	1.077	0.345
Total	119				99		
CV 1(%)		20.53	32.60	30.57		17.14	24.83
CV 2(%)		7.29	14.53	12.31		6.62	6.10
CV 3(%)		6.02	10.24	8.21		6.83	7.32

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

^{**} Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.

TABELA 3A Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em quatro (P4) e doze aplicações (P12) para Nitrogênio (N) e Potássio (K).

FV	GL	N	K	GL	N	K
Quadrados Médios P4			Quadrados Médios P12			
Bloco	2	2,211 ^{ns}	2,535 ^{ns}	2	6,544 ^{ns}	1,779 ^{ns}
Doses (D)	4	6,928 ^{ns}	0,253 ^{ns}	4	30,378**	7,085*
Resíduo (a)	8	5,169	2,790	8	3,294	1,068
Épocas (E)	5	476,091**	56,617**	5	53,744**	90,018**
Resíduo (b)	10	3,998	3,031	10	1,184	3,258
D X E	20	6,674**	1,921 ^{ns}	20	3,978 ^{ns}	1,994 ^{ns}
Resíduo (c)	40	2,556	2,408	40	3,484	1,314
Total	89			89		
CV 1(%)		8,16	7,11		5,96	4,95
CV 2(%)		7,17	7,41		3,57	8,65
CV 3(%)		5,73	6,61		6,12	5,49

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

**, * Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) e 5% ($P \leq 0,05$) respectivamente pelo teste de F.

TABELA 4A Resumo da análise de variância conjunta dos experimentos no parcelamento em quatro e doze aplicações, na época de novembro, para altura de planta (ALT) em centímetros, número de ramos (NRA), número de nós (NNO), diâmetro de caule (DCA) em centímetros e diâmetro de copa (DCO) em centímetros.

FV	GL	ALT	NRA	NNO	DCA	DCO
		Quadrados Médios				
Bloco (parcelamento)	6	47,229 ^{ns}	3,386 ^{ns}	0,873 ^{ns}	0,083 ^{ns}	166,497 ^{ns}
Doses (D)	4	0,972 ^{ns}	6,389 ^{ns}	2,717 ^{ns}	0,004 ^{ns}	7,396 ^{ns}
Parcelamento (P)	1	154,488*	84,129**	44,796**	0,328*	3358,056**
D x P	4	10,440 ^{ns}	6,273 ^{ns}	1,473 ^{ns}	0,020 ^{ns}	36,851 ^{ns}
Resíduo	24	34,154	7,962	2,979	0,059	104,004
Total corrigido	39					
CV (%)		9,97	12,64	14,57	14,88	14,22

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

**, * Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) e 5% ($P \leq 0,05$) respectivamente pelo teste de F.

TABELA 5A Resumo da análise de variância para o parcelamento em quatro aplicações, incluindo a testemunha de sequeiro, na época de novembro, para altura de planta (ALT) em centímetros número de ramos (NRA), número de nós (NNO), diâmetro de caule (DCA) em centímetros e diâmetro de copa (DCO) em centímetros.

FV	GL	ALT	NRA	NNO	DCA	DCO
		Quadrados Médios				
Bloco	3	45.158	0.697	0.161	0.060	64.062
Tratamentos (D e T)	5	23.493 ^{ns}	10.500 ^{ns}	2.542 ^{ns}	0.090 ^{ns}	66.896 ^{ns}
Doses (D)	4	5.617 ^{ns}	12.239 ^{ns}	3.172 ^{ns}	0.016 ^{ns}	26.080 ^{ns}
Doses vs Testemunha	1	94.999 ^{ns}	3.547 ^{ns}	0.018 ^{ns}	0.385**	230.159 ^{ns}
Resíduo	15	35.993	13.829	3.115	0.039	93.038
Total corrigido	23					
CV (%)		10.76	17.97	16.39	13.36	15.77

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

** Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.

TABELA 6A Resumo da análise de variância para o parcelamento em doze aplicações, incluindo a testemunha de sequeiro, na época de novembro, para altura de planta (ALT) em centímetros, número de ramos (NRA), número de nós (NNO), diâmetro de caule (DCA) em centímetros e diâmetro de copa (DCO) em centímetros.

FV	GL	ALT	NRA	NNO	DCA	DCO
		Quadrados Médios				
Bloco	3	61.011	2.682	0.917	0.101	252.471
Tratamentos (D e T)	5	103.481 ^{ns}	5.751 ^{ns}	3.547 ^{ns}	0.233*	527.891**
Doses (D)	4	5.796 ^{ns}	0.423 ^{ns}	1.018 ^{ns}	0.007 ^{ns}	18.168 ^{ns}
Doses vs Testemunha	1	494.224**	27.066*	13.662*	1.135**	2566.783**
Resíduo	15	39.545	4.243	2.700	0.076	112.476
Total corrigido	23					
CV (%)		10.74	8.84	13.08	16.95	13.91

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

** , * Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) e 5% ($P \leq 0,05$), respectivamente pelo teste de F.

TABELA 7A Resumo da análise de variância conjunta para o teor foliar de N, no parcelamento em quatro e doze aplicações, realizada dentro de cada época do ano avaliada (janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro).

FV	GL	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov
		Quadrados Médios					
Bloco (parcel.)	4	1.233 ^{ns}	0.767 ^{ns}	3.533 ^{ns}	0.467 ^{ns}	2.067 ^{ns}	9.267 ^{ns}
Doses (D)	4	4.217 ^{ns}	33.617 ^{ns}	21.033 ^{ns}	4.217 ^{ns}	0.717 ^{ns}	5.717 ^{ns}
Parcel. (P)	1	100.833 ^{**}	282.133 ^{**}	300.833 ^{**}	403.333 ^{**}	224.133 ^{**}	294.533 ^{**}
D x P	4	0.917 ^{ns}	2.050 ^{ns}	2.833 ^{ns}	5.250 ^{ns}	2.717 ^{ns}	7.283 ^{ns}
Resíduo	16	1.567	3.433	4.658	2.383	2.317	4.975
Total corrigido	29						
CV (%)		4.01	5.58	8.29	5.22	5.14	8.78

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

^{**} Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.

TABELA 8A Resumo da análise de variância conjunta para o teor foliar de K, no parcelamento em quatro e doze aplicações, realizada dentro de cada época do ano avaliada (janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro).

FV	GL	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov
		Quadrados Médios					
Bloco (parcel.)	4	3.293 ^{ns}	0.989 ^{ns}	1.960 ^{ns}	4.316 ^{ns}	1.347 ^{ns}	5.975 ^{ns}
Doses (D)	4	1.225 ^{ns}	0.279 ^{ns}	2.591 [*]	1.774 ^{ns}	0.996 ^{ns}	7.429 [*]
Parcel. (P)	1	0.300 ^{ns}	0.432 ^{ns}	80.360 ^{**}	72.075 ^{**}	137.816 ^{**}	157.781 ^{**}
D x P	4	3.513 ^{ns}	1.321 ^{ns}	3.431 ^{ns}	2.251 ^{ns}	1.052 ^{ns}	1.052 ^{ns}
Resíduo	16	2.119	1.336	0.709	2.427	2.509	2.135
Total corrigido	29						
CV (%)		6.59	4.81	4,02	7.32	6.34	7.40

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

^{**} Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.

TABELA 9A Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em quatro aplicações para Altura de Planta (ALT em cm), Número de Ramos (NRA), Número de Nós, Diâmetro de Caule (DCA em cm) e Diâmetro de Copa (DCO em cm), (NNO).

FV	GL	ALT	NRA	NNO	DCA	DCO
		Quadrados médios				
Blocos	3	39,684 ^{ns}	6,961 ^{ns}	14,911 ^{ns}	0,033 ^{ns}	208,366 ^{ns}
Doses (D)	4	123,284 ^{ns}	72,270 ^{ns}	25,945 ^{ns}	0,140 ^{ns}	288,616 ^{ns}
Resíduo (a)	12	255,117	60,970	8,402	0,233	448,832
Épocas (E)	4	6361,963 ^{**}	2002,028 ^{**}	426,726 ^{**}	12,540 ^{**}	17819,311 ^{**}
Resíduo (b)	12	8,235	5,563	1,249	0,022	31,958
D X E	16	7,214 ^{ns}	5,258 ^{ns}	1,567 ^{ns}	0,011 ^{ns}	26,994 ^{ns}
Resíduo (c)	48	7,271	3,127	1,093	0,015	25,892
Total	99					
CV 1(%)		20,33	23,57	17,02	18,97	20,26
CV 2(%)		3,65	7,12	6,56	5,81	5,41
CV 3(%)		3,43	5,34	6,14	4,85	4,87

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

^{**}, * Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) e 5% ($P \leq 0,05$) respectivamente pelo teste de F.

TABELA 10A Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em doze aplicações para Altura de Planta (ALT em cm), Número de Ramos (NRA), Número de Nós, Diâmetro de Caule (DCA em cm) e Diâmetro de Copa (DCO em cm), (NNO).

FV	GL	ALT	NRA	NNO	DCA	DCO
		Quadrados médios				
Blocos	3	347,283 ^{ns}	16,322 ^{ns}	12,254 ^{ns}	0,334 ^{ns}	526,999 ^{ns}
Doses (D)	4	189,404 ^{ns}	5,499 ^{ns}	3,707 ^{ns}	0,56 [*]	971,495 ^{**}
Resíduo (a)	12	145,570	20,413	5,664	0,175	206,791
Épocas (E)	4	7083,769 ^{**}	2219,442 ^{**}	398,848 ^{**}	10,850 ^{**}	16232,620 ^{**}
Resíduo (b)	12	8,063	3,121	1,155	0,023	29,684
D X E	16	58,055 ^{ns}	18,557 ^{ns}	2,811	0,078 ^{ns}	157,514 ^{ns}
Resíduo (c)	48	56,148	10,648	4,153	0,057	99,115
Total	99					
CV 1(%)		14,81	12,74	12,83	15,84	12,65
CV 2(%)		3,49	4,98	5,79	5,79	4,79
CV 3(%)		9,20	9,20	10,98	9,06	8,76

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

^{**}, * Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) e 5% ($P \leq 0,05$) respectivamente pelo teste de F.

TABELA 11A Resumo da análise de variância e coeficiente de variação no parcelamento em quatro (P4) e doze aplicações (P12) para Nitrogênio (N) e Potássio (K).

FV	GL	N		K	
		Quadrados Médios P4		Quadrados Médios P12	
Bloco	2	14,893 ^{ns}	5,138 ^{ns}	40,813 ^{ns}	9,179 ^{ns}
Doses (D)	4	14,487 ^{ns}	4,610 ^{ns}	21,967 ^{ns}	4,277 ^{ns}
Resíduo (a)	8	13,027	3,965	12,047	2,896
Épocas (E)	4	296,153 ^{**}	117,315 ^{**}	696,767 ^{**}	74,164 ^{**}
Resíduo (b)	8	12,593	3,785	4,697	3,872
D X E	16	11,687 ^{ns}	2,578 ^{ns}	10,483 ^{ns}	2,727 ^{ns}
Resíduo (c)	32	7,852	3,640	5,326	2,158
Total	74				
CV 1(%)		12,76	9,65	11,15	8,89
CV 2(%)		12,54	9,43	6,96	10,28
CV 3(%)		9,90	9,25	7,41	7,68

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

^{**} Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.

TABELA 12A Resumo da análise de variância conjunta dos experimentos no parcelamento em quatro e doze aplicações, na época de novembro, para Altura de Planta (ALT em cm), Número de Ramos (NRA), Número de Nós (NNO), Diâmetro de Caule (DCA em cm) e Diâmetro de Copa (DCO em cm).

FV	GL	ALT	NRA	NNO	DCA	DCO
		Quadrados Médios				
Bloco (parcelamento)	6	36,7249 ^{ns}	7,3563 ^{ns}	3,8574 ^{ns}	0,0663 ^{ns}	84,6408 ^{ns}
Doses (D)	4	67,4535 ^{ns}	33,8120 ^{ns}	3,8598 ^{ns}	0,0318 ^{ns}	82,6113 ^{ns}
Parcelamento (P)	1	381,1828 [*]	122,6751 ^{**}	32,8516 ^{**}	0,1051 ^{ns}	2050,3376 ^{**}
D x P	4	5,0044 ^{ns}	4,2484 ^{ns}	7,3102 ^{ns}	0,0231 ^{ns}	104,4140 ^{ns}
Resíduo	24	81,6234	16,7298	3,5687	0,0678	120,2275
Total corrigido	39					
CV (%)		8,91	8,78	8,23	7,55	7,96

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

^{**} Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.

TABELA 13A Resumo da análise de variância para o parcelamento em quatro aplicações, incluindo a testemunha de sequeiro, na época de novembro (2009), para Altura de Planta (ALT em cm), Número de Ramos (NRA), Número de Nós (NNO), Diâmetro de Caule (DCA em cm) e Diâmetro de Copa (DCO em cm).

FV	GL	ALT	NRA	NNO	DCA	DCO
		Quadrados Médios				
Bloco	3	31,3006	2,8272	5,2511	0,0090	78,9076
Tratamentos (D e T)	5	54,4785 ^{ns}	20,5963 ^{ns}	8,1970 ^{ns}	0,1226 ^{ns}	132,0255 ^{ns}
Doses (D)	4	43,3433 ^{ns}	16,4861 ^{ns}	9,9587 ^{ns}	0,0401 ^{ns}	145,7312 ^{ns}
Doses vs Testemunha	1	99,0191 ^{ns}	37,0370 ^{ns}	1,1505 ^{ns}	0,4524*	77,2024 ^{ns}
Resíduo	15	88,9548	25,7049	2,9793	0,0903	122,4794
Total corrigido	23					
CV (%)		9,68	11,45	7,86	9,01	8,52

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

** Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.

TABELA 14A Resumo da análise de variância para o parcelamento em doze aplicações, incluindo a testemunha de sequeiro, na época de novembro (2009), para Altura de Planta (ALT em cm), Número de Ramos (NRA), Número de Nós (NNO), Diâmetro de Caule (DCA em cm) e Diâmetro de Copa (DCO em cm).

FV	GL	ALT	NRA	NNO	DCA	DCO
		Quadrados Médios				
Bloco	3	53,3309	1,0123	0,8568	0,0721	78,1764
Tratamentos (D e T)	5	143,9508 ^{ns}	33,9111 ^{ns}	1,9491 ^{ns}	0,1511 ^{ns}	451,5200*
Doses (D)	4	29,1063 ^{ns}	21,5556 ^{ns}	1,2113 ^{ns}	0,0135 ^{ns}	41,2700 ^{ns}
Doses vs Testemunha	1	603,3286**	83,3333*	4,9005 ^{ns}	0,7013**	2092,5200**
Resíduo	15	76,6505	12,7457	4,1144	0,0675	123,1995
Total corrigido	23					
CV (%)		8,56	7,52	8,57	7,59	7,88

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

** Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.

TABELA 15A Resumo da análise de variância conjunta para o teor foliar de N, no parcelamento em quatro e doze aplicações, realizada dentro de cada época do ano avaliada (novembro/08, janeiro, maio, setembro e novembro/09).

FV	GL	Nov(08)	Jan	Mai	Set	Nov(09)
		Quadrados Médios				
Bloco (parcel.)	4	9,267 ^{ns}	3,433 ^{ns}	12,333 ^{ns}	17,333 ^{ns}	20,067 ^{**}
Doses (D)	4	5,717 ^{ns}	4,417 ^{ns}	42,950 ^{**}	8,133 ^{ns}	24,783 ^{**}
Parcel. (P)	1	294,533 ^{**}	760,033 ^{**}	136,533 ^{**}	572,033 ^{**}	187,500 ^{**}
D x P	4	7,283 ^{ns}	5,283 ^{ns}	6,117 ^{ns}	16,033 ^{ns}	4,417 ^{ns}
Resíduo	16	4,975	10,100	7,833	13,833	2,150
Total corrigido	29					
CV (%)		8,78	11,84	10,17	11,12	4,15

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

^{**} Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.

TABELA 16A Resumo da análise de variância conjunta para o teor foliar de K, no parcelamento em quatro e doze aplicações, realizada dentro de cada época do ano avaliada (novembro(08), janeiro, maio, setembro e novembro(09)).

FV	GL	Nov/08	Jan	Mai	Set	Nov/09
		Quadrados Médios				
Bloco (parcel.)	4	5.975 ^{ns}	9.937 ^{ns}	4.470 [*]	1.011 ^{ns}	1.079 ^{ns}
Doses (D)	4	7.429 [*]	4.813 ^{ns}	2.376 ^{ns}	3.988 ^{ns}	2.434 ^{ns}
Parcel. (P)	1	157.781 ^{**}	1.976 ^{ns}	1.452 ^{ns}	34.133 ^{**}	3.536 ^{ns}
D x P	4	1.052 ^{ns}	0.855 ^{ns}	0.550 ^{ns}	3.407 ^{ns}	3.206 ^{ns}
Resíduo	16	2.135	6.468	1.386	3.273	1.767
Total corrigido	29					
CV (%)		7,40	13,96	6,90	8,27	5,90

^{ns} Não significativo pelo teste de F;

^{**} Significativo a 1% ($P \leq 0,01$) pelo teste de F.